



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Programación técnico/económica de la Etapa 2 de la Obra
Muelle Multipropósito en la ciudad de Puerto Williams
(Chile)

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Dragucevic Vega, Felipe

Tutor/a: Alcalá González, Julián

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

**PROGRAMACIÓN TÉCNICO/ECONÓMICA
DE LA ETAPA 2 DE LA OBRA MUELLE
MULTIPROPÓSITO EN LA CIUDAD DE PUERTO WILLIAMS
(CHILE)**

Fecha: Septiembre 2024

Alumno: FELIPE DRAGUICEVIC VEGA

Director del trabajo: JULIÁN ALCALÁ GONZÁLEZ

Escuela: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Departamento: Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Universidad: Universidad Politécnica de Valencia

RESUMEN EJECUTIVO

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER: PROGRAMACIÓN TÉCNICO/ECONÓMICA DE LA ETAPA 2 DE LA OBRA MUELLE MULTIPROPÓSITO EN LA CIUDAD DE PUERTO WILLIAMS (CHILE).

AUTOR: FELIPE DRAGUICEVIC VEGA

RESUMEN EJECUTIVO:

Ítem	Descripción
<p>1. Planteamiento del problema a resolver (exposición de las razones que justifican la elección del tema: ¿por qué?):</p>	<p>La construcción de infraestructura portuaria en zonas australes, como Puerto Williams, presenta desafíos únicos debido a las condiciones climáticas extremas y las dificultades logísticas. Este trabajo aborda la planificación y ejecución de un proyecto portuario que incluye la construcción de dos dolphin y cuatro postes de amarre, con el objetivo de asegurar una estructura robusta y eficiente para el atraque de naves en un entorno desafiante. La obra busca resolver la necesidad de mejorar las instalaciones portuarias en una región clave para la conectividad y el desarrollo económico del extremo sur de Chile.</p>
<p>2. Objetivos (indican las metas del trabajo sirviendo de guía, por lo que deben expresarse con la mayor claridad posible: ¿qué?):</p>	<p>El objetivo principal de este trabajo es desarrollar una planificación técnico-económica para la construcción de infraestructura portuaria en Puerto Williams. Esto incluye: (1) Evaluar el método constructivo propuesto para la instalación de los elementos portuarios; (2) Planificar detalladamente las actividades de construcción, considerando cronogramas y recursos; (3) Estimar un presupuesto completo basado en análisis de precios unitarios; (4) Identificar y mitigar los riesgos asociados al proyecto.</p>
<p>3. Estructura organizativa (breve explicación de cómo se organiza el TFM de modo que el lector comprenda el hilo argumental de la exposición):</p>	<p>Este trabajo está estructurado en seis capítulos. El primer capítulo aborda el contexto y la justificación del proyecto. En el segundo, se detalla el marco teórico y los fundamentos de ingeniería portuaria. El tercer capítulo describe las obras en cuestión, mientras que el cuarto presenta la planificación detallada de actividades y recursos. El capítulo cinco trata sobre la gestión de riesgos, y finalmente, el sexto capítulo incluye el análisis, conclusiones y reflexiones finales.</p>

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER: PROGRAMACIÓN TÉCNICO/ECONÓMICA DE LA ETAPA 2 DE LA OBRA MUELLE MULTIPROPÓSITO EN LA CIUDAD DE PUERTO WILLIAMS (CHILE).

AUTOR: FELIPE DRAGUICEVIC VEGA

RESUMEN EJECUTIVO:

Ítem	Descripción
4. Método (presenta los medios utilizados para cumplir con los objetivos previstos: ¿cómo?):	El trabajo se basa en una metodología integral que incluye análisis de las condiciones geográficas y climáticas de la zona, selección de técnicas constructivas basadas en estudios de casos previos y experiencias similares en zonas de condiciones extremas. Se utilizó un software de gestión de proyectos para programar las actividades y recursos necesarios, y se desarrolló un análisis de precios unitarios para elaborar el presupuesto. Además, se implementó una matriz de riesgos para identificar y mitigar los desafíos asociados a la logística, el transporte de materiales y las condiciones climáticas.
5. Cumplimiento de objetivos (indicar explícitamente cómo se cumple cada objetivo y dónde se demuestra su cumplimiento en el texto):	Cada uno de los objetivos planteados ha sido cumplido de manera clara a lo largo del TFM: (1) En el capítulo 4 se propone la selección de técnica constructiva; (2) La planificación de actividades se detalla en la sección 4.2 y la asignación de recursos en 4.3; (3) El presupuesto detallado y análisis de costes se presenta en la sección 4.5; (4) La identificación y mitigación de riesgos se desarrolla en el capítulo 5. Todo el trabajo ha seguido un enfoque coherente y estructurado para garantizar el cumplimiento de los objetivos generales y específicos.
6. Contribuciones (aportaciones o beneficios extraídos del trabajo):	El proyecto ha contribuido a establecer una metodología eficaz para la planificación y gestión de proyectos portuarios en entornos extremos como el de Puerto Williams. Además, ha proporcionado un marco de referencia útil para futuras infraestructuras en regiones australes, abarcando aspectos técnicos, económicos y de gestión de riesgos. Las técnicas constructivas y la logística implementadas podrán ser replicadas o ajustadas en proyectos similares, aportando al desarrollo de la infraestructura portuaria en Chile.
7. Recomendaciones (implicaciones prácticas del trabajo para otros ingenieros):	Se recomienda que en futuros proyectos de infraestructura en zonas remotas o con condiciones climáticas adversas se implemente una planificación flexible que permita ajustarse a las variables climáticas y de transporte. Además, es crucial considerar la logística del transporte de materiales con antelación, especialmente si se trata de importaciones desde otros países. Finalmente, se sugiere la implementación de herramientas de gestión de riesgos que permitan mitigar impactos y asegurar que el proyecto se mantenga dentro de los plazos y costos previstos.

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER: PROGRAMACIÓN TÉCNICO/ECONÓMICA DE LA ETAPA 2 DE LA OBRA MUELLE MULTIPROPÓSITO EN LA CIUDAD DE PUERTO WILLIAMS (CHILE).

AUTOR: FELIPE DRAGUICEVIC VEGA

RESUMEN EJECUTIVO:

Ítem	Descripción
8. Limitaciones (restricciones de partida o encontradas en el transcurso del trabajo):	Las principales limitaciones del proyecto incluyen las condiciones climáticas adversas, que restringen las ventanas de trabajo y afectan el transporte de materiales. Además, la dependencia de proveedores internacionales para la adquisición de pilotes y otros elementos estructurales añadió complejidad a la logística. Estas limitaciones son gestionadas a través de una planificación detallada y la implementación de estrategias de mitigación de riesgos.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	6
1.1.	Generalidades	6
1.1.	Antecedentes	6
1.2.	Justificación del Trabajo	6
1.3.	Objetivos	7
II.	MARCO TEÓRICO	8
2.1.	Dirección de Obras Portuarias del Ministerio de Obras Públicas	8
III.	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	8
3.1.	Ubicación.	8
3.2.	Descripción del Proyecto Etapa 2	9
3.3.	Fases del Proyecto	12
IV.	PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS.....	13
4.1.	Selección de Técnicas Constructivas	13
4.2.	Descripción de las Actividades.....	15
4.3.	Programación de Actividades	17
4.4.	Asignación de Recursos.....	19
4.5.	Presupuesto	23
V.	GESTIÓN DE RIESGOS.....	26
5.1.	Identificación de Riesgos	26
5.2.	Análisis y Evaluación de Riesgos	27
5.3.	Mitigación de Riesgos	29
VI.	ANÁLISIS Y COMENTARIOS	30
6.1.	Análisis del Trabajo	30
6.2.	Reflexiones Finales.....	31
VII.	REFERENCIAS.....	33

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

Este trabajo está estructurado en seis capítulos. El primer capítulo aborda el contexto y la justificación del proyecto. En el segundo, se detalla el marco teórico y los fundamentos de ingeniería portuaria. El tercer capítulo describe las obras en cuestión, mientras que el cuarto presenta la planificación detallada de actividades y recursos. El capítulo cinco trata sobre la gestión de riesgos, y finalmente, el sexto capítulo incluye el análisis, conclusiones y reflexiones finales.

1.1. Antecedentes

Chile es un país largo y angosto que se extiende por el borde occidental de Sudamérica y cuenta con más de 6.000 km de costa en el océano Pacífico. Siendo uno de los países con mayor extensión costera del mundo.

La actividad portuaria es una de las más importantes ya que el 97% por volumen de la carga total entre importaciones y exportaciones, se mueve a través de los puertos, los que están considerados entre los más eficientes de América Latina y el Caribe

Además, en Chile, el sector pesquero representa el 0,6% del PIB, En la práctica, esto ha significado la generación de más de 139.000 empleos directos e indirectos por parte del sector pesquero en el año 2022 y genera cerca de 278 mil puestos de trabajo (Flores, Smith, Órdenes, 2024). El sector de Viajes y Turismo de Chile representa 3,3% del PIB (Servicio Nacional de Turismo, 2021).

Debido a su importancia para la economía del país, existe un gran potencial para seguir desarrollando proyectos portuarios y los errores que se producen en las distintas fases de proyecto son una problemática que aqueja a este rubro, lo que se traduce en aumentos de plazos y de costos finales del proyecto, que en algunas ocasiones superan el doble al presupuesto oficial.

Con fecha diciembre de 2023 finalizó la ejecución de la etapa 1 del proyecto, que consistió en la primera parte de la explanada, el puente de acceso, la chaza y el cabezo. Estos trabajos fueron ejecutados por la Empresa Constructora COMPAX S.A. y supervisados por la Dirección Regional de Obras Portuarias.

Por motivo de la planificación en las inversiones del Estado, es que se decidió dividir el proyecto completo en 3 etapas consecutivas de construcción y el presente trabajo se ajusta a la programación técnica y económica de la Etapa 2, que considera la construcción de dos dolphin y cuatro postes de amarre para poder garantizar la puesta en marcha del muelle mientras se realiza la Etapa 3.

1.2. Justificación del Trabajo

La infraestructura portuaria es un componente esencial para el desarrollo económico y social de cualquier país, especialmente en regiones como la de Magallanes y de la Antártica Chilena, donde la conectividad marítima es fundamental debido a las condiciones geográficas extremas. Este proyecto, en particular, desempeña un rol estratégico en la conexión de Chile con la Antártica y en el apoyo a las actividades económicas y logísticas de la región, siendo la ciudad de Puerto Williams

la más austral de Chile y del mundo, convirtiéndose en la puerta al continente antártico debido a su proximidad.

La construcción de un muelle multipropósito en Puerto Williams es una respuesta a la creciente demanda de infraestructuras portuarias que puedan soportar el aumento en el tráfico marítimo y las exigencias operativas de la zona. Este proyecto no solo mejorará la capacidad operativa del puerto, sino que también garantizará la seguridad y eficiencia en las maniobras de atraque y desatraque de embarcaciones, fundamentales para el transporte de personas y mercancías, así como para las expediciones científicas hacia la Antártida.

El desarrollo de una planificación técnico-económica adecuada para este proyecto es crucial para asegurar que los recursos sean utilizados de manera eficiente, minimizando costos y tiempos de ejecución, y garantizando que las obras cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos. La optimización de estos aspectos permitirá que el proyecto se lleve a cabo dentro de los plazos estipulados y con un control riguroso de los riesgos asociados, lo que resulta vital en un entorno tan desafiante como el que presenta Puerto Williams.

Además, este proyecto contribuirá al fortalecimiento de la infraestructura portuaria nacional, posicionando a Puerto Williams como un punto clave en la red de conectividad marítima de Chile, y potenciando su rol en el contexto internacional, especialmente en relación con las operaciones antárticas. Por lo tanto, la planificación y gestión técnica y económica de estas obras no solo tiene un impacto a nivel local, sino también a nivel nacional e internacional, subrayando la importancia de este Trabajo Final de Máster.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo de planificación técnica para las obras de construcción de dos dolphin y cuatro postes de amarre en un muelle multipropósito real, basado en la información y documentación existente, aplicando las competencias adquiridas en el Máster.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar técnicamente los métodos constructivos propuestos y de ser pertinente, proponer alternativas que optimicen la ejecución de las obras marítimas.
- Establecer un cronograma detallado de las actividades, identificando las interdependencias y asignando de manera óptima los recursos y tiempos.
- Desarrollar un presupuesto detallado, identificando los costos y optimización de los recursos.
- Identificar y evaluar los riesgos asociados a la etapa de obras marítimas, con estrategias de mitigación y planes de contingencia

Para cumplir con los objetivos planteados, se emplearon varias metodologías. Se utilizó software de gestión de proyectos para la planificación detallada de actividades, así como análisis de precios unitarios para la estimación de costos. También se implementó una matriz de riesgos para identificar y mitigar los principales desafíos del proyecto, como las condiciones climáticas extremas y la logística de transporte de materiales.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Dirección de Obras Portuarias del Ministerio de Obras Públicas

La Dirección de Obras Portuarias (DOP) tiene como misión proveer a la ciudadanía servicios de infraestructura portuaria y costera, marítima, fluvial y lacustre necesarios para el mejoramiento de la calidad de vida, el desarrollo socioeconómico del país y su integración física nacional e internacional.

La DOP contribuye al desarrollo socioeconómico y productivo del país, al mejoramiento de los niveles de vida y equidad de todos los ciudadanos, en especial de los habitantes y trabajadores de zonas costeras, ribereñas e insulares, mediante la construcción de infraestructura costera y portuaria, marítima, fluvial y lacustre.

Las funciones principales de la DOP son:

planificar la infraestructura portuaria y ejecutar los procesos establecidos en el sistema nacional de inversión pública; desarrollar, directamente o través de consultorías externas, proyectos de obras portuarias; supervisar, fiscalizar y aprobar todos los proyectos de obras portuarias desarrollados a nivel nacional, tanto públicos, sean éstos directos o a través de consultorías externas, como privados; establecer las normas técnicas respecto del desarrollo de proyectos portuarios; supervisar, y fiscalizar todas las obras públicas portuarias y de dragado ejecutadas a nivel nacional, en sus aspectos técnicos y administrativos; supervisar y fiscalizar la construcción de obras portuarias ejecutadas por particulares, verificando el cumplimiento del proyecto aprobado.

III. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

3.1. Ubicación.

La infraestructura está emplazada en el borde costero de la ciudad de Puerto Williams, en la Comuna de Cabo de Hornos de la Provincia Antártica de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, específicamente en el sector denominado Punta Lagunilla, entre el muelle Guardián Brito de la Armada de Chile y el muelle de la Caleta de Pescadores Artesanales, tal como se muestra en la Figura N°1:



Figura N° 1: Vista aérea Muelle Multipropósito Etapa 1 en Ejecución. Fuente: Propia.

Esta ubicación es estratégica debido a su proximidad a la ruta hacia la Antártica, lo que convierte a Puerto Williams en un nodo clave para operaciones logísticas y científicas en la región austral. Además, las condiciones climáticas extremas, caracterizadas por fuertes vientos y bajas temperaturas, representan un desafío significativo tanto para la construcción como para la operación de la infraestructura, lo que subraya la necesidad de una planificación y ejecución cuidadosas.

El puerto también está bien conectado con otras infraestructuras logísticas de la región, lo que facilita el transporte de materiales y personas hacia y desde la zona. Finalmente, la ubicación del puerto en una región sensible desde el punto de vista ambiental exige que el proyecto considere cuidadosamente los impactos en la fauna y flora locales, adoptando medidas de mitigación cuando sea necesario.

3.2. Descripción del Proyecto Etapa 2

Como se mencionó anteriormente, las obras marítimas del proyecto se realizarán en dos etapas, que son las que se muestran en la Figura N°2 como Fase N°2:

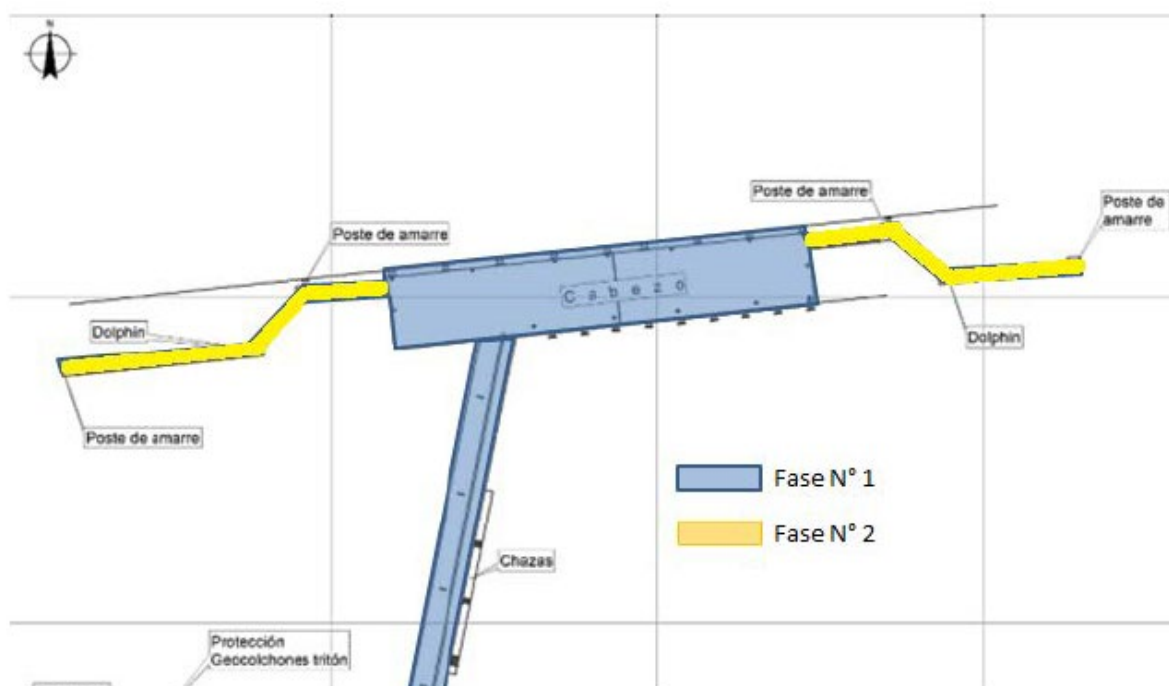


Figura N° 2: Identificación de fases de ejecución Obras Marítimas. Fuente: Propia.

Las estructuras que contemplan la Etapa 2 del proyecto se indican a continuación:

- Dolphins: estructura piloteada convencional (ver Figura N°3).



Figura N° 3: Identificación Dolphin en plano de planta. Fuente: Propia.

- Postes de Amarre: estructura piloteada convencional (ver Figura N°4).

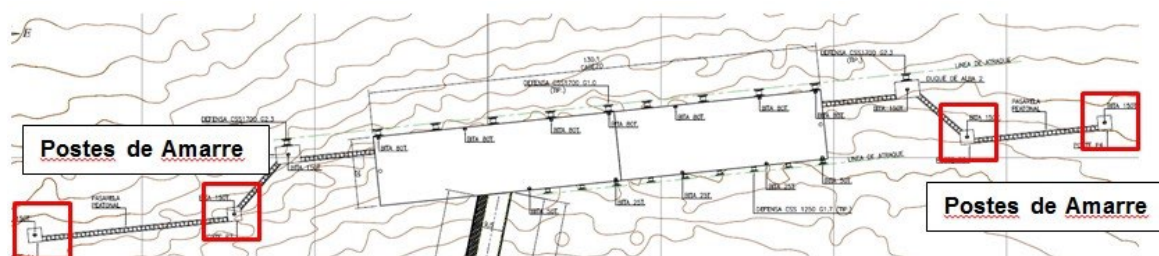


Figura N° 4: Identificación Postes de Amarre en plano de planta. Fuente: Propia.

3.2.1. Dolphin

El dolphin comprende una estructura cuya función es soportar el impacto de una nave al momento del atraque. En el proyecto, cada dolphin fue diseñado para resistir por si solo el impacto de la nave de diseño, es decir, un crucero de 240 metros de eslora. Estas estructuras trabajan en conjunto con los postes de amarre.

En la Figura N°5 se presenta el plano de elevación de los dolphin proyectados.

Para su diseño, el dolphin está constituido por un macizo de hormigón armado de 5 x 7 x 2.5 metros, apoyado sobre un conjunto de 3 pilotes de acero hincados verticales de 44" de diámetro y 22 mm de espesor y 3 pilotes hincados inclinados de 34" de diámetro y 22 mm espesor.

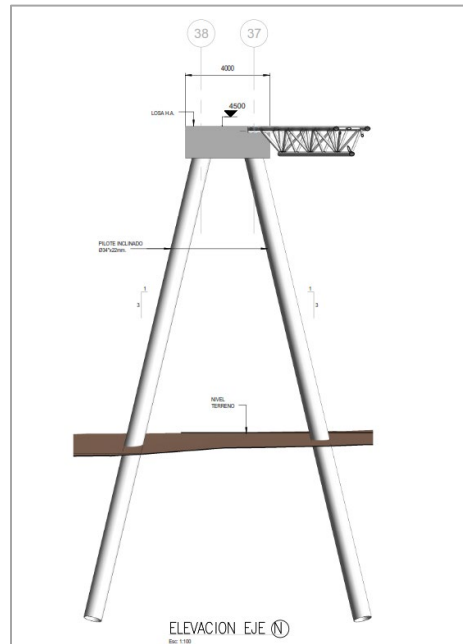


Figura N° 5: Elevación Dolphin. Fuente: Propia.

3.2.2. Postes de Amarre

Los postes de amarre corresponden a una estructura ubicada de forma paralelo al cabezo, los cuales cumplen la función principal de amarrar al buque que atraca al muelle. Para el proyecto se contemplan 4 postes de amarre principales cuyo objetivo es asegurar un crucero de 240 metros de eslora mediante 4 puntos de sujeción al momento del atraque y desatraque en el nuevo muelle turístico.

Los postes de amarre del proyecto se componen en base a un bloque de hormigón armado de 4 x 4 metros y una altura de 1.5 metros, provisto de una bita. Esta estructura es soportada por 4 pilotes de acero en diagonal de 34" de diámetro y 22 mm de espesor.

En la Figura N°6 se observa el plano en elevación de los postes de amarre. En la figura se pueden observar también, las pasarelas, que corresponden a estructuras metálicas que conectan los postes de amarre con los dolphin, y a su vez a éstos con el cabezo.

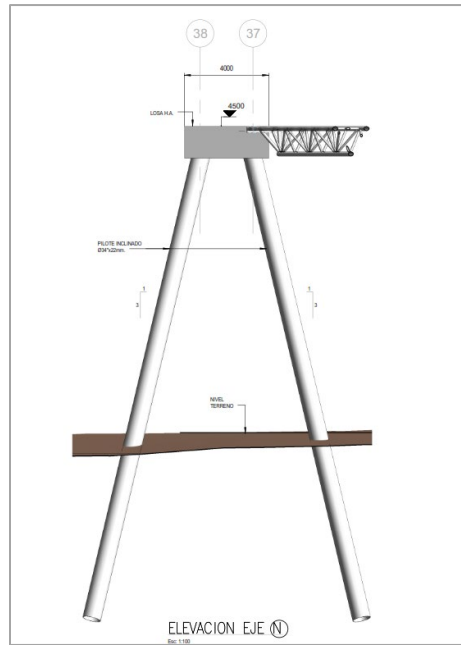


Figura N° 6: Elevación Poste de Amarre. fuente: Propia.

3.3. Fases del Proyecto

Como ya se mencionó anteriormente, el proyecto completo se dividió en tres etapas, dos de obras marítimas y una de obras terrestres. A continuación, se describen las fases que contemplan la Etapa 2 del proyecto completo.

Fase 1: Preparación y Contratación

- **Licitación de Obras:** Esta fase inicial consiste en la preparación y ejecución del proceso de licitación para seleccionar a los contratistas responsables de llevar a cabo las obras. Esta fase ya se encuentra completada y se actualmente falta la resolución de adjudicación.
- **Adjudicación del Contrato:** Una vez finalizado el proceso de licitación, se procede con la adjudicación del contrato al oferente seleccionado. Que se encuentra a la espera de la resolución de adjudicación.
- **Inicio de la Construcción:** Este hito marca el inicio formal de las actividades de construcción en el sitio, la que se establece con el acta de entrega de terreno, donde deben asistir los representantes de la empresa adjudicataria y las profesionales de la DOP designados para el contrato.

Fase 2: Actividades Generales

- **Instalación de Faenas:** En esta fase se instalan las faenas y se preparan las áreas de trabajo en el sitio, incluyendo la disposición de equipos y recursos.
- **Retiro de Faenas:** Una vez completadas las actividades preparatorias, se retiran las faenas no esenciales para dejar espacio para las obras principales.

Fase 3: Obras Marítimas

- **Postes de Amarre:** Esta fase se centra en la construcción de los cuatro postes de amarre que serán utilizados para asegurar los buques. Las actividades clave incluyen el suministro, hincado y protección anticorrosiva de los pilotes, así como la instalación de plataformas de hormigón armado, bitas y barandas metálicas.
 - **Suministro e Hincado de Pilotes:** El proceso de suministro e hincado de los pilotes se extiende por 104 días, seguido por pruebas PDA y los pilotes deben contar con esquemas de protección anticorrosiva.
 - **Plataforma Superior de Hormigón Armado:** La construcción de la plataforma de hormigón armado sobre los pilotes es un hito importante en esta fase.
 - **Instalación de Bitas y Barandas Metálicas:** La fase culmina con la instalación de bitas de 150 toneladas y barandas metálicas para completar la estructura de los postes de amarre.
- **Dolphins:** La construcción de los dolphins se realiza en paralelo a los postes de amarre, comenzando una vez suministrados los materiales necesarios para su ejecución. Las actividades incluyen:
 - **Suministro e Hincado de Pilotes:** Similar a los postes de amarre, se suministran e hincan los pilotes, con pruebas PDA y protección anticorrosiva previa.
 - **Plataforma Superior de Hormigón Armado:** La estructura de hormigón armado sobre los pilotes se construye durante un período de 35 días.
 - **Instalación de Equipos y Barandas:** Esta fase también incluye la instalación de bitas de 80 toneladas, defensas, y barandas metálicas.

Fase 4: Pasarelas

- **Construcción de Pasarelas:** La fase final del proyecto implica la construcción de pasarelas que conectan los distintos componentes del muelle. Las actividades incluyen el suministro y montaje de vigas tubulares, instalación de placas de conexión, y protección anticorrosiva de los elementos metálicos.

IV. PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS

4.1. Selección de Técnicas Constructivas

El hincado de pilotes es la partida más incidente de la obra y, por lo tanto, la selección de qué técnica constructiva se utilizará para su desarrollo es de vital importancia, tanto para los costes de la obra como para los tiempos y el uso de recursos.

4.1.1. Uso de una Balsa con Grúa para el Hincado de Pilotes

El hincado de pilotes mediante percusión es una técnica ampliamente utilizada en la construcción de estructuras marítimas, especialmente en la instalación de pilotes que deben soportar grandes

cargas. Una de las configuraciones más comunes para ejecutar esta técnica en entornos marítimos es el uso de una balsa equipada con una grúa.

4.1.2. Descripción de la Técnica:

Una balsa con grúa es esencialmente una plataforma flotante que lleva una grúa de gran capacidad montada en su estructura. Esta grúa se utiliza para levantar y posicionar los pilotes en la ubicación exacta donde serán hincados. Una vez que el pilote está en su lugar, la grúa también maneja el martinete, que es el equipo que aplica golpes repetidos en la cabeza del pilote para hincarlo en el lecho marino.

4.1.3. Ventajas del Uso de una Barcaza con grúa:

- **Estabilidad y Control:** La barcaza con grúa está diseñada para mantener la estabilidad incluso en condiciones de oleaje y viento. Esto se logra mediante el uso de pilotes que anclan la barcaza al fondo marino y que ajustan el equilibrio de la balsa, asegurando que la grúa pueda operar de manera segura y precisa. La estabilidad es crítica para el éxito del hincado, ya que cualquier movimiento inesperado podría desalinearse el pilote.
- **Alcance y Flexibilidad:** La grúa montada en la barcaza ofrece un amplio rango de movimiento, lo que permite maniobrar fácilmente alrededor del sitio de construcción y alcanzar diferentes puntos de hincado sin necesidad de reposicionar toda la barcaza. Esta flexibilidad es particularmente útil en proyectos donde se deben instalar múltiples pilotes en diferentes ubicaciones.
- **Capacidad de Levantamiento:** Las grúas utilizadas en estas barcasas están diseñadas para levantar cargas pesadas, como pilotes de acero de gran diámetro. Esta capacidad de levantamiento es esencial para asegurar que los pilotes se posicionen correctamente antes de iniciar el hincado.
- **Versatilidad en Diferentes Condiciones Marítimas:** Las barcasas con grúa son versátiles y pueden adaptarse a una variedad de condiciones marítimas. Pueden operar en aguas profundas o someras, y en áreas con diferentes tipos de suelos marinos, desde arena hasta lechos de roca dura. Además, estas barcasas pueden equiparse con diferentes tipos de martinetes, dependiendo de las necesidades del proyecto.

4.1.4. Proceso de Hincado:

El proceso típico de hincado con una barcaza con grúa comienza con la movilización de la barcaza al sitio de trabajo, donde se asegura mediante anclajes o sistemas de posicionamiento dinámico. La grúa levanta el pilote y lo coloca verticalmente sobre el punto de hincado, lo que es supervisado por buzos en el agua. A continuación, el martinete es colocado sobre la cabeza del pilote. El martinete aplica golpes controlados para hincar el pilote en el lecho marino hasta alcanzar la profundidad deseada. Durante todo el proceso, la grúa ajusta continuamente la posición del martinete para mantener el alineamiento preciso del pilote.

4.1.5. Consideraciones Operativas:

- **Gestión de las Condiciones Ambientales:** Es fundamental tener en cuenta las condiciones del clima y del mar durante la operación. Oleajes fuertes o vientos intensos pueden afectar la estabilidad de la barcaza y la precisión del hincado. Por ello, la operación debe planificarse para ejecutarse en condiciones climáticas favorables. Además, la autoridad marítima puede declarar el cierre de puertos, lo que se traduce en que no se pueden ejecutar ningún tipo de trabajos en el mar.
- **Requerimientos de Personal y Seguridad:** Operar una barcaza con grúa requiere de personal especializado, tanto para el manejo de la grúa como para la operación del martinete. Además, deben implementarse estrictas medidas de seguridad para proteger al equipo humano y evitar accidentes durante el proceso.

4.2. Descripción de las Actividades

4.2.1. Instalación de Faenas

La primera actividad en el desarrollo de las obras es la instalación de faenas, que incluye el montaje de oficinas, bodegas, vestidores, servicios higiénicos, y otras instalaciones provisionales necesarias para el correcto funcionamiento de la obra. Estas instalaciones deben cumplir con las normativas vigentes en cuanto a seguridad, condiciones sanitarias y ambientales. Es crucial garantizar la protección de las áreas públicas mediante cierros provisionales y asegurar que el desarrollo de las faenas no interfiera con el tráfico vehicular o peatonal existente en la caleta. Además, es necesario coordinar con la Inspección Fiscal para obtener las aprobaciones necesarias.

4.2.2. Suministro y Transporte de Pilotes

Para el proyecto se requieren dos tipos principales de pilotes de acero: pilotes de Ø44" y pilotes de Ø34", ambos con un espesor de 22 mm. Estos pilotes son fundamentales para la estabilidad y seguridad de los dolphin y los postes de amarre. Los pilotes de Ø44" están destinados a soportar mayores cargas y se utilizan principalmente en los dolphin, mientras que los pilotes de Ø34" se emplean tanto en los dolphin como en los postes de amarre. Los pilotes deben ser fabricados siguiendo las especificaciones técnicas, asegurando la aplicación de un recubrimiento anticorrosivo en origen. El transporte debe realizarse con cuidado para evitar daños en la estructura o en el recubrimiento. Una vez en el sitio, los pilotes se almacenan de manera segura hasta su instalación. Estos son revisados por la Inspección Fiscal para u autorización de uso en la obra.

Además, los pilotes deberán estar acompañados de los certificados de calidad del acero desde el país de origen.

4.2.3. Hinca de Pilotes

Posteriormente, se llevará a cabo el hincado de los pilotes en el lecho marino, utilizando un martinete adecuado que asegure la energía necesaria para alcanzar la ficha y rechazo establecidos en los planos. El proceso de hinca debe realizarse con una estructura guía que mantenga los pilotes en la posición y orientación correctas. Es fundamental realizar una inspección previa del fondo marino para asegurarse de que no haya escombros o materiales extraños que puedan interferir con el proceso. Tanto para el posicionamiento como para la inspección del lecho marino, se utilizan buzos especializados que realizan esos trabajos. Se deben respetar las tolerancias de posicionamiento y

alineación indicadas en las especificaciones técnicas, y cualquier desvío que supere estas tolerancias requerirá la extracción y rehincado del pilote afectado.

Antes de iniciar la hincada, se realizará un monitoreo de la fauna marina en la zona, incluyendo la identificación de especies sensibles o en peligro. Se establecerán periodos de parada durante la hincada si se detecta la presencia de mamíferos marinos en las cercanías. Además, se implementarán dispositivos acústicos de advertencia (pingers) para disuadir a la fauna de acercarse a la zona de trabajo.

4.2.4. Ensayo PDA a Pilotes Hincados

Seguido al hincado, se realizarán ensayos dinámicos (PDA) en los pilotes que seleccione la Inspección Fiscal para verificar la capacidad de carga por fuste y punta, así como la energía transmitida durante el proceso. El análisis se llevará a cabo utilizando el sistema Pile Driving Analyzer (PDA) y se complementará con un análisis CAPWAP. Estos ensayos se deben realizar en presencia de la Inspección Fiscal, y los resultados deben ser presentados y aprobados antes de continuar con el hincado de otros pilotes. En caso de resultados insatisfactorios, se deben realizar las correcciones necesarias.

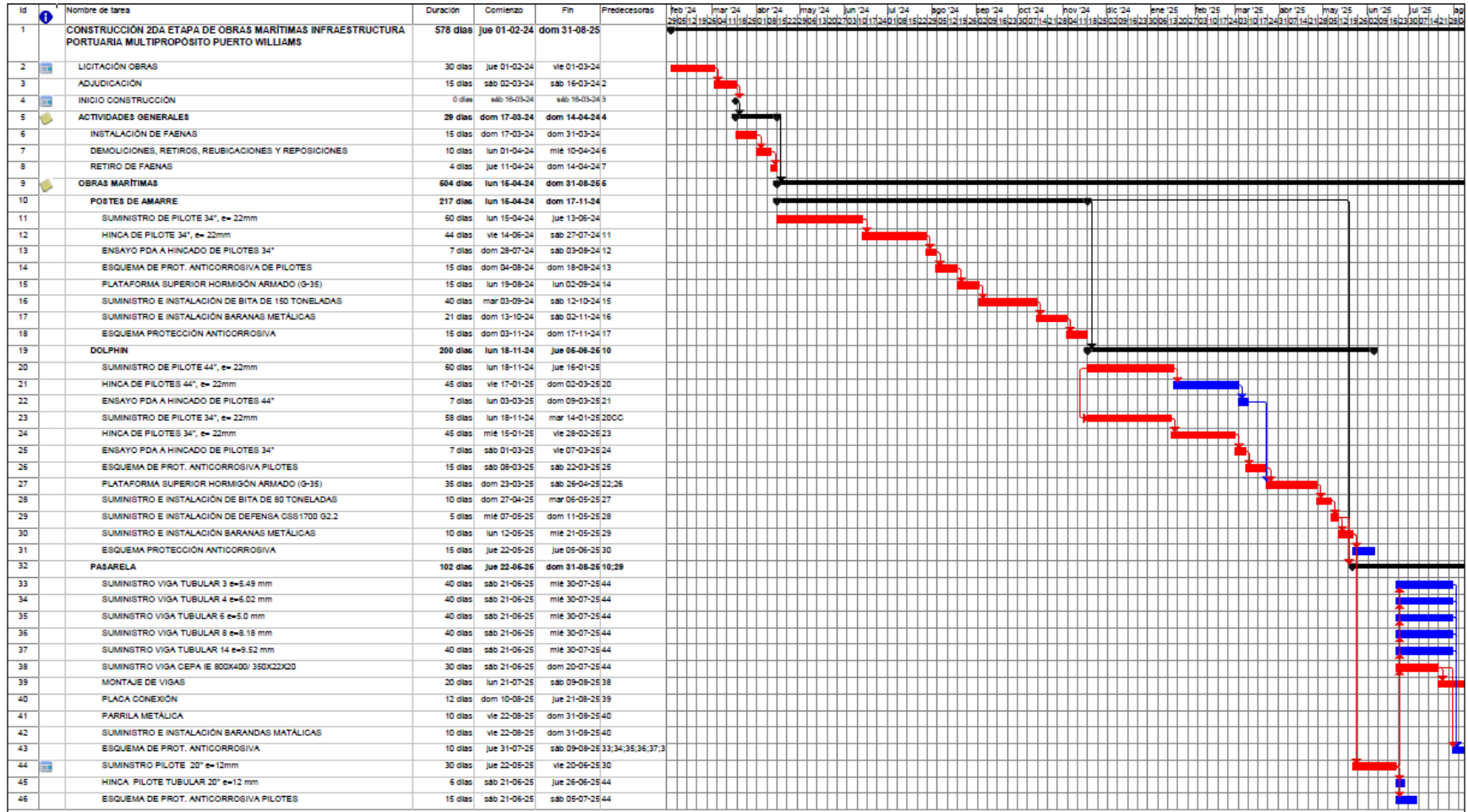
4.2.5. Construcción de Plataforma Superior de Hormigón Armado

Tras la validación de los pilotes, se procederá a la construcción de la plataforma superior de hormigón armado (G-35) que soportará los postes de amarre. Esta etapa incluye el enfierrado, el montaje de moldajes, el vertido y curado del hormigón, así como las pruebas de resistencia necesarias. El proceso de hormigonado debe seguir las mejores prácticas para asegurar la durabilidad y resistencia estructural de la plataforma, prestando especial atención al curado del hormigón y a la calidad de los materiales utilizados, de acuerdo con las normativas del Instituto Nacional de Normalización (INN).

4.2.6. Aplicación de Protección Anticorrosiva

Finalmente, se aplicará un esquema de protección anticorrosiva en los pilotes, plataformas y demás componentes metálicos expuestos al ambiente marino, lo cual es crucial para asegurar la longevidad de las estructuras. La aplicación debe seguir las especificaciones del fabricante de los productos utilizados, y cada capa de pintura debe ser verificada para asegurar el espesor adecuado y la adherencia requerida. Además, se deben tomar medidas para evitar que cualquier residuo o pintura caiga al mar durante el proceso.

4.3. Programación de Actividades



- Tabla de actividades:

Cuadro N° 1: Actividades. fuente: Propia.

Actividad	Predecesoras	Sucesoras	Duración (días)
1	-	-	578
2	-	3	30
3	2	4	15
4	3	5	0
5	4	6	29
6	4	7	15
7	6	8	10
8	7	9	4
9	5	10	504
10	10	11	217
11	-	12	60
12	11	13	44
13	12	14	7
14	13	15	15
15	14	16	15
16	15	17	40
17	16	18	21
18	17	19	15
19	18	20	200
20	10	21	60
21	20	22	45
22	21	23	7
23	20	24	58
24	23	25	45
25	24	26	7
26	25	27	15
27	22, 26	28	35
28	27	29	10
29	28	30	5
30	29	31	10
31	30	32	15
32	10	-	102
33	44	43	40
34	44	43	40
35	44	43	40
36	44	43	40
37	44	43	40
38	44	39	30
39	38	40	20

Actividad	Predecesoras	Sucesoras	Duración (días)
40	39	41	12
41	40	42	10
42	40	43	10
43	33, 34, 35, 36, 37, 38	-	10
44	30	45	30
45	44	46	6
46	44	-	15

4.4. Asignación de Recursos

4.4.1. Instalación de Faenas

- **Materiales:**

- Cierres perimetrales para áreas de faenas.
- Contenedores para oficinas, bodegas, y vestuarios.
- Servicios higiénicos portátiles.
- Señalización de seguridad.

- **Equipos y Maquinaria:**

- Grúa pequeña o montacargas para movilización de contenedores.
- Generador eléctrico para las instalaciones temporales.

- **Mano de Obra:**

- Supervisor de instalación.
- Operador de grúa/montacargas.
- Personal de montaje de cierres y señalización.

4.4.2. Suministro y Transporte de Pilotes

- **Materiales:**

- Pilotes de acero de $\varnothing 44''$ y $\varnothing 34''$, espesor de 22 mm, con recubrimiento anticorrosivo.
- Elementos de sujeción para el transporte (cadenas, estrobos, etc.).

- **Equipos y Maquinaria:**

- Camiones con remolque para transporte de pilotes.
- Grúa de gran capacidad para la descarga en el sitio de la obra.

- **Mano de Obra:**

- Operadores de camiones.
- Operadores de grúa.
- Personal de supervisión y manejo de materiales.

4.4.3. Hincia de Pilotes

- **Materiales:**

- Pilotes de acero previamente transportados al sitio.
- Placas de guía para asegurar el alineamiento de los pilotes.

- **Equipos y Maquinaria:**

- Martinetes hidráulicos para el hincado de pilotes.
- Grúa sobre barcaza para posicionar los pilotes y manejar el martinete.
- Cortinas de burbujas para mitigación de ruido subacuático.

- **Mano de Obra:**

- Operador de martinete.
- Operador de grúa/barcaza.
- Personal técnico para control de calidad y medición de penetración.
- Buzo especialista.
- Especialistas en mitigación ambiental.

4.4.4. Ensayo PDA a Pilotes Hincados

- **Materiales:**

- Sensores y equipos de medición para ensayos PDA.
- Elementos de fijación para sensores en los pilotes.

- **Equipos y Maquinaria:**

- Equipo Pile Driving Analyzer (PDA).
- Computadoras y software especializado para análisis CAPWAP.

- **Mano de Obra:**

- Ingeniero geotécnico especializado en PDA.
- Técnicos de campo para la instalación de sensores y medición.
- Personal de apoyo para el monitoreo de los ensayos.

4.4.5. Construcción de Plataforma Superior de Hormigón Armado

- **Materiales:**
 - Hormigón armado (G-35) para las plataformas.
 - Enfierraduras de acero.
 - Moldajes de madera o metálicos.
 - Aditivos para el hormigón (plastificantes, retardantes).
- **Equipos y Maquinaria:**
 - Camiones mixer para el transporte de hormigón.
 - Bombas de hormigón para el vertido en sitio.
 - Grúa torre o móvil para manejar enfierraduras y moldajes.
- **Mano de Obra:**
 - Albañiles especializados en hormigón.
 - Operadores de grúa.
 - Técnicos de enfierradura y montaje de moldajes.
 - Supervisor de calidad en la aplicación y curado del hormigón.

4.4.6. Construcción de Pasarelas que Unen los Postes de Amarre y los Dolphins

- **Materiales:**
 - Vigas tubulares de acero.
 - Placas de conexión y pernos de anclaje.
 - Materiales de recubrimiento anticorrosivo.
- **Equipos y Maquinaria:**
 - Grúa para el montaje de las vigas y placas.
 - Equipos de soldadura y corte.
- **Mano de Obra:**
 - Soldadores certificados.
 - Operadores de grúa.
 - Técnicos de montaje y fijación de estructuras metálicas.
 - Inspectores de calidad y seguridad.

4.4.7. Aplicación de Protección Anticorrosiva

- **Materiales:**

- Pinturas y recubrimientos anticorrosivos específicos para ambientes marinos.
- Equipos de preparación de superficies (arenado, limpieza).
- **Equipos y Maquinaria:**
 - Compresores y pistolas para la aplicación de pintura.
 - Equipos de arenado y limpieza de superficies.
- **Mano de Obra:**
 - Técnicos aplicadores de recubrimientos.
 - Inspectores de calidad para verificar espesores y adherencia.
 - Personal de seguridad y medio ambiente para control de emisiones y residuos.

4.5. Presupuesto

4.5.1. Detalle Presupuesto.

El presupuesto del proyecto que aparece en el Cuadro N°2, considera ítems a Precios Unitarios y a Suma Alzada.

Cuadro N° 2: Presupuesto de Obra. Fuente: Propia.

ITEM		TIPO		DESIGNACION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
ITEM		SUB-ÍTEM		PARTIDA				
FORMULARIO DE COTIZACIÓN								
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN SEGUNDA ETAPA DE OBRAS MARÍTIMAS INFRAESTRUCTURA PORTUARIA MULTIPROPÓSITO PUERTO WILLIAMS - REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA								
0		I		ACTIVIDADES GENERALES				
0,1				INSTALACION DE FAENAS	1	GL	1.675.496.601	1.675.496.601
				SUB TOTAL				1.675.496.601
1		I		OBRAS MARÍTIMAS				
1.1				POSTES DE AMARRE				
1.1.1	P.U.			SUMINISTRO DE PILOTE Ø34", e= 22mm	263.467,00	KG	7.673	2.021.582.291
1.1.2	P.U.			HINCA DE PILOTE Ø34", e= 22mm	16	UN	212.875.390	3.408.006.240
1.1.3	P.U.			ENSAYO PDA A HINCADO DE PILOTES Ø34"	4	UN	18.004.832	72.019.328
1.1.4	P.U.			ESQUEMA DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA PILOTES	1.566,00	M2	172.578	270.257.148
1.1.5	P.U.			PLATAFORMA SUPERIOR HORMIGÓN ARMADO (G-35)	48,00	M3	7.396.864	355.049.472
1.1.6	P.U.			SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BITA DE 150 TONELADAS	4	UN	31.069.813	124.279.252
1.1.7	P.U.			SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BARANDAS METÁLICAS	50,40	ML	590.866	29.779.646
1.1.8	P.U.			ESQUEMA DE PROTECCIÓN ANTOCORROSIVA	84,00	m2	118.417	9.947.028
				SUB TOTAL				6.288.920.405
1.2				DOLPHIN				
1.2.1	P.U.			SUMINISTRO DE PILOTE Ø44", e= 22mm	140.283,00	KG	7.673	1.076.391.459
1.2.2	P.U.			HINCA DE PILOTES Ø44", e= 22mm	6	UN	212.875.390	1.277.252.340
1.2.3	P.U.			ENSAYO PDA A HINCADO DE PILOTES Ø44"	2	UN	17.647.732	35.295.464
1.2.4	P.U.			SUMINISTRO DE PILOTE Ø34", e= 22mm	99.998,00	KG	7.673	767.284.654
1.2.5	P.U.			HINCA DE PILOTES Ø34", e= 22mm	6	UN	212.875.390	1.277.252.340
1.2.6	P.U.			ENSAYO PDA A HINCADO DE PILOTES Ø34"	2	UN	17.647.732	35.295.464
1.2.7	P.U.			ESQUEMA DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA PILOTES	1.423,00	M2	172.578	245.578.494
1.2.8	P.U.			PLATAFORMA SUPERIOR HORMIGÓN ARMADO (G-35)	188,00	M3	7.396.864	1.390.610.432
1.2.9	P.U.			SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BITA DE 80 TONELADAS	4	UN	30.462.370	121.849.480
1.2.10	P.U.			SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DEFENSA CSS1700 G2.2	4	UN	51.747.903	206.991.612
1.2.11	P.U.			SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BARANDAS METÁLICAS	42,00	ML	590.866	24.816.372
1.2.12	P.U.			ESQUEMA DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA	135,00	M2	118.417	15.986.295
				SUB TOTAL				6.474.604.406
1.3				PASARELAS				
1.3.1	S.A.			SUMINISTRO ELEMENTOS METÁLICOS PASARELA	38.207	KG	19.538	746.488.366
1.3.2	S.A.			MONTAJE DE VIGAS	38.207	KG	13.038	498.142.866
1.3.3	S.A.			PLACA CONEXIÓN	4.350	KG	22.872	99.493.200
1.3.4	S.A.			PARRILLA METÁLICA	250	M2	787.642	196.910.500
1.3.5	S.A.			SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BARANDAS METÁLICAS	304	ML	594.193	180.634.672
1.3.6	S.A.			ESQUEMA DE PROTECCION ANTICORROSIVA ELEMENTOS METALICOS	1.187	M2	118.417	140.560.979
1.3.7	P.U.			SUMINISTRO PILOTE 20" e=12mm.	18.348	KG	7.673	140.785.432
1.3.8	P.U.			HINCA PILOTE TUBULAR 20" e=12 mm	4	UN	212.875.390	851.501.560
1.3.9	P.U.			ESQUEMA DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA PILOTES	117	M2	172.578	20.105.337
				SUB TOTAL				2.874.622.912
Nota : Precios Unitarios incluyen GG y Utilidades.								
							SUBTOTAL	17.313.644.324
							I.V.A. 19%	3.289.592.422
							TOTAL	20.603.236.746

Lo que establece el Decreto 75 que Aprueba el Reglamento para Contratos de Obras Públicas es lo siguiente: En las propuestas a serie de precios unitarios, el valor de la propuesta quedará fijado por la suma de los productos de los precios unitarios del proponente multiplicados por las cantidades de obras establecidas por la Dirección. Las cantidades de obras serán determinadas por la Dirección en conformidad a los planos que se entregarán a los proponentes junto a los antecedentes de la

licitación, y deben estimarse como informativas y se suponen fijas sólo para los efectos de la presentación de la propuesta y comparación de sus valores totales.

En la propuesta por suma alzada, el valor de la propuesta quedará fijado por la suma total indicada por el proponente. Las cantidades de obras deben ser determinadas por el proponente, teniendo sólo valor ilustrativo las cantidades de obras que entregue la Dirección al llamar a licitación. En caso de desacuerdo entre los planos y las especificaciones, el contratista debe atenerse a los planos y a su verificación en el terreno.

4.5.2. Programa de Pagos

El Programa Mensual de Pagos es una herramienta clave para la gestión financiera del proyecto, permitiendo planificar y controlar los desembolsos en función del avance físico de la obra. El Cuadro N°3 muestran la distribución del porcentaje de pagos parciales y acumulados a lo largo del periodo de ejecución del proyecto, que se extiende por un total de 19,26 meses.

Cuadro N° 3: Programa de Pagos Mensuales. fuente: Propia.

Período	Porcentaje Programado	
Mes	Parcial	Acumulado
Mes 1	10,00%	10,00%
Mes 2	10,00%	20,00%
Mes 3	8,00%	28,00%
Mes 4	2,00%	30,00%
Mes 5	16,00%	46,00%
Mes 6	2,00%	48,00%
Mes 7	3,00%	51,00%
Mes 8	4,00%	55,00%
Mes 9	4,00%	59,00%
Mes 10	4,00%	63,00%
Mes 11	4,00%	67,00%
Mes 12	4,00%	71,00%
Mes 13	4,00%	75,00%
Mes 14	5,00%	80,00%
Mes 15	5,00%	85,00%
Mes 16	5,00%	90,00%
Mes 17	4,00%	94,00%
Mes 18	3,00%	97,00%
Mes 19	2,00%	99,00%
Mes 19,26	1,00%	100,00%

El plan de pagos está estructurado de manera que los desembolsos reflejan el progreso físico de la obra, comenzando con pagos iniciales más altos para cubrir los costos significativos de las primeras fases del proyecto, como el suministro de los elementos metálicos, la hincas de pilotes y la construcción de las plataformas. Posteriormente, los pagos se estabilizan, reflejando las etapas de menor intensidad en términos de costo, para luego incrementar ligeramente en los meses finales

conforme se completan las actividades restantes y disminuyendo en los últimos meses previo a que se realice la entrega final del proyecto como se aprecia en las barras azules del Gráfico N°1.

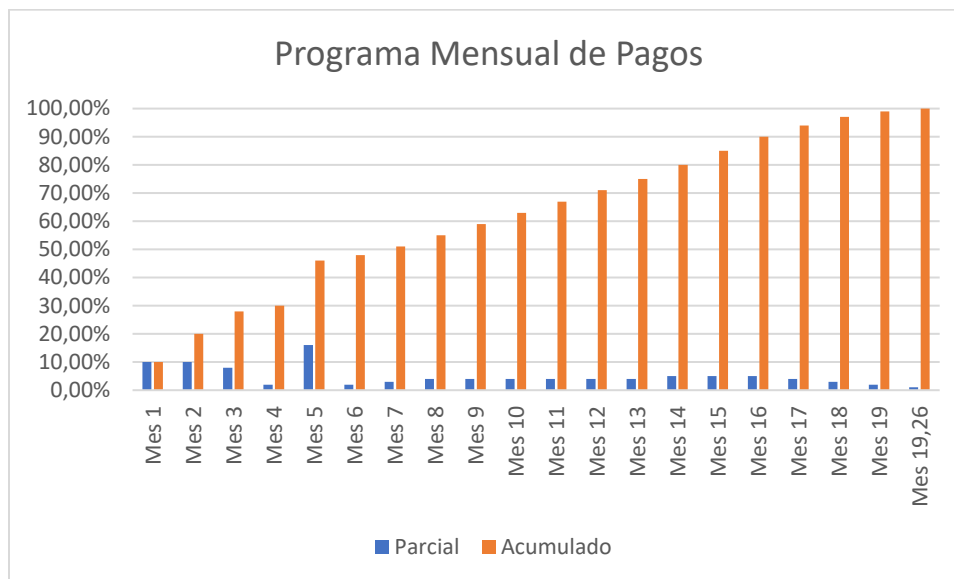


Gráfico N° 1: Programa Mensual de PAGos. Fuente: Propia.

- **Distribución de Pagos Parciales:** Durante los primeros cinco meses, se observa un mayor porcentaje de pagos parciales, con un 10% en el primer mes, un 10% en el segundo mes, y un 16% en el quinto mes, lo que corresponde a las fases más críticas y costosas de la obra. Esta tendencia refleja la necesidad de cubrir rápidamente los costos de los recursos iniciales, incluidos materiales y mano de obra especializada.
- **Acumulado de Pagos:** El gráfico de pagos acumulados muestra un incremento sostenido a lo largo del proyecto, alcanzando el 46% del total del presupuesto al finalizar el quinto mes, y el 71% al concluir el duodécimo mes. Esta distribución escalonada permite una gestión eficiente del flujo de caja, asegurando que los recursos financieros estén disponibles conforme se avanza en la ejecución de las actividades programadas.
- **Cierre Financiero:** En los meses finales, los pagos se reducen gradualmente, coincidiendo con la finalización de las tareas menores y los acabados, como la aplicación de sistemas anticorrosivos y la instalación de defensas y bitas. El último pago, correspondiente al 1% del presupuesto total, está programado para el mes 19, alineado con la entrega final de la obra.

Este enfoque en la programación de pagos no solo facilita el control financiero del proyecto, sino que también asegura que los fondos se desembolsen de manera acorde con el avance físico, minimizando el riesgo de desajustes entre el progreso de la obra y los pagos realizados. Además, el programa de pagos está diseñado para mantener un flujo de caja equilibrado, evitando picos de desembolsos que pudieran comprometer la estabilidad financiera del proyecto.

V. GESTIÓN DE RIESGOS

5.1. Identificación de Riesgos

El proyecto de construcción en Puerto Williams, debido a su ubicación extrema y las condiciones logísticas desafiantes, enfrenta una serie de riesgos que deben ser cuidadosamente identificados y gestionados para asegurar su éxito. A continuación, se detallan los principales riesgos asociados al proyecto, considerando tanto la logística internacional como local, las condiciones climáticas, y la cadena de suministro.

5.1.1. Riesgos Logísticos y de Transporte

- **Transporte Internacional desde China:** El proceso de importación de los pilotes y otros elementos de acero desde China involucra una compleja cadena de suministro que abarca desde la producción hasta la entrega en el sitio de construcción en Puerto Williams. Uno de los riesgos más significativos es el posible retraso en la producción o en el despacho de los materiales en el puerto de origen. Estos retrasos pueden estar causados por factores como demoras en la fabricación, problemas aduaneros en China, o congestión en los puertos de salida. Además, el transporte marítimo internacional está sujeto a variaciones en los tiempos de tránsito debido a condiciones meteorológicas adversas, problemas mecánicos en los barcos, o retrasos en los puertos de transbordo, tal como sucedió cuando el Ever Given se atascó en el Canal de Suez el 2021. Estos factores pueden impactar directamente el cronograma del proyecto, ya que cualquier demora en la llegada de los materiales a Chile retrasará las siguientes etapas del proyecto.
- **Transporte Nacional y Arrendamiento de Ferry:** Una vez que los materiales llegan a Chile, generalmente al puerto de Punta Arenas, deben ser transportados a Puerto Williams utilizando ferries. Este tramo del transporte presenta sus propios desafíos, debido a la disponibilidad limitada de ferries que puedan transportar carga pesada y volumétrica, así como a la necesidad de coordinar los horarios de estos con las condiciones climáticas y marítimas. Los riesgos incluyen la cancelación o retraso de los viajes en ferry debido a condiciones climáticas adversas, lo cual es común en la región austral de Chile, y la posibilidad de que el ferry no esté disponible en el momento requerido, causando cuellos de botella en el cronograma de construcción.

5.1.2. Riesgos Climáticos y Geográficos

- **Condiciones Climáticas Adversas:** Puerto Williams está ubicado en una de las zonas más australes del mundo, donde las condiciones climáticas son extremadamente variables y a menudo severas. Vientos fuertes, mareas altas, y temperaturas bajas son comunes y pueden afectar tanto el transporte de materiales como las operaciones de construcción. Durante el invierno, la reducción de horas de luz diurna y las tormentas pueden limitar significativamente las ventanas de trabajo, lo que aumenta el riesgo de retrasos.
- **Acceso Limitado y Aislamiento Geográfico:** El aislamiento de Puerto Williams significa que el acceso a recursos adicionales es extremadamente limitado. En caso de que se necesiten materiales o equipos adicionales, los tiempos de entrega pueden ser prolongados, lo que

podría detener el progreso de la obra. Además, en caso de emergencias logísticas o de salud, las respuestas pueden ser más lentas debido a la distancia de los centros de apoyo.

5.1.3. Riesgos de la Cadena de Suministro

- **Variabilidad en los Tiempos de Entrega:** La cadena de suministro internacional y nacional está expuesta a una serie de riesgos que pueden afectar los tiempos de entrega de los materiales. Esto incluye retrasos en la fabricación, problemas aduaneros tanto en China como en Chile, y la congestión en los puertos. Cualquier retraso en la entrega de los materiales críticos, como los pilotes de acero, podría resultar en un efecto dominó que retrase la totalidad del cronograma del proyecto.
- **Problemas Aduaneros y Logísticos:** La importación de materiales desde China implica pasar por procedimientos aduaneros en Chile, que pueden ser complejos y propensos a demoras. Problemas como la falta de documentación adecuada, errores en la declaración de los bienes, o revisiones exhaustivas de la carga pueden generar retrasos significativos. Además, cualquier huelga o problema logístico en los puertos chilenos podría afectar el tiempo de liberación de los materiales.

5.1.4. Riesgos Financieros

- **Fluctuaciones en los Costos de Transporte:** Los costos asociados con el transporte marítimo internacional y el arrendamiento de ferries pueden variar debido a factores como el precio del combustible, la demanda de espacio en barcos, y las condiciones económicas globales. Estas fluctuaciones pueden impactar negativamente el presupuesto del proyecto si no se gestionan adecuadamente.
- **Variaciones en el Tipo de Cambio:** Dado que la compra de materiales en China se realiza en una moneda extranjera, existe un riesgo asociado a las fluctuaciones en el tipo de cambio. Una depreciación inesperada del peso chileno frente al dólar o el yuan podría aumentar significativamente los costos de los materiales, afectando el presupuesto global del proyecto.

5.2. Análisis y Evaluación de Riesgos

En esta sección, se lleva a cabo un análisis detallado de los riesgos identificados en el proyecto, considerando tanto la probabilidad de ocurrencia como el impacto potencial en el desarrollo de las actividades. Para facilitar este análisis, se ha desarrollado una matriz de riesgos que permite visualizar y priorizar los riesgos más críticos.

5.2.1. Identificación de Riesgos

Primero se identifican los posibles riesgos que se muestran en el Cuadro N°4 para posteriormente elaborar una matriz de riesgos con la clasificación establecida de cada ítem según dos criterios: probabilidad de ocurrencia (alta, media, baja) e impacto en el proyecto (alto, medio, bajo). Este enfoque permite priorizar los riesgos que requieren atención inmediata y determinar las estrategias de mitigación más adecuadas.

Cuadro N° 4: Identificación de Riesgos. Fuente: Propia.

N°	Riesgo	Probabilidad	Impacto
1	Retraso en la Producción o Despacho desde China	Medio	Alto
2	Problemas en el Transporte Marítimo Internacional	Bajo	Alto
3	Demoras Aduaneras en Chile	Bajo	Medio
4	Disponibilidad Limitada de Ferries para el Transporte a Puerto Williams	Bajo	Alto
5	Cancelación o Retrasos en el Servicio de Ferry debido a Condiciones Climáticas	Medio	Medio
6	Condiciones Climáticas Adversas en Puerto Williams que Afecten la Construcción	Medio	Medio
7	Acceso Limitado a Recursos y Materiales Adicionales en Puerto Williams	Alto	Bajo
8	Retrasos en la Cadena de Suministro Nacional	Bajo	Medio
9	Aumento de Costos de Transporte Marítimo Internacional	Bajo	Medio
10	Variaciones en el Tipo de Cambio que Afecten el Costo de los Materiales	Medio	Medio
11	Problemas Logísticos en los Puertos Chilenos	Bajo	Medio
12	Fluctuaciones en los Costos del Arriendo de Ferries	Bajo	Bajo

5.2.2. Evaluación de Riesgos Críticos

Cuadro N° 5: Matriz de riesgos. Fuente: Propia.

Impacto/ Probabilidad	Bajo	Medio	Alto
Alto	2, 4	1	
Medio	3, 8, 9, 11	5, 6, 10	
Bajo	7, 12		

En el Cuadro N°5 se muestran los ítems del cuadro N°4 clasificados según su impacto y probabilidad para hacer una evaluación.

- **Retraso en la Producción o Despacho desde China (Medio/Alto):** Este riesgo ha sido clasificado con una probabilidad media y un impacto alto, dado que cualquier retraso en la producción o el despacho desde China podría tener un efecto dominó sobre el cronograma del proyecto. La cadena de suministro internacional es compleja, y cualquier retraso podría desincronizar las entregas con las etapas críticas de la construcción en Puerto Williams. Este riesgo debe ser mitigado a través de contratos que incluyan penalizaciones por retrasos y un monitoreo constante de los tiempos de producción y despacho.
- **b. Problemas en el Transporte Marítimo Internacional (Bajo/Alto):** Aunque la probabilidad de que ocurran problemas graves en el transporte marítimo internacional es baja, el impacto de tales problemas podría ser considerable, afectando no solo el tiempo de entrega, sino también la integridad de los materiales durante el tránsito. Este riesgo se puede mitigar contratando aseguradoras especializadas en transporte marítimo y seleccionando rutas y navieras con reputación comprobada.
- **c. Disponibilidad Limitada de Ferries para el Transporte a Puerto Williams (Bajo/Alto):** Este riesgo, aunque tiene una baja probabilidad, tiene un alto impacto potencial, ya que la disponibilidad limitada de ferries puede retrasar considerablemente la entrega de materiales críticos. Para mitigar este riesgo, es fundamental coordinar con las autoridades locales y los operadores de ferry con suficiente antelación, asegurando reservas prioritarias y flexibilidad en los horarios de entrega.
- **d. Condiciones Climáticas Adversas en Puerto Williams que Afecten la Construcción (Medio/Medio):** Dado que las condiciones climáticas en Puerto Williams son extremadamente variables, con frecuentes vientos fuertes y bajas temperaturas, este riesgo tiene una probabilidad y un impacto medios. Es necesario implementar estrategias de trabajo adaptables, como planes de contingencia que permitan ajustar el cronograma según las condiciones meteorológicas.
- **e. Variaciones en el Tipo de Cambio que Afecten el Costo de los Materiales (Medio/Medio):** Este riesgo se clasifica como medio en cuanto a probabilidad e impacto, debido a la volatilidad del tipo de cambio, que puede afectar significativamente el costo final de los materiales importados. Para mitigar este riesgo, es recomendable establecer contratos de cambio con tasas fijas o utilizar instrumentos financieros de cobertura.

5.3. Mitigación de Riesgos

Para cada riesgo identificado, se han diseñado estrategias de mitigación específicas, que incluyen:

- **Monitoreo Continuo:** Implementación de sistemas de seguimiento y reportes periódicos para monitorear los plazos de entrega desde los proveedores en China y la situación logística internacional.
- **Contratos Flexibles:** Establecimiento de cláusulas contractuales que permitan renegociar tiempos y costos en caso de que los riesgos se materialicen.

- **Planes de Contingencia:** Desarrollo de planes alternativos, como la reserva de materiales y recursos en ubicaciones más cercanas a Puerto Williams o la contratación de proveedores adicionales en caso de que los principales sufran retrasos.
- **Coberturas Financieras:** Uso de seguros y coberturas financieras para proteger el proyecto contra fluctuaciones en los costos de transporte y cambios en el tipo de cambio.

5.3.1. Monitoreo y Gestión de Riesgos

Se ha asignado a un equipo específico dentro de la dirección del proyecto la responsabilidad de monitorear y gestionar los riesgos identificados. Este equipo trabajará en estrecha colaboración con los proveedores, las autoridades locales, y los transportistas para garantizar que cualquier riesgo que se materialice sea abordado de manera oportuna y eficaz.

VI. ANÁLISIS Y COMENTARIOS

6.1. Análisis del Trabajo

La presente obra portuaria, centrada en la construcción de dolphins y postes de amarre, ha requerido una planificación y ejecución meticulosas debido a las condiciones geográficas y climáticas particulares de Puerto Williams. A continuación, se realiza un análisis técnico de las fases de construcción, destacando los aspectos críticos de la programación temporal y la asignación de recursos.

Desde una perspectiva financiera y para el correcto cumplimiento de plazos, el suministro de pilotes es la actividad crítica del proyecto, debido a que si existe algún retraso en su entrega en pie de obra, inmediatamente se traduce en posibles modificaciones de plazo y del flujo de caja programado inicialmente, por lo que se deben tomar todas las medidas de mitigación que permitan un correcto cumplimiento de la partida.

Técnicamente, la hinca de pilotes constituye la actividad principal y crítica del proyecto, debido a que estos elementos forman la base estructural sobre la que se apoyan los dolphin y los postes de amarre. Debido a la importancia de esta actividad, no se permite el inicio de otras operaciones mayores hasta que los pilotes estén completamente instalados y validados. Este enfoque asegura que la base de la estructura sea sólida y capaz de soportar las cargas previstas, minimizando los riesgos de fallos estructurales.

Aunque se consideró la posibilidad de superponer la preparación de enfierraduras y moldajes para las plataformas mientras se completaba la hinca de pilotes en otras zonas del sitio, se determinó que esta opción podría sobrecargar al equipo de dirección de obra. La operación de hincado es delicada, ya que requiere una supervisión constante debido a las condiciones marinas variables y la necesidad de precisión extrema. El riesgo de comprometer la seguridad de la estructura debido a una supervisión inadecuada superaría cualquier ventaja temporal obtenida por la superposición de actividades.

El flujo de caja respalda lo mencionado anteriormente, ya que tanto el suministro como la hinca de pilotes representan una porción significativa del presupuesto total. Una vez completada esta fase,

se pueden iniciar las actividades subsiguientes, como la construcción de las plataformas superiores de hormigón armado y las pasarelas que conectan los postes de amarre y los dolphins.

La logística en esta fase del proyecto es particularmente compleja, dadas las limitaciones de acceso a Puerto Williams y las condiciones climáticas extremas que pueden afectar el transporte de materiales. La planificación del tráfico de barcas y camiones para la entrega de materiales debe tener en cuenta estas restricciones, asegurando que los materiales lleguen en el momento justo para evitar tanto el almacenamiento prolongado en condiciones adversas como posibles retrasos en la ejecución.

Una vez completadas las plataformas superiores, el proyecto se divide en áreas de trabajo independientes para la instalación de pasarelas y otros elementos estructurales. Este enfoque permite la ejecución simultánea de varias actividades, optimizando el uso de recursos y reduciendo los tiempos de construcción. La simultaneidad en la ejecución de actividades similares en diferentes zonas del muelle no solo ahorra tiempo y recursos, sino que también garantiza la consistencia en la calidad y seguridad de la estructura final.

En términos de costos, la ejecución simultánea de múltiples actividades en las fases finales del proyecto permite un flujo de caja más uniforme y consistente, lo cual es crucial en un entorno donde los costos de logística y transporte son elevados. Esta estrategia asegura que el proyecto mantenga su viabilidad financiera, balanceando la eficiencia operativa con el control de calidad.

Finalmente, la fase de instalación de elementos menores, como sistemas de protección anticorrosiva, defensas y bitas, se lleva a cabo una vez que las estructuras principales están completamente instaladas y aseguradas. Estas actividades, aunque menos críticas en términos de tiempo, son esenciales para garantizar la durabilidad y funcionalidad de las instalaciones portuarias. La planificación cuidadosa de estas actividades finales permite que se realicen simultáneamente cuando no existen dependencias entre ellas, optimizando los tiempos de entrega y minimizando la interferencia entre los equipos de trabajo.

Con la conclusión de estas actividades, la obra quedará finalizada, habiéndose seguido una programación temporal que prioriza la seguridad, la eficiencia operativa y el control de costos, asegurando que el puerto pueda entrar en operación dentro de los plazos establecidos y con una infraestructura robusta y duradera.

6.2. Reflexiones Finales

A lo largo del TFM, se ha cumplido con los objetivos establecidos. La selección de la técnica constructiva ha sido adecuada para las condiciones extremas del proyecto. Se ha establecido un cronograma detallado que optimiza los recursos y tiempos de ejecución. El presupuesto desarrollado ofrece una estimación precisa de los costos, mientras que la identificación de riesgos y estrategias de mitigación ha permitido minimizar los posibles impactos en el proyecto.

La ejecución de este proyecto portuario en Puerto Williams es un desafío técnico y logístico de gran envergadura, dadas las condiciones extremas del entorno y la complejidad inherente a la construcción de infraestructuras marítimas. A lo largo de este TFM, se han abordado de manera integral aspectos clave como la selección de técnicas constructivas, la planificación detallada de las actividades, la estimación precisa de costos, y la identificación y mitigación de riesgos. Estos

elementos han sido fundamentales para asegurar que el proyecto no solo sea viable, sino que también cumpla con los más altos estándares de calidad y seguridad.

Uno de los aspectos más destacables es la planificación anticipada y la flexibilidad en la programación de actividades que permitan mitigar los impactos de estos factores, garantizando que el proyecto se mantenga dentro de los plazos establecidos. La selección de la técnica de hincado de pilotes y construcción de plataformas debe ser efectiva en un entorno donde la precisión y la robustez estructural son esenciales.

En términos de gestión de riesgos, el proyecto ha mostrado la importancia de una identificación temprana de los riesgos y la implementación de estrategias de mitigación adecuadas. La complejidad logística, especialmente en lo que respecta al transporte de materiales desde China y su posterior traslado a Puerto Williams, debe ser manejada con eficacia siguiendo una planificación meticulosa y una coordinación estrecha con proveedores y transportistas. Las decisiones financieras, como la optimización del flujo de caja, son cruciales para mantener la viabilidad económica del proyecto.

A lo largo del desarrollo del TFM, se han identificado como factores clave la flexibilidad en la planificación y la capacidad de adaptación que son fundamentales para manejar las incertidumbres inherentes a este tipo de obras. Además, la gestión proactiva de riesgos, apoyada por una comunicación constante entre todos los actores involucrados, es esencial para evitar retrasos y sobrecostos. Finalmente, la integración de consideraciones ambientales y logísticas desde las fases iniciales del proyecto asegura no solo el éxito técnico, sino también la sostenibilidad a largo plazo de las infraestructuras construidas.

En conclusión, este proyecto ha sido un ejercicio de planificación y gestión en ingeniería civil, donde se han aplicado conocimientos teóricos y prácticos para resolver desafíos reales en un contexto exigente.

Las principales contribuciones de este TFM radican en la aplicación de soluciones técnicas y de gestión a proyectos de infraestructura en entornos extremos. Este proyecto ofrece un modelo replicable para la planificación de obras portuarias en regiones australes, abordando de manera integral los desafíos logísticos y climáticos. Además, las soluciones propuestas pueden ser utilizadas como referencia en futuros desarrollos portuarios en Chile.

Se recomienda que en futuros proyectos de infraestructura en entornos similares se adopte una planificación flexible que permita ajustarse a las condiciones climáticas y logísticas. Además, es esencial una gestión proactiva de riesgos y una coordinación temprana con los proveedores para evitar retrasos en el suministro de materiales. La implementación de soluciones tecnológicas y la optimización del flujo de caja también son recomendables para garantizar la viabilidad económica del proyecto.

Las principales limitaciones del proyecto son las condiciones climáticas extremas y la logística del transporte de materiales desde el extranjero, lo que añade complejidad al cronograma de ejecución. También se identificó una dependencia significativa de proveedores internacionales, lo que requiere un monitoreo constante para evitar retrasos.

VII. REFERENCIAS

- Flores, Cecilia, Smith, Carlos, Órdenes, Patricio (2024), Boletín Regional N°15, 3.
- SERVICIO NACIONAL DE TURISMO, Informe de Resultados: Aproximación PIB Turístico de Chile (2021), Período 2013-2019, 4.