

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura



Proyecto de Grado
Carrera de Ingeniería Civil

**PROYECTO DE MUELLE EN LA ISLA “ING.
SABINO CORSI” EN LA HIDROVÍA RÍO PARANÁ,
ROSARIO, SANTA FE**

ESTUDIANTES

Alemañ, Andrés (Legajo N° A-3567/1)
Fernandez, Emiliano (Legajo N° F-3419/3)
Gherbezza, Chiara (Legajo N° G-5544/1)
Peyretti, María Agustina (Legajo N° P-4930/1)

DIRECTORES:

Ing. Fideleff, Horacio
Ing. Portapila, Margarita

DOCENTES COLABORADORES:

Ing. Navarro, Raúl
Ing. Forestieri, Claudia
Arq. Cervera, Cristina
Ing. Luque, Analía

ASESORES:

Ing. Palma, Matías
Ing. De Bianchetti, Juan
Ing. Riccardi, Gerardo

*Trabajo presentado en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, en
cumplimiento parcial de los requisitos para alcanzar la titulación en*

Ingeniería Civil

Febrero de 2026

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos agradecer a todos los colaboradores, directores y asesores externos, quienes fueron una parte fundamental en este último proceso de culminación de la carrera. Han hecho posible la realización de este trabajo final a través de su tiempo, su ayuda y sus conocimientos, que compartieron con generosidad, acompañando nuestro proceso de aprendizaje y crecimiento.

Queremos hacer un agradecimiento especial a Matías y Juan, por acercarnos este proyecto, confiar en nosotros desde el inicio y alentarnos constantemente. Su disposición para ayudarnos, guiarnos y motivarnos fue clave para que este trabajo pudiera tomar forma y llegar a su final.

Agradecemos también a los docentes de la cátedra, por su acompañamiento y sus aportes a lo largo del proceso, que enriquecieron nuestro trabajo y nuestra formación.

En especial, a nuestros directores: a Margarita, por su guía constante, su paciencia y su dedicación en cada etapa. Y a Horacio, por su apoyo y su mirada técnica, y por su compromiso con nuestro aprendizaje. Ambos fueron pilares fundamentales en este recorrido.

También agradecemos profundamente a nuestras familias y amigos, que nos acompañaron no solo en este proyecto final sino durante toda la carrera. Gracias por la paciencia en los momentos de estrés, por el apoyo incondicional, por celebrar cada logro y por sostenernos en los momentos difíciles. Este camino fue más llevadero gracias a su comprensión, su cariño y su confianza en nosotros. Destacamos el acompañamiento de Tomás, quien fue parte fundamental en el apoyo de todo el equipo.

Por último, queremos destacar la importancia de la facultad y la educación pública, que abre puertas para que todos aquellos que tengan curiosidad, iniciativa y ganas de estudiar una carrera profesional puedan hacerlo, proporcionando una educación digna y de calidad.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	4
2.1. OBJETIVO GENERAL	4
2.2. OBJETIVOS PARTICULARES	4
3. MEMORIA DESCRIPTIVA	4
4. DESARROLLO	6
4.1. ANTECEDENTES	6
4.2. ANÁLISIS DE PASAJEROS	11
4.3. BUQUE DE DISEÑO	14
4.4. DISEÑO DEL MUELLE	15
4.5. MATERIALIDADES	31
4.6. ESTUDIO GEOTÉCNICO	34
4.7. MÉTODOS DE EJECUCIÓN	37
4.8. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA	40
5. SERVICIOS DISPONIBLES E INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA	43
5.1. MÓDULOS FUNCIONALES	44
5.2. INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y SANITARIA	45
6. SEGURIDAD A LA NAVEGACIÓN	45
6.1. SEÑALIZACIÓN	46
6.2. ELEMENTOS DE SEGURIDAD PARA EL USUARIO	47
7. INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	49
7.1. INTRODUCCIÓN	49
7.2. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE INCORPORADOS	50
8. CONCLUSIONES	54
9. BIBLIOGRAFÍA	55
10. PLANOS	57
11. ANEXOS	66
11.1. ANEXO I	67
11.2. ANEXO II	74
11.3. ANEXO III	76
11.4. ANEXO IV	81
11.5. ANEXO V	98
11.6. ANEXO VI	103
11.7. ANEXO VII	142

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda el análisis de la implementación de un muelle en la Isla Ingeniero Sabino Corsi. En la Imagen 1 se presenta qué está ubicada en el canal del río Paraná, frente a la ciudad de Rosario.

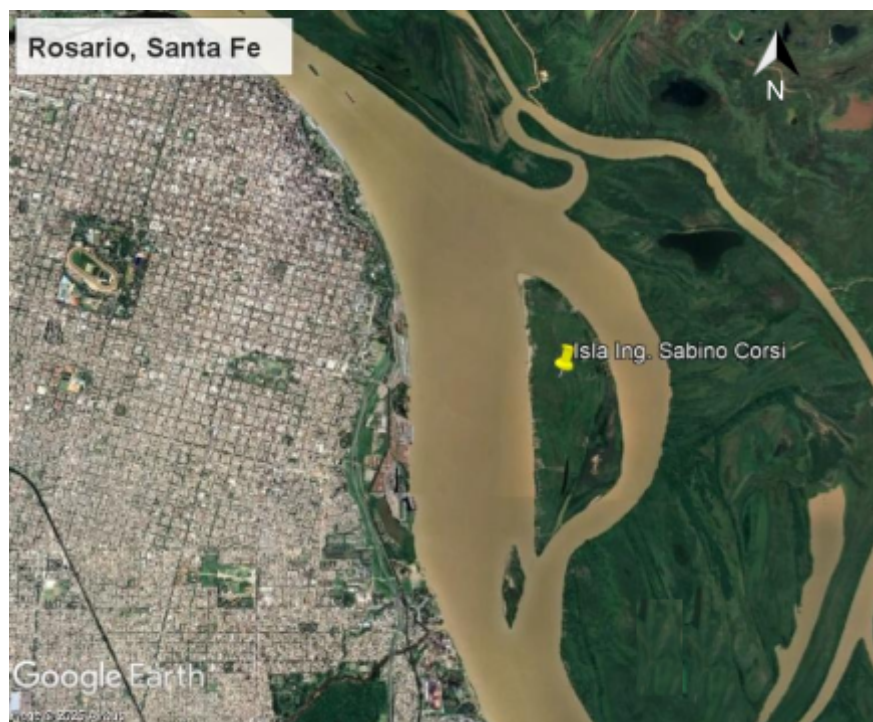


Imagen 1. Ubicación de la Isla Ing. Sabino Corsi. Fuente: Google Earth.

La Isla Ing. Sabino Corsi se encuentra actualmente del lado de la Provincia de Entre Ríos debido a la traza del canal de navegación vigente. Sin embargo, al momento de definirse los límites provinciales, el canal pasaba por el brazo izquierdo (en dirección del flujo), tal como se observa en la Imagen 2. En dicha Imagen, que corresponde a una captura del Mapa Físico del departamento Rosario confeccionado por el SCIT¹, se aprecia que la jurisdicción de la isla corresponde a la Provincia de Santa Fe.



Imagen 2. Límite entre Santa Fe y Entre Ríos. Fuente: SCIT.

¹ santafe.gob.ar/index.php/web/content/download/275762/1432885/file/16%20SCIT_Mapa_fisico_Rosario_2024.pdf

La ubicación exacta del muelle a diseñar se define según la erosión y velocidades de flujo, los niveles de la isla, y según la batimetría de la zona. Se tienen en cuenta también las conexiones del muelle con los hechos y obras preexistentes y la funcionalidad futura del mismo, analizando su concurrencia actual y proyectándola.

El alcance del trabajo es determinar el tipo de muelle que tenga la mejor adaptación e integración al lugar de implantación, teniendo en cuenta el impacto que este tendrá en el entorno, es decir en la flora y fauna, en su visual, en cómo afecta el comportamiento del río, entre otros.

A partir de la integración de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, se pueden mencionar, la realización de estudios hidrológicos, el cálculo estructural y estudios medioambientales, entre otros.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un muelle de atraque para embarcaciones de pasajeros con fines recreativos y sus respectivos servicios en la Isla Ing. Sabino Corsi en la hidrovía Río Paraná ubicada frente a la costa de la ciudad de Rosario, Santa Fe.

2.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- 1) Diseñar un muelle para el atraque seguro de embarcaciones, y para el embarque y desembarque de pasajeros, incorporando criterios de sostenibilidad y adaptación al entorno.
- 2) Definir la materialidad de las distintas partes que conforman el proyecto, y evaluar la construcción modular para facilitar el transporte y los métodos de ejecución.
- 3) Definir obras complementarias que permitan el uso seguro y eficiente del muelle a diseñar.

3. MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente proyecto aborda el diseño de un muelle de atraque destinado a embarcaciones de pasajeros con fines recreativos, a ser emplazado en la Isla Ing. Sabino Corsi, frente a la ciudad de Rosario. El objetivo principal es mejorar la infraestructura de acceso a la isla, respondiendo a la creciente demanda turística y garantizando condiciones operativas seguras y eficientes. La ubicación seleccionada, en las coordenadas 32°57'58,98"S 60°36'12,08"O sobre la costa oeste de la isla, es el resultado de un análisis que consideró la batimetría del río, las velocidades de la corriente, la proximidad a las zonas de paradores y playas, y la necesidad de evitar un banco de arena al norte de la isla para minimizar el dragado y mantenimiento a futuro.

La estructura del muelle se ha diseñado con una configuración mixta en forma de "T" para optimizar su funcionalidad. Consiste en una plataforma fija de acceso de 40 metros de longitud, que se extiende perpendicular a la costa hasta alcanzar la profundidad necesaria para el atraque seguro garantizando el calado de las embarcaciones de diseño. El nivel de coronamiento de esta plataforma se establece en +6,40 metros, definido a partir del nivel correspondiente a una permanencia del 5% del nivel del río, obtenido a partir de estudios hidrométricos, que coincide con el nivel de alerta determinado por Prefectura Naval², más una revancha por oleaje y el espesor del paquete estructural de la parte fija. En su extremo, se conecta con un pontón flotante de dimensiones de 9 metros por 3 metros, dispuesto en paralelo a la corriente, que servirá de atraque principal para las embarcaciones de mayor porte, como el catamarán de 30 metros de eslora considerado buque de diseño. Adicionalmente, el proyecto incluye un sistema de marinas flotantes de 21,6 metros de longitud con 3 "fingers" transversales de 6 metros de largo para el amarre de embarcaciones de menor porte, tales como lanchas de particulares. Se coloca una escalera fija para el acceso desde el muelle flotante y las marinas, hacia el muelle fijo. Para garantizar la accesibilidad a personas con movilidad reducida se dispone una rampa de acceso, desde el muelle flotante hacia el muelle fijo, del lado norte del mismo. La rampa se encuentra conformada por una parte flotante conectada al pontón, y una parte fija que se conecta al muelle fijo, para finalizar la conexión con la costa. La configuración completa del muelle se puede observar en la Figura 1.

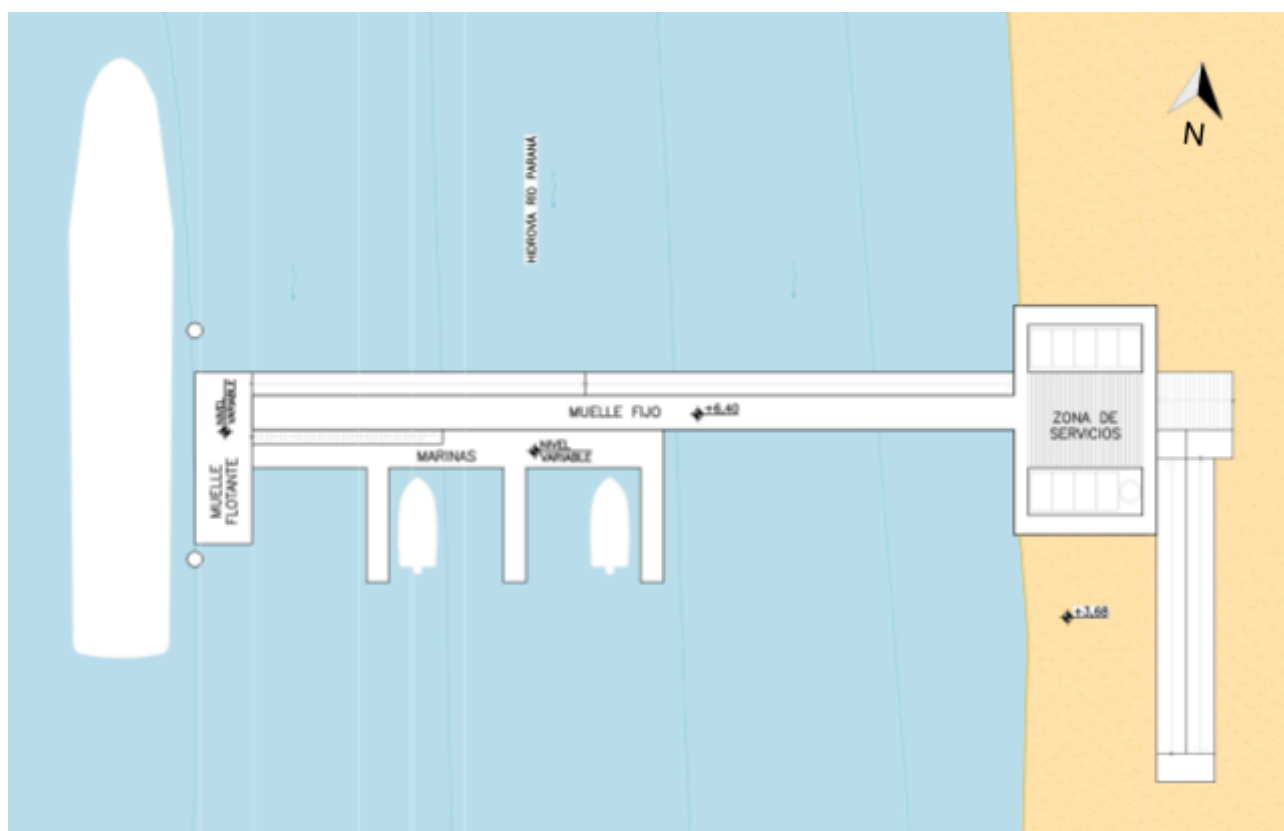


Figura 1. Esquema planimétrico del diseño del muelle a nivel hidrométrico +3,50 m. Elaboración propia.

² Nivel de Alerta de Prefectura Naval: Es el nivel hidrométrico de agua a partir del cual se considera que el comportamiento del río sale de sus parámetros ordinarios y comienza a generar situaciones de riesgo potencial para poblaciones ribereñas, navegación o estructuras costeras.

La selección de materiales se centra en la posibilidad de ser transportados a la isla, la durabilidad, el bajo mantenimiento y la integración con el entorno. La materialidad de la plataforma fija se define con elementos prefabricados de hormigón y un tablero de madera. Para la estructura flotante, se ha optado por un pontón de hormigón armado con núcleo de poliestireno, garantizando robustez y estabilidad, y un revestimiento entablonado de pino nórdico. Las rampas de acceso al muelle son de aluminio para asegurar ligereza y resistencia a la corrosión, mientras que las rampas secundarias de acceso a la isla serán de madera de Pino Elliotis tratado con CCA, ofreciendo una transición al paisaje natural.

Por último, sobre la isla se incorpora un área de servicios como sanitarios, una casilla para mantenimiento y administración del muelle y una oficina destinada al uso de investigación y extensión, para el uso de investigadores del CONICET, UNR y ENAPRO. El acceso a la isla se realiza a través de la zona de servicios, donde se dispone una escalera y una rampa de madera que permiten salvar la diferencia de niveles existente entre la isla y el muelle fijo, garantizando una conexión funcional y segura entre ambas áreas.

4. DESARROLLO

La elaboración del presente trabajo se desarrolló a lo largo de un cuatrimestre, estructurándose en función de instancias de consulta y coordinación con el equipo docente y con los profesionales asesores. Se mantuvieron reuniones semanales con los profesores de la cátedra y encuentros cada un mes con los asesores, lo que permitió orientar las decisiones de diseño en base a criterios técnicos. El equipo de trabajo está conformado por cuatro integrantes, quienes se organizaron mediante una división de tareas estratégicamente planificada.

4.1. ANTECEDENTES

La isla a intervenir cuenta con cuatro muelles preexistentes de madera, de los cuales se pueden observar que la mayoría se encuentran en un estado precario y no brindan al usuario ni la seguridad ni la accesibilidad necesarias. Estos muelles existentes surgieron de la necesidad de acceso a los paradores que se fueron instalando a lo largo de los años. En las Imágenes 3 y 4 se observa el emplazamiento de estos cuatro muelles dentro de la isla.



Imagen 3. Muelles existentes en la isla. Fuente: Google Earth.



Imagen 4. Muelles existentes en la isla. Imagen ampliada. Fuente: Google Earth.

Como se menciona anteriormente, el estado actual de los muelles existentes no se encuentra en condiciones de seguridad óptima, siendo necesario evaluar la necesidad de la construcción de un muelle que brinde las garantías en seguridad y accesibilidad para todos los que deseen visitar la isla. Se puede apreciar desde la Imagen 5 hasta la Imagen 10, el estado actual de los muelles existentes.



Imagen 5. Muelle N° 3 (Muelle entre “Deja Vú” y “Sudestada”). Imagen suministrada por el ENAPRO. Fecha 23/09/2020. Nivel hidrométrico de la fecha: +0,9 m.



Imagen 6. Muelle N° 2 (Muelle del parador “Deja Vu”). Imagen suministrada por el ENAPRO. Fecha 23/09/2020. Nivel hidrométrico de la fecha: +0,9 m.



Imagen 7. Muelle N° 2 (Muelle de parador “Deja Vu”). Imagen suministrada por el ENAPRO. Fecha 23/09/2020. Nivel hidrométrico de la fecha: +0,9 m.

Este muelle que se encuentra en el parador “Deja Vu” posee una longitud aproximada de 45 metros, la cual se va modificando a lo largo de los años, y un nivel de coronamiento aproximado de +4,00 metros respecto del cero del hidrómetro de Rosario.



Imagen 8. Muelles N° 3 (Parador entre “Deja Vú” y “Sudestada”) y N° 4 (Parador “Sudestada”). Imagen suministrada por el ENAPRO. Fecha 23/09/2020. Nivel hidrométrico de la fecha: +0,9 m.

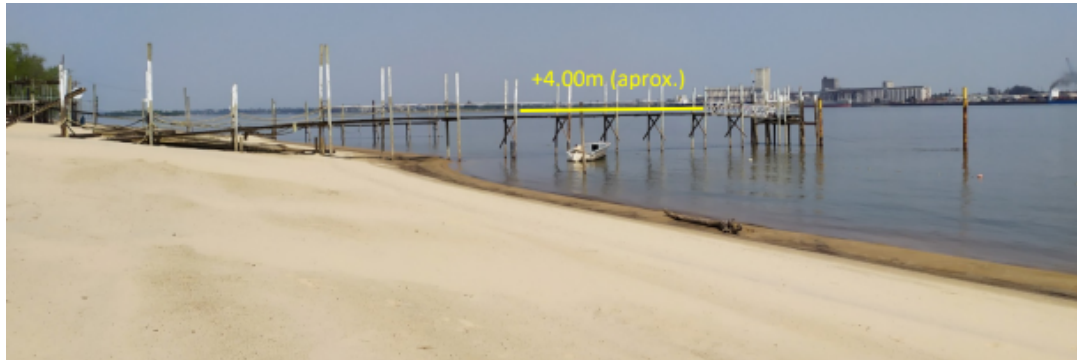


Imagen 9. Muelle N° 3 (Parador "Deja Vu" y "Sudestada"). Imagen suministrada por el ENAPRO. Fecha 23/09/2020. Nivel hidrométrico de la fecha: +0,9 m.

Respecto a los muelles perteneciente al parador "Deja Vu" y el parador "Sudestada" poseen ambos una longitud aproximada de 50 metros y un nivel de coronamiento aproximado de +4,00 metros respecto del cero del hidrómetro de Rosario. Cabe destacar por las imágenes satelitales que estas longitudes se van modificando según cómo varían los niveles del río.



Imagen 10. Muelle N° 4 (Parador "Sudestada"). Imagen suministrada por el ENAPRO. Fecha 23/09/2020. Nivel hidrométrico de la fecha: +0,9 m.

También se observan las Imágenes 11 y 12, donde se pueden apreciar como es el perfil de la playa, donde asciende rápidamente en altura.



Imagen 11. Fotografía del parador "Vladimir". Imagen suministrada por el ENAPRO. Fecha 23/09/2020. Nivel hidrométrico de la fecha: +0,9 m.



Imagen 12. Perfil de playa parador "Vladimir". Imagen suministrada por el ENAPRO. Fecha 23/09/2020. Nivel hidrométrico de la fecha: +0,9 m.

4.2. ANÁLISIS DE PASAJEROS

A partir de los datos suministrados por el ENAPRO correspondientes a las dos últimas temporadas estivales, se obtuvo la cantidad total de pasajeros embarcados con destino a la Isla Ing. Sabino Corsi.

Estos registros evidencian un incremento sostenido en la afluencia de visitantes, lo que refleja la creciente demanda de actividades recreativas y turísticas en la zona. Tal como se observa en la Figura 2, la cantidad de embarcados durante el verano 2024-2025 fue aproximadamente tres veces superior a la registrada en la temporada 2022-2023.

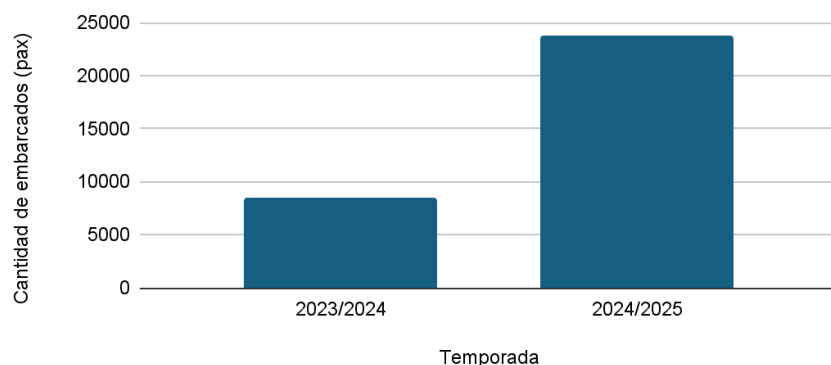


Figura 2. Embarcados por temporada. Información suministrada por el ENAPRO.

Asimismo, los datos disponibles, correspondientes a las dos últimas temporadas estivales, muestran que la mayor parte del movimiento de pasajeros hacia la Isla Ing. Sabino Corsi se concentra durante el período de verano, coincidiendo con el aumento de las actividades recreativas en la zona. Este comportamiento confirma la marcada estacionalidad del flujo de visitantes y refuerza la necesidad de contar con una infraestructura portuaria que permita atender adecuadamente la demanda durante los meses de mayor actividad, asegurando condiciones de seguridad, confort y eficiencia operativa para el embarque y desembarque.

El incremento en el número de embarcados pone de manifiesto la necesidad de mejorar la infraestructura de acceso y atraque, con el objetivo de optimizar la calidad del servicio ofrecido a los usuarios y fortalecer la seguridad durante las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros.

La mayoría de las embarcaciones parten desde la Terminal Fluvial de Rosario, administrada por el ENAPRO, la cual constituye el punto de conexión principal entre la ciudad y la Isla Ing. Sabino Corsi. En la Imagen 13 se muestra la ubicación relativa entre la Terminal Fluvial y la isla.



Imagen 13. Ubicación Terminal Fluvial e Isla Ing. Sabino Corsi. Fuente: Google Earth. Fecha 11/03/2025.

4.2.1. ACCESIBILIDAD

En cuanto a la accesibilidad a la Terminal Fluvial, se observa una infraestructura adecuada para el ingreso mediante vehículos particulares, motocicletas, bicicletas y tránsito peatonal, ver Imagen 14. No obstante, el acceso mediante transporte público urbano presenta ciertas limitaciones: las paradas de colectivos más cercanas se ubican a distancias que varían entre 500 y 1000 metros, tanto para el trayecto de ida como para el de retorno, ver Imagen 15.



Imagen 14. Red de ciclovías y biciesendas (en color rojo) y estaciones Mi Bici Tu Bici (denominadas E). Fuente: EMR³.

³ http://www.etr.gov.ar/mapa_tnm.php

4.3. BUQUE DE DISEÑO

Los buques que operarán en el muelle presentan diferentes características geométricas y operativas, por lo que se considera más de un buque de diseño para representar adecuadamente las condiciones de uso previstas. La selección de estos buques se basa en las dimensiones y tipologías de las embarcaciones que actualmente prestan servicios de transporte de pasajeros en la zona y las lanchas de particulares de dimensiones tipo.

Las dimensiones características de un buque tipo se observan en la Imagen 17 y comprenden la eslora máxima, que es la longitud total medida entre los puntos más extremos de proa (parte delantera) y popa (parte trasera), y la eslora de flotación, que corresponde a la longitud del casco en contacto con el agua. La manga máxima representa la mayor anchura del buque, mientras que la manga de flotación indica la anchura del casco a la línea de flotación. En sentido vertical, el puntal se define como la altura del casco desde el punto superior de la quilla hasta la cubierta principal, el calado como la distancia entre la quilla y la línea de flotación, y el francobordo como la distancia entre esa línea de flotación y la cubierta principal, reflejando la reserva de altura existente respecto al nivel del río, lo que contribuye a la seguridad del buque. En la Tabla 1 se muestran las dimensiones de los diferentes buques de diseño intervinientes en nuestro proyecto.

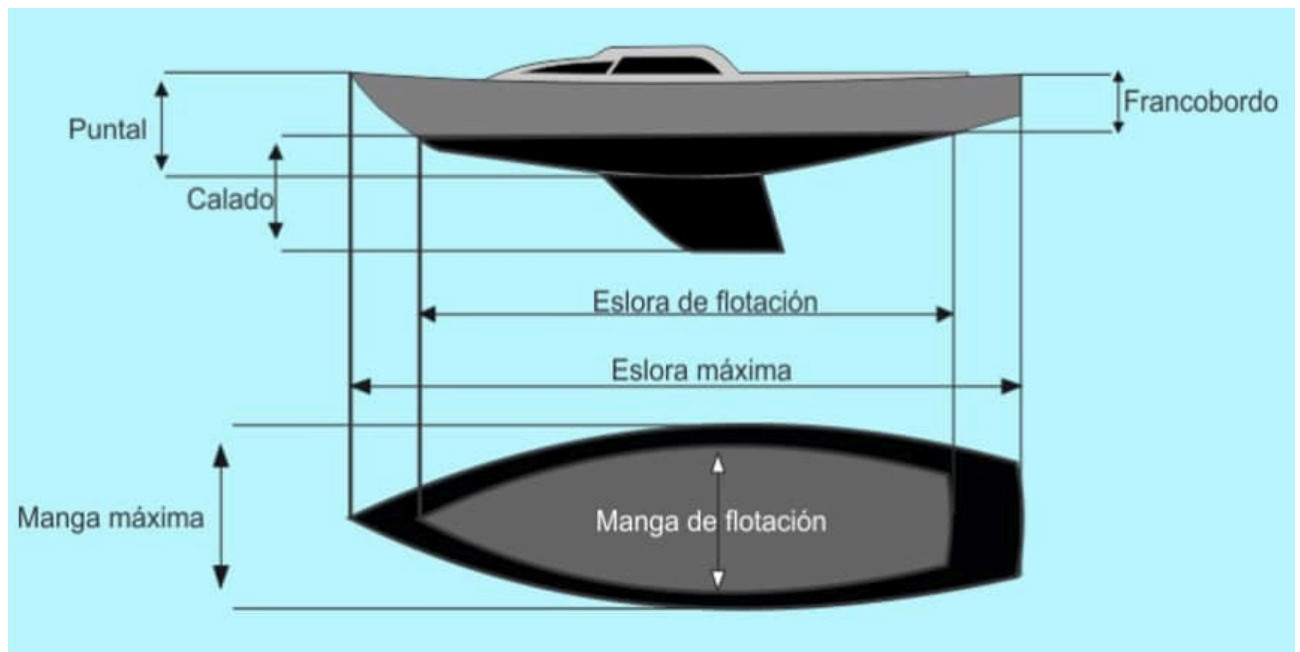


Imagen 17. Dimensiones terminología asociadas con una embarcación. Fuente: Sitio Web náutica formación.

Tabla 1. Resumen de los diferentes buques de diseños utilizados.

BUQUE	Catamarán	Barco de pasajeros	Lancha
Pasajeros	300	110	7
Tonelaje de Peso Muerto TPM	50	27	-
Eslora L	30,0 m	18,0 m	5,2 m
Manga B	5,5 m	4,4 m	2,1 m
Puntal P	3,0 m	3,0 m	0,9 m
Calado D	1,5 m	1,5 m	0,41 m (motor alto) 0,73 m (motor bajo)
Francobordo: Puntal-Calado en lastre	1,5 m	1,5 m	-

4.4. DISEÑO DEL MUELLE

4.4.1. NIVEL DE CORONAMIENTO

En primer lugar se define el Nivel de Coronamiento de un muelle como la altura superior final de la superestructura del muelle. Cabe destacar que se utiliza como referencia el nivel hidrométrico de Rosario y no la cota del sistema IGN, ya que al trabajar en el entorno del río es más conveniente este sistema de referencia, puesto que todos los valores son referenciados al nivel 0, el cual se encuentra en el Km. 416 de la costa de Rosario. Se puede observar en la Figura 3 lo descrito anteriormente.

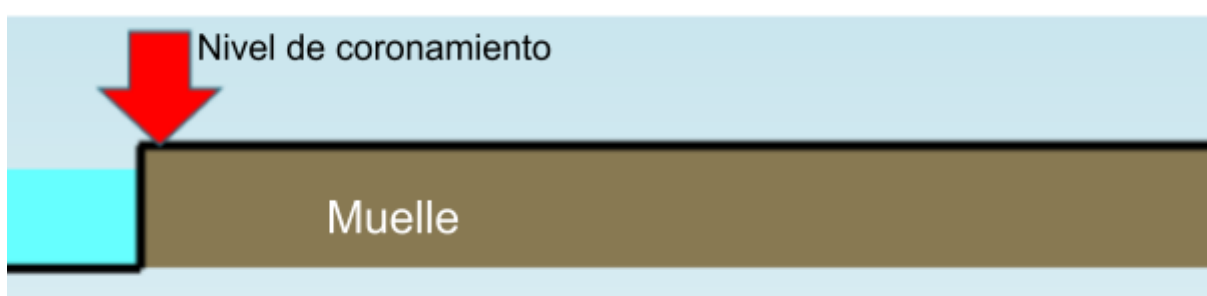


Figura 3. Esquema representativo del nivel de coronamiento. Fuente: Apunte de la Cátedra de Transporte II. UNR.

Uno de los aspectos básicos para definir el nivel de coronamiento del muelle es analizar el diagrama de niveles hidrométricos versus el porcentaje de tiempo de permanencia, Figura 4, denominada curva de duración de niveles hidrométricos. Dicha curva indica qué porcentaje del tiempo el nivel del río es igual o superior a un determinado valor.

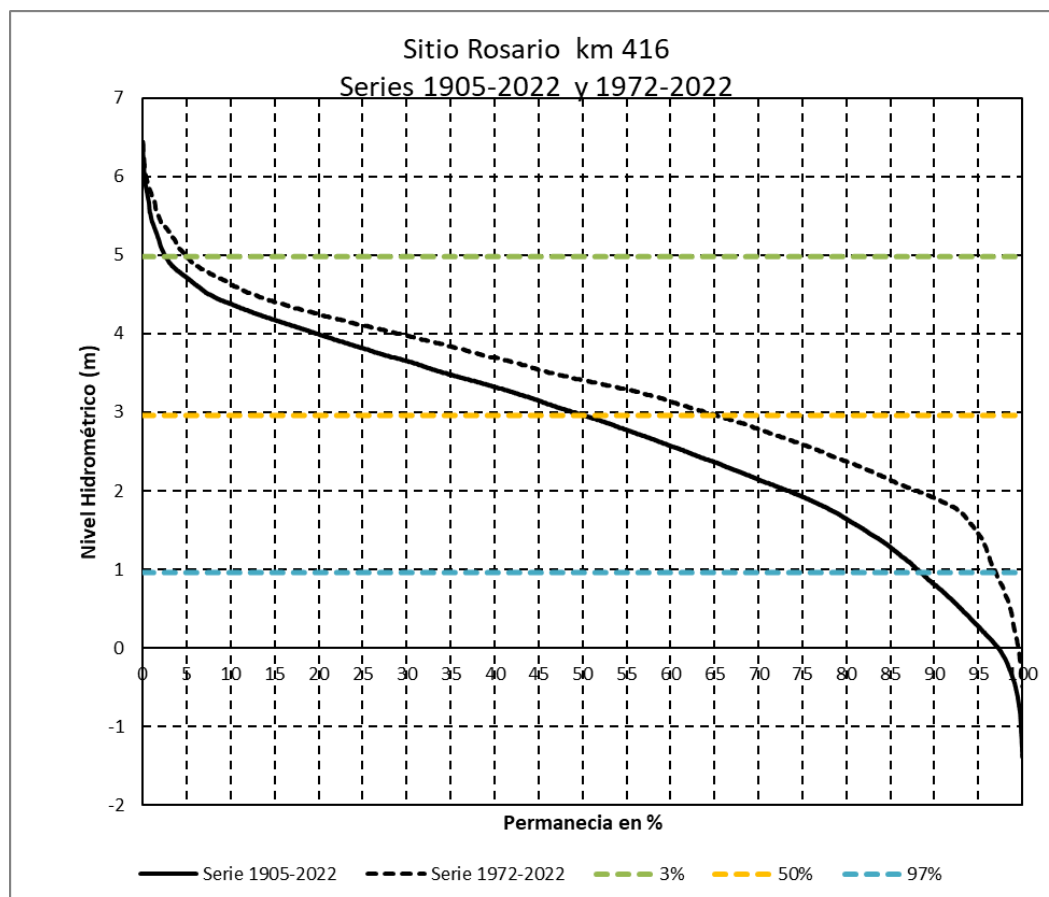


Figura 4. Curva de duración de niveles hidrométricos diarios (referidos al cero local) en Hidrómetro del Km. 416. Serie Completa 1905-2022. Provista por el Departamento de Hidráulica de la UNR.

La permanencia utilizada será de 5%, ya que nos resulta en una operatividad del muelle de 95%. Se considera una operatividad alta, consistente con la magnitud de una obra de infraestructura como esta, sin que resulte en un diseño muy exigente con sus componentes, tanto en el diseño planimétrico como estructuralmente. También que existe un punto de inflexión en dicha curva, donde es evidente que estos valores son extraordinarios.

El nivel hidrométrico asociado a dicha permanencia corresponde a +4,98 metros, y para simplificar se redondea a +5,00 metros, siendo este el punto de partida para el nivel de coronamiento del muelle. A esto se le debe sumar una revancha por el oleaje debido al viento y un espesor de paquete estructural.

Con respecto al oleaje debido al viento, se realizan los cálculos necesarios, considerando el embalsamiento provocado por el viento y el efecto de ola provocado también por el viento. El desarrollo de estos cálculos se encuentra en el [Anexo I "CÁLCULO DE REVANCHA DEBIDO AL VIENTO"](#).

Para estos cálculos se utiliza el apunte temático "Altura de la Presa /Revanchas"⁽¹⁾ redactado por la cátedra de Obras hidráulicas de FCEIA, siguiendo la metodología para la determinación de la revancha de coronamiento en presas y embalses. Cabe destacar que este cálculo se toma de manera conservadora puesto que el muelle tiene en realidad una determinada transparencia que resulta en un comportamiento

diferente, resultante en menor altura, que el comportamiento de una interposición tal como una presa o muro.

El embalsamiento producido por el efecto del viento es de 0,10 metros y el efecto generado por consecuencia de la formación de la ola provocada por el viento es de 0,80 metros. Resulta como valor de revancha debido a este fenómeno un resultado de 0,90 metros adicionales.

En cuanto al paquete estructural, el cual será analizado más adelante, se tiene una primera estimación de 0,50 metros.

$$\begin{aligned} \text{Nivel de coronamiento muelle} &= 5,00 \text{ m} + h_1 + h_2 + P.E. = \\ &= 5,00 \text{ m} + 0,10 \text{ m} + 0,80 \text{ m} + 0,50 \text{ m} = + 6,40 \text{ m} \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta el nivel hidrométrico, revancha del oleaje y el paquete estructural, el nivel de coronamiento del muelle es de + 6,40 metros.

4.4.2. UBICACIÓN

Para la definición de la ubicación del muelle se analiza sobre qué brazo es más conveniente el emplazamiento del mismo. Ubicarlo en la costa sobre el canal principal sería de mayor conveniencia, ya que las embarcaciones tendrían menores recorridos hacia la Isla. Además se encuentra el mayor desarrollo de paradores, los cuales fueron asentándose en dicha costa dado que tiene un trayecto más directo, siendo desde el punto de vista logístico de mayor conveniencia. A esto se le suma que en ese lado de la costa se tiene la mayor superficie de playas formadas de manera natural, y mantenida por el hombre, que posee la isla, lo descrito se muestra en la Imagen 18, siendo en definitiva lo que la hace más atractiva frente al otro brazo.



Imagen 18. Análisis de emplazamiento Costa oeste-este. Fuente: Google Earth. Fecha 11/03/2025.

Además, se visualiza que ubicar el muelle en la costa este de la isla sería un condicionante para los visitantes, ya que, los pasajeros una vez en tierra firme deberían recorrer una distancia considerable dentro de la misma para ir desde una costa hacia otra para acceder a los paradores, sumado a que cuando hay períodos de crecidas se obstaculiza la circulación debido a la formación de espejos de agua dentro de la misma, incluyendo también la vegetación de la isla, como se observa en la Imagen 19. Además, del lado este existe el asentamiento de viviendas precarias, lo cual sería de cierto modo invasivo para los residentes de la isla.



Imagen 19. Obstáculos dentro de la isla-este. Fuente: Google Earth. Fecha 16/01/2010.

Desde el punto de vista hidráulico, otro condicionante a analizar son las velocidades del flujo en ambas costas, como guía para el análisis de las misma se utiliza el Informe Técnico “*Estudio de modelación hidrodinámica en tramo del río Paraná entre km 452 a km 405*” (Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales [CURIHAM], 2023), en el cual se analizan diferentes escenarios de permanencia, siendo el brazo este el canal con mayores velocidades, lo cual genera mayores erosiones en el lecho y puede condicionar en un futuro a los cimientos.

Concluyendo con todos los aspectos mencionados, el brazo donde es más conveniente emplazar el muelle resulta ser el oeste, coincidente con el canal de navegación.

Una vez definida la costa oeste, se analiza dentro de ella el desarrollo norte-sur. En cuanto a la parte sur de la isla, se puede notar que la costa se encuentra con una mayor densidad de vegetación y poca superficie cubierta de arena para una estadía placentera de los usuarios que quieren pasar el día allí, mientras que en la parte norte se encuentra una mayor superficie de playas y mayor densificación de paradores, por estar más cerca del puerto de salida. Es por esto que también se descarta la opción de ubicar el muelle en la parte sur de la isla.

Por último, para definir la ubicación exacta del muelle se evalúa la batimetría del lugar de implantación, considerando que en la parte norte se encuentra un denominado “banco de arena”, como se puede ver en la Imagen 20, obtenida de Google Earth en la fecha cercana al pico de la bajante del Río Paraná en período 2020-2022. El banco de arena genera playas naturales atractivas al usuario pero genera depósitos en el lecho, que resultan en menores profundidades del nivel de agua. Para la elección de la zona de emplazamiento del muelle se debe tener en cuenta que se tenga el calado suficiente para la embarcación de diseño.

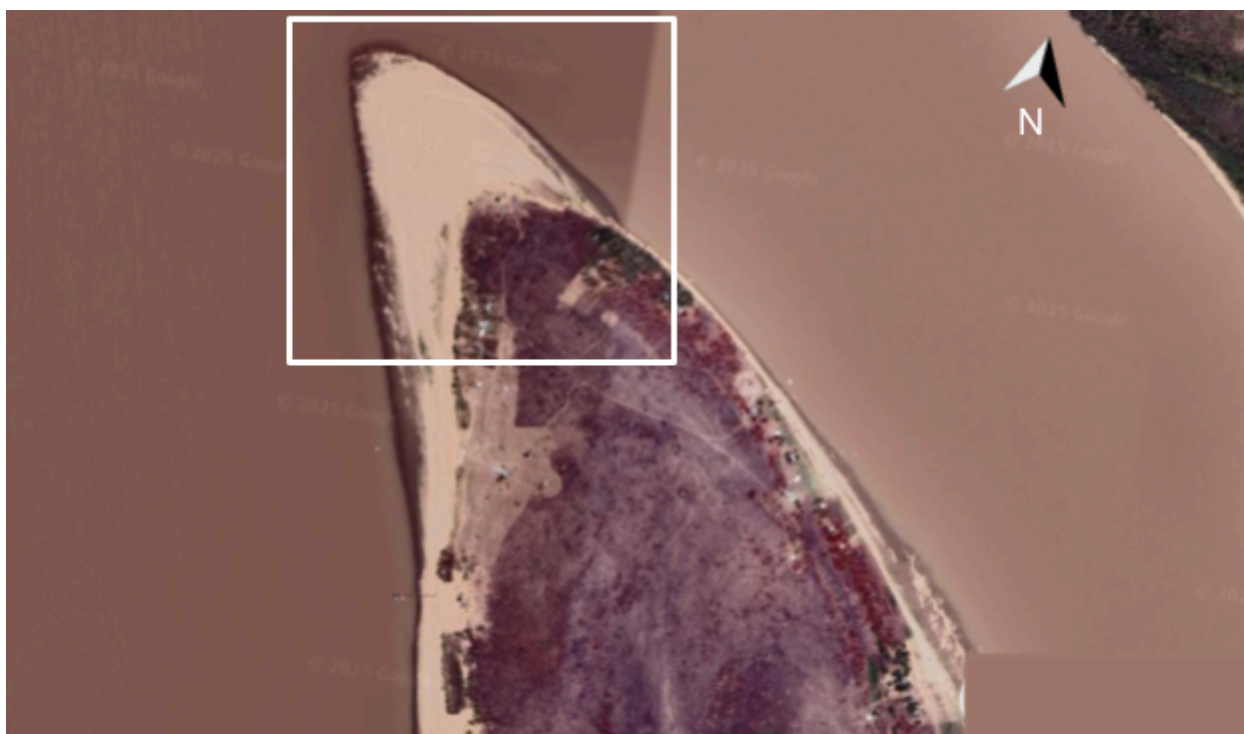


Imagen 20. Banco emergente en la bajante. Fuente: Google Earth. Fecha 13/01/2022.

Se analiza la batimetría proporcionada por el Ente Administrador Puerto Rosario (ENAPRO), correspondiente al Relevamiento topobatimétrico Isla Sabino Corsi, ver [Anexo II “RELEVAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO ISLA SABINO CORSI”](#), donde se realizan las siguientes consideraciones:

En la parte norte de la zona relevada, la cual se corresponde con el banco de arena de la Imagen 20, los niveles del lecho del río se encuentran por encima de los niveles de la parte sur. Con el fin de no requerir una gran longitud de muelle para lograr una profundidad tal que permita el atraque de embarcaciones de mayores calados, y evitar el futuro mantenimiento de las profundidades del lecho con un constante

dragado, se propone evitar la construcción del muelle en la parte norte de la isla. Por tal motivo, la ubicación del muelle se propone en la parte sur del banco de arena.

Por último, más hacia el extremo sur, en esta área se alcanza una profundidad de -2,00 metros de manera más rápida, lo que también podría representar una ventaja en términos de accesibilidad para todo tipo de embarcaciones.

Se define entonces la ubicación del muelle en las coordenadas $32^{\circ}57'58.97''S$ $60^{\circ}36'11.44''O$, como se observa en la Imagen 21.



Imagen 21. Ubicación del muelle propuesto. Fuente: Google Earth. Fecha 11/03/2025.

4.4.3. DISEÑO PLANIMÉTRICO Y ESTRUCTURAL

La orientación y forma estructural se definen en función de la dirección de la corriente del río y en cómo estas van a influir a la hora de atracar las embarcaciones. Se busca que los atraques se puedan realizar de forma paralela a las corrientes del río, pero al mismo tiempo que esta parte se encuentre alejada de la costa para que tenga una mayor profundidad de calado.

Resulta fundamental garantizar una permanencia segura de los barcos en el muelle, facilitando la accesibilidad de sus usuarios. La configuración física del amarre debe permitir el máximo aprovechamiento del espacio disponible para las flotas.

Se adopta entonces un muelle en forma de “T” de configuración mixta, es decir, integrado por un muelle fijo, cuyo eje sea perpendicular a la corriente y un muelle flotante, paralelo a la corriente, para el embarque y desembarque de pasajeros en el extremo del muelle fijo, denominado “pontón”. En la Figura 5 se observa en rojo el pontón flotante y en violeta el muelle fijo.

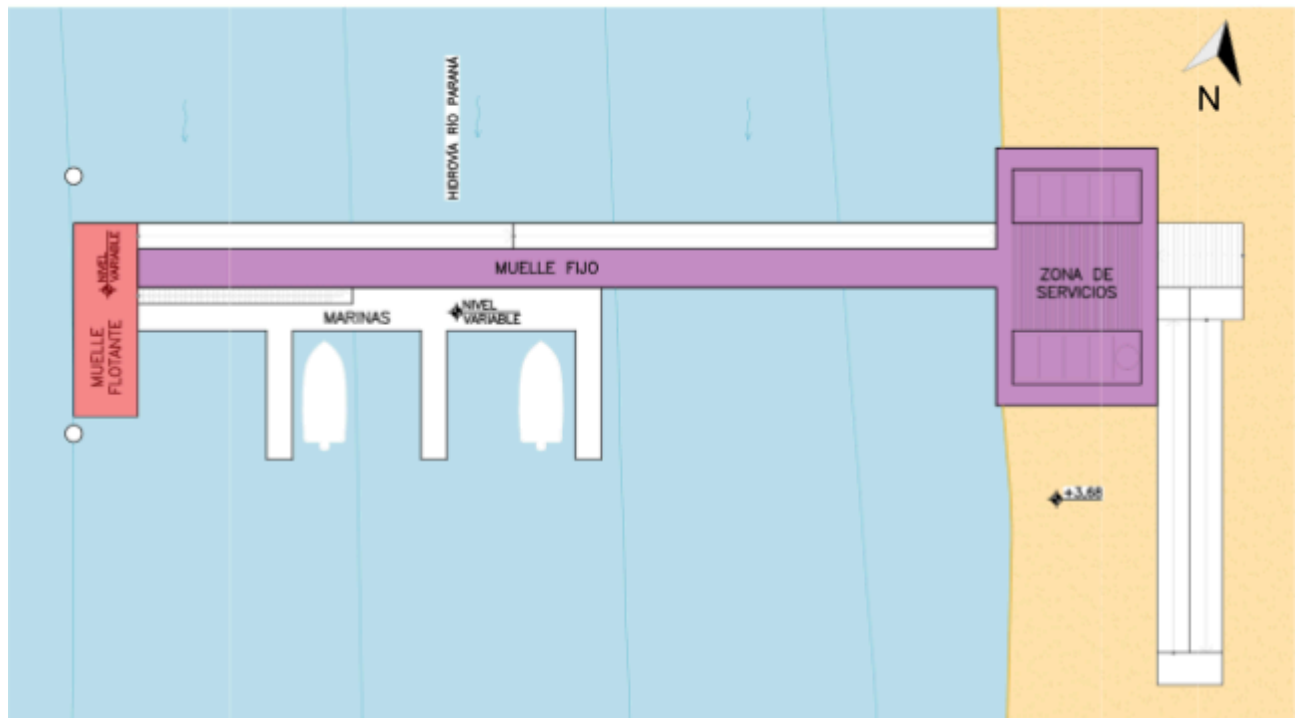


Figura 5. Esquema del muelle a nivel hidrométrico +3,50 m. Fuente: Elaboración propia.

Se opta por un pontón flotante para que este acompañe las fluctuaciones de los niveles del río, ya que es una estructura construida sobre flotadores, los cuales permiten movimientos verticales, y que se utiliza para el embarque y desembarque de los pasajeros, permitiendo acceder a ellas a pie.

A esta configuración se le suma un muelle flotante, que es paralelo al fijo, denominado “marina”, la cual sirve como obra de amarre para embarcaciones de menor porte, tales como lanchas. La plataforma flotante se ubica del lado sur del muelle fijo, es decir, aguas abajo, ya que de lo contrario la corriente del río Paraná estaría afectando al posicionamiento de las embarcaciones amarradas, y las estaría empujando hacia los flotantes. En cambio del lado sur, estas embarcaciones quedan “a la deriva” de la corriente y no se producen colisiones con las marinas y entre sí. Las marinas tienen la misma tecnología que los pontones flotantes y su posición puede ser fácilmente modificada. Se puede ver su forma y su integración con la estructura principal en la Figura 6, en verde las marinas y en amarillo la escalera, descritas más adelante.

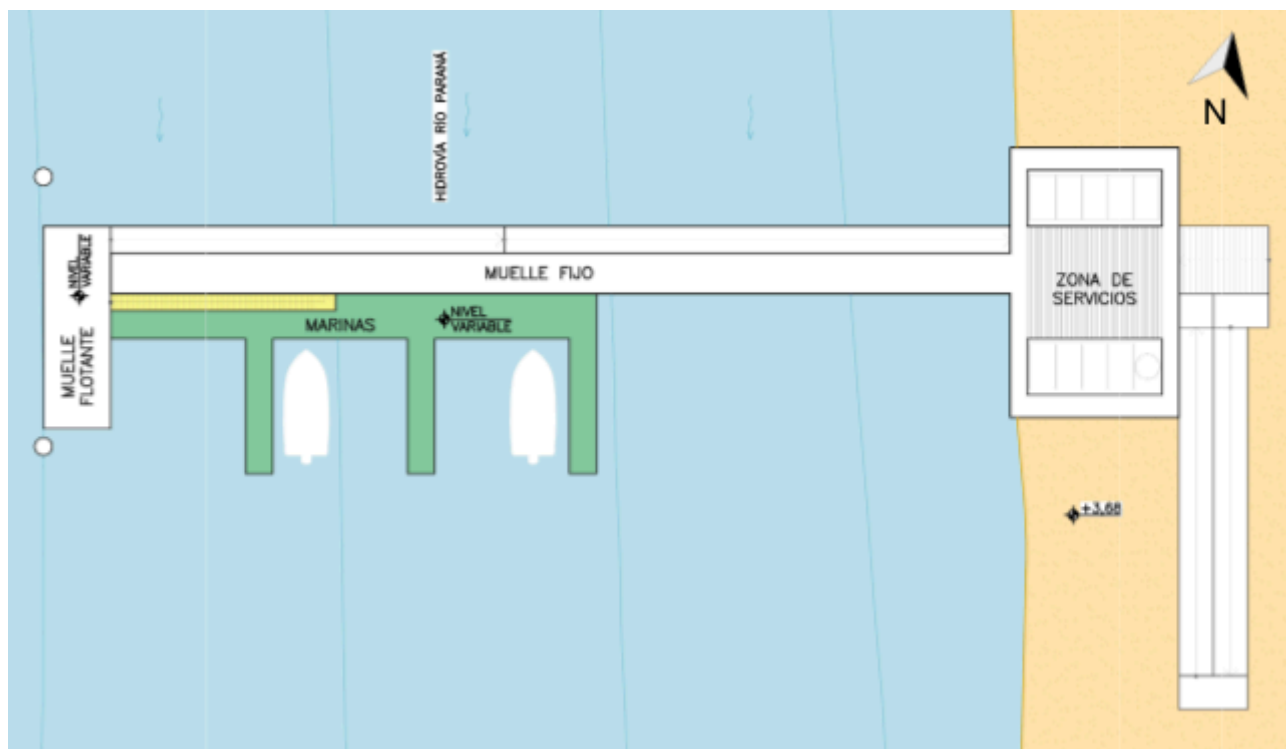


Figura 6. Esquema del muelle a nivel hidrométrico +3,50 m. Fuente: Elaboración propia.

Como complemento para las marinas, se proponen brazos flotantes denominados “fingers”, que son pequeños pantalanés flotantes que sobresalen del pantalán principal para el ascenso y descenso de pasajeros. Los fingers, en el extremo, se unen a la plataforma principal con un ensanche de forma trapezoidal, como se observa en la Imagen 22.



Imagen 22. Muelle de pontón de fingers de aluminio. Fuente: panaweb.com.

El amarre de la plataforma flotante se consigue mediante el guiado desde estructuras fijas, como los pilotes del muelle fijo, al ser necesario por requerimientos operativos la máxima limitación de movimientos. La disposición del amarre a estos pilotes que actúan como guiado se observa en la Figura 7 recuperada de las *Recomendaciones de Obras Marítimas 2.0-11 - Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atrque y Amarre* (ROM, Puertos del Estado, España, 2012)⁽³⁾.

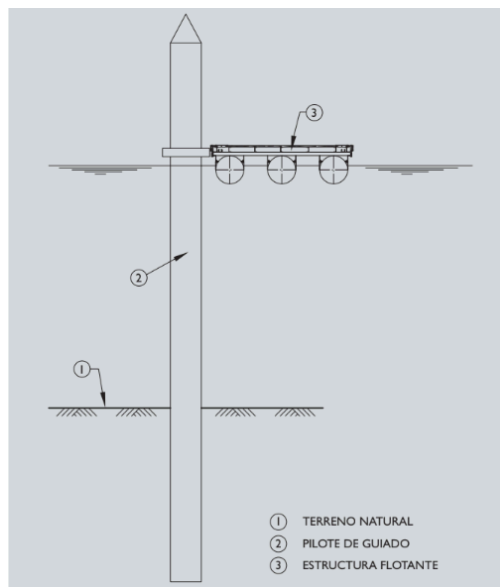


Figura 7. Obra de atraque y amarre flotante. Pantalán. Sección tipo. Fuente: ROM 2.0-11.

Entre la plataforma fija, el pontón flotante y las marinas, se decide colocar como transición una escalera lateral que está fijada en la parte lateral sur del muelle fijo, paralela a las marinas.

La escalera es prefabricada de hormigón armado, para que sea más duradera y robusta ante los efectos ambientales. A continuación se muestra en la Imagen 23 cómo es su diseño.



Imagen 23. Escalera de hormigón. Fuente: Imagen generada mediante inteligencia artificial.

Se adiciona, también, como conexión entre la parte fija y el pontón flotante, una rampa de acceso ubicada de forma paralela al lateral norte de la plataforma fija, cuya pendiente depende de la altura a salvar según los niveles del agua, y de la longitud de la misma. Se puede observar en naranja en la Figura 8.

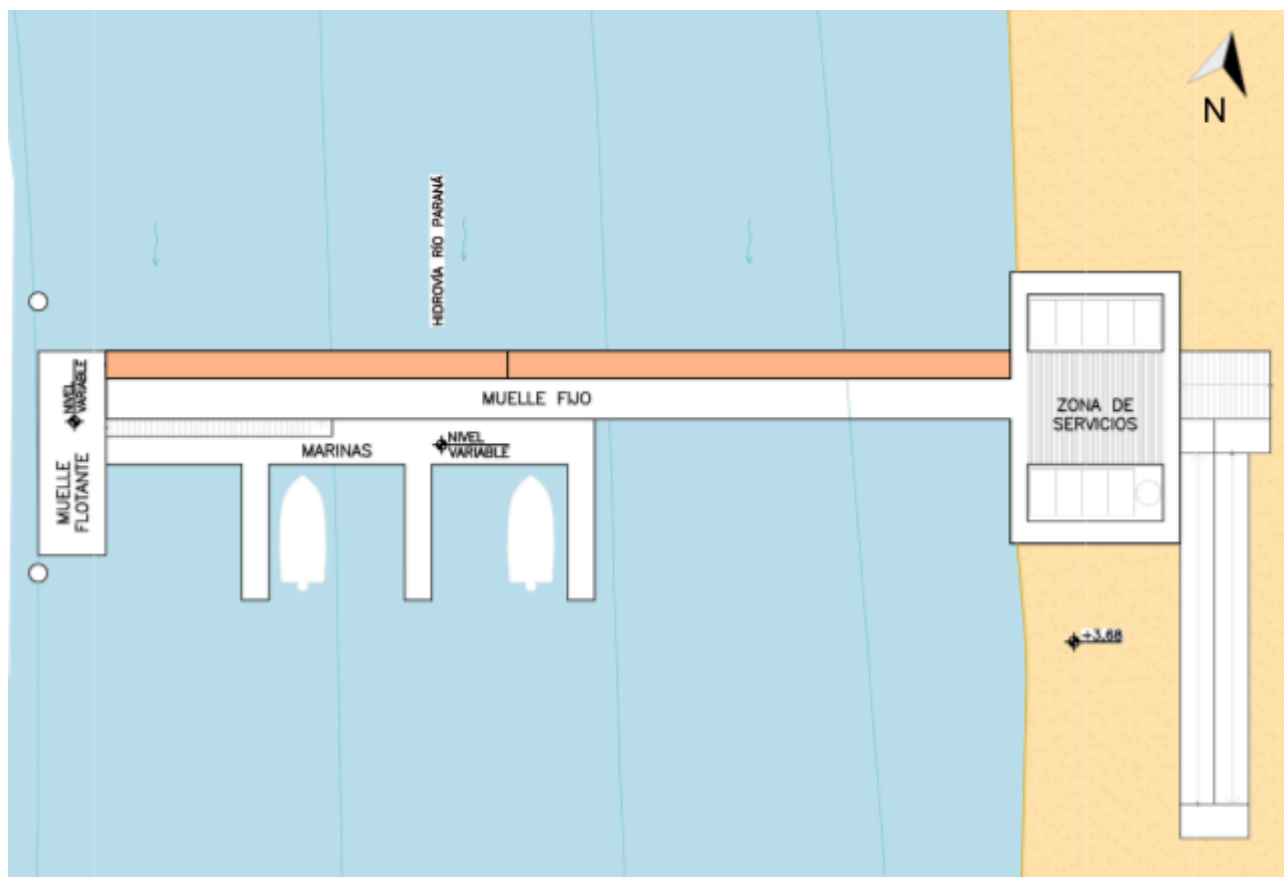


Figura 8. Esquema del muelle a nivel hidrométrico +3,50 m. Fuente: Elaboración propia.

Para el acceso del muelle a la isla, se cuenta con una rampa secundaria y una escalera, ambas de madera, que conectan al muelle con la isla desde el área de servicios, salvando la diferencia entre el nivel de coronamiento del muelle y el nivel de la isla en dicha progresiva.

Por último, el tablero del muelle fijo apoya sobre vigas que apoyan sobre pilotes. Se adoptan fundaciones profundas ya que nos permiten transmitir las cargas a capas profundas resistentes, asegurar la capacidad axial y lateral necesaria frente a corrientes y empujes, y mantener un empotramiento útil por debajo de la máxima profundidad de erosión.

4.4.3.1. PLATAFORMA FIJA

La plataforma fija constituye la estructura principal del muelle. Está compuesta por tableros apoyados en vigas apoyadas directamente sobre pilotes. Su diseño lo determina el nivel de coronamiento, el ancho y el largo. Este último está condicionado por el mínimo nivel del río, ya que es necesario asegurar el calado mínimo para los buques de diseño.

Para determinar la profundidad mínima que se debe alcanzar para asegurar el calado mínimo, se analizan los niveles de agua de dos períodos, uno considerando los meses de mayor operatividad, desde Octubre hasta Marzo, y el otro período es el año completo. Los datos se muestran en la Tabla 2, observando los distintos niveles hidrométricos según los porcentajes de permanencia. Los resultados fueron procesados con la información provista por el Departamento de Hidráulica de la UNR.

Tabla 2. Permanencia de niveles en temporada estival. Datos provistos por el Departamento de Hidráulica de la UNR.

Mes	Permanencia		
	90%	50%	5%
Periodo Octubre-Marzo	1,92 m	3,38 m	5,02 m
Periodo Completo	1,91 m	3,41 m	4,98 m

Dada la poca diferencia entre niveles se toma el nivel del período completo, resultando un nivel mínimo del río +1,91 metros, correspondiente a una operatividad del 90%. Se considera una operatividad alta, consistente con la magnitud de una obra de infraestructura como esta, sin que resulte en un diseño muy exigente con sus componentes, tanto en el diseño planimétrico como estructuralmente.

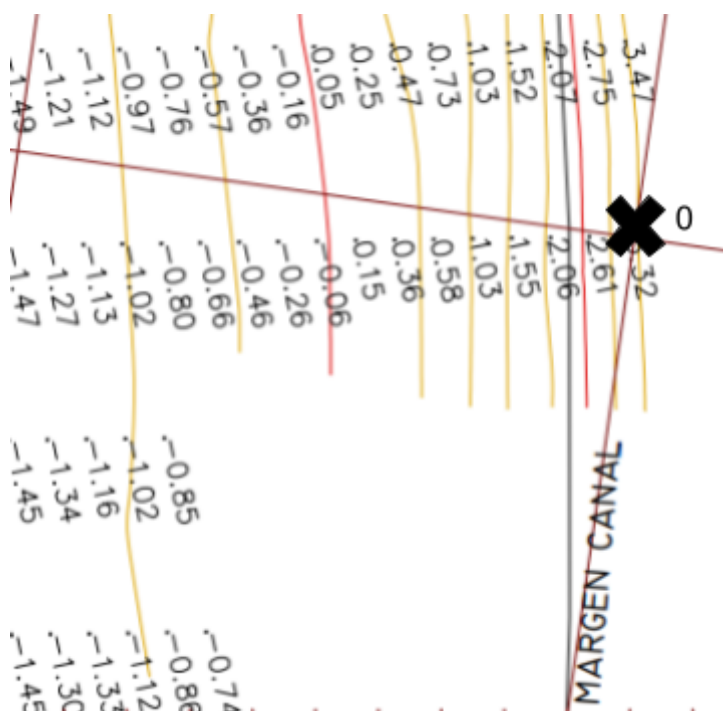
Por recomendación de los asesores, para el calado de atraque se considera un resguardo de 1 pie. Se obtiene entonces, del buque de diseño, un calado estático del buque de 1,5 metros. Por lo que resulta en un calado necesario de 1,80 metros para el diseño.

Una vez definido el nivel mínimo del período analizado, se busca determinar la longitud necesaria del muelle para el calado determinado. En el [Anexo III "LONGITUD DEL MUELLE"](#) se realiza el cálculo de la profundidad en cada progresiva para obtener dicha longitud.

Inicialmente, se consideraron las recomendaciones de la ROM 2.0, resultando en un calado de atraque de 2,55 metros. El cálculo de este diseño del muelle utilizando dicho calado de atraque también se encuentra en el Anexo III. Se descartó usar el calado sugerido, ya que las recomendaciones de la ROM 2.0 son para obras marítimas en España, y si bien sirven para tomar como referencia, resulta un calado muy exigente puesto que estamos en un ambiente fluvial en vez de marítimo y que en la práctica en el Río Paraná no se dejan calados de resguardo tan profundos.

Finalmente, se concluye que es necesario alcanzar la progresiva 40, donde los calados de atraque son iguales o mayores que 1,80 metros con una permanencia del 90%. Dicha operatividad fue seleccionada debido al comportamiento de la batimetría de la zona, y considerando que el resto de los días que no se encuentre operativo para un calado de 1,80 metros, se puede acceder con embarcaciones de menor porte para poder mantener su operatividad.

Para determinar el punto de implantación de la plataforma fija en la isla, se utiliza como referencia, a partir de la batimetría, que el primer dato del nivel del lecho en la franja donde va estar emplazado el muelle es el punto de referencia. En la Figura 9 se indica la zona del relevamiento de la batimetría, mientras que en la Figura 10 se observa lo mencionado respecto al 0 de referencia.



Una vez realizada la determinación de la longitud, se definen las demás dimensiones del mismo, donde se adopta un ancho de la plataforma fija de 1,80 metros y de la rampa adyacente 1,2 metros.

El muelle fijo se une con el suelo de la isla a través de rampas secundarias que tienen 17 metros de largo y 1,5 metros de ancho. Se considera que se debe salvar una altura aproximada de 2,8 metros,

diferencia entre los 6,4 metros del nivel de coronamiento del muelle y los 3,6 metros del nivel más bajo de la isla en ese sector.

4.4.3.2. PLATAFORMA FLOTANTE

Para el pantalán flotante se adoptan las dimensiones en función de las medidas comerciales según el material elegido, en este caso de hormigón armado. Los materiales adoptados en el muelle flotante se fundamentaron en la información contenida en el catálogo de la empresa portuguesa Lindley⁴, se puede consultar el catálogo en el [Anexo VII “CATÁLOGOS”](#). En el catálogo se encuentran medidas comerciales de entre 2,4 metros a 5 metros de ancho y longitudes de 9 metros, 12 metros, 15 metros hasta 20 metros inclusive. En este caso, se opta por medidas de un ancho de 3 metros, una altura de 1,4 metros y una longitud de 9 metros, ya que son suficientes para cumplir su función. La plataforma flotante, como se vio anteriormente, se vincula con el muelle fijo mediante una rampa de acceso.

Se opta por una rampa fija y una móvil ya que la longitud de una rampa solo móvil sería muy elevada y la misma se deformaría por su propio peso. Por otro lado, el pontón recibiría un peso tal que lo hundiría cuando la pendiente fuera muy elevada. Se disminuye así la longitud y la altura a salvar de la rampa móvil.

La parte fija de la rampa principal comienza a un nivel +6,40 metros (nivel de coronamiento) y llega hasta el nivel +4,15 metros del nivel del río, salvando una altura de 2,25 metros. Tiene una longitud de 22,5 metros y un ancho de 1,2 metros con una pendiente del 10%. Se considera que la pendiente de la rampa no supere el 10% para asegurar la accesibilidad de las personas con movilidad reducida, según lo que indica el *Nuevo Reglamento de Edificación de la Ciudad de Rosario* (Municipalidad de Rosario, 2021).

La parte móvil de la rampa tiene 17,5 metros de largo, 1,2 metros de ancho y salva una altura de 1,64 metros, entre el nivel de +4,15 metros y +1,91 metros, considerando además los 60 centímetros de francobordo de la plataforma flotante, por lo que la pendiente de esta rampa es de máximo 9% para lograr una operatividad del 90%, igual a la del muelle. La pendiente resulta menor que la pendiente de 10% para asegurar la accesibilidad para personas con movilidad reducida. Cuando el nivel de agua sea mayor a 4,15 metros, para que la rampa móvil que es metálica nunca quede sumergida, se propone que tenga flotadores en la parte inferior que acompañen el movimiento del nivel del río. Se propone de material de aluminio para que tenga un bajo peso propio, como se muestra en la Imagen 24.

⁴ lindley.pt/es



Imagen 24. Rampa móvil. Fuente: Sitio web Horizon-marina⁵.

Además de la rampa, se coloca una escalera para el acceso al muelle desde las marinas. Para el diseño se adopta una operatividad del 100%. Teniendo en cuenta el nivel de coronamiento del muelle de +6,40 metros y el nivel mínimo minimorum del río de -0,49 metros, la altura máxima a salvar es de 6,89 metros, es por eso que la escalera tiene 10 metros de largo con una huella de 0,25 metros y 0,18 metros de contrahuella, a excepción del último escalón que tiene una huella de 1 metro de ancho para girar. Se adopta como ancho el mínimo exigible de 0,75 metros.

Tanto las rampas como la escalera, se apoyan sobre vigas ménsulas de hormigón armado empotradas a los pilotes adyacentes.

4.4.4. MARINAS

Las embarcaciones náutico-deportivas suelen atracar de punta en los muelles flotantes. El amarre se realiza en las cornamusas, ubicadas en el propio muelle/pantalán y en los elementos auxiliares de amarre (fingers), como se observa en la Figura 11.

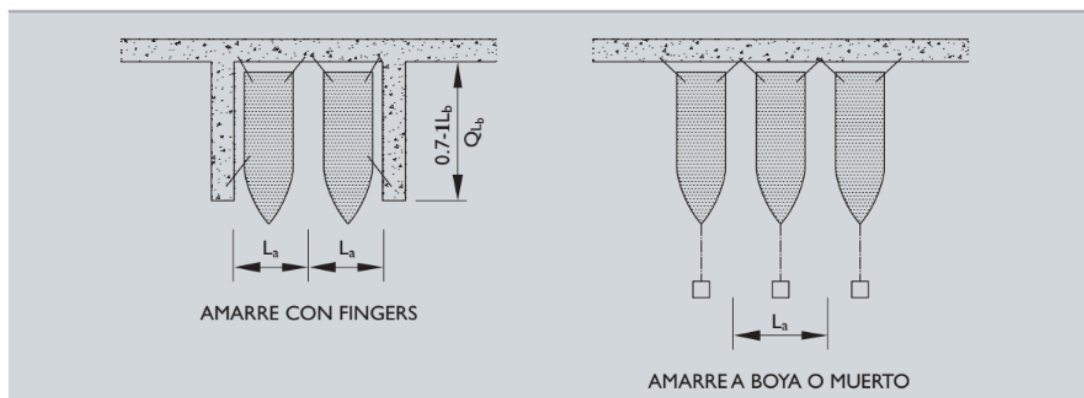


Figura 11. Longitud de la línea de atraque ocupada por una embarcación deportiva atracada de punta. Fuente: ROM 2.0-11.

⁵ es.horizon-marina.com

El sistema de marinas se extiende desde la progresiva 18,4 hasta la progresiva 40. Las unidades son modulares, con longitudes típicas de 4 a 12 metros, construidas en dimensiones ajustadas al muelle, con un ancho variable entre 0,6 metros y 1,2 metros. La longitud de línea de atraque ocupada depende de la manga del buque tipo y de los “clareos” o espacios libres entre barcos, cuya misión es la de permitir las maniobras de atraque/desatraque con facilidad y seguridad y la colocación de pequeñas defensas entre barcos y entre barcos y fingers, en su caso.

Por otro lado, la decisión de iniciar las marinas en la progresiva 18,4 se debe a que esta posición corresponde a un nivel del lecho de 1,19 metros, lo que para la lancha de diseño de calado 0,73 metros con motor bajo y un resguardo de un pie, exige un nivel del río de 2,22 metros, correspondiente a una operatividad del 83% para la lancha amarrada más cerca de la isla; si la lancha amarra con calado de motor alto, la operatividad asciende a 90%, igual que la operatividad del muelle. Si los niveles del río son menores a 1,91 metros, que es el nivel de diseño, las marinas reposan sobre el lecho del río.

La distancia entre fingers queda determinada por la longitud de atraque. Como se observa en Figura 10, la longitud de línea de atraque (L_a) que se asigna a cada embarcación suele oscilar entre 1,15 y 1,25 veces la manga del buque y la longitud de los fingers entre 0,7 y 1 vez la eslora del buque.

$$L_a = 2,5 m. 1,2 = 3 m \text{ y } Q_{lb} = 5,2 m. 0,7 = 3,64 m$$

Por tanto, se adopta una distancia interna entre fingers igual a 6 metros para un aproximado de 2 lanchas comerciales según sus mangas, siendo así la longitud de las marinas de 21,6 metros, contando con 3 fingers de 6 metros de largo y 1,2 metros de ancho, para esloras de lanchas tipo.

4.4.5. DUQUES DE ALBA

Los duques de alba, o “Dolphins”, corresponden a estructuras exentas y separadas de la costa que se utilizan como puntos fijos de atraque, de amarre, y de ayuda a las maniobras de atraque. La embarcación se sujeta al duque de alba de amarre a través de una cuerda. Dependiendo del objetivo y sistema de apoyo, los duques de alba pueden ser rígidos o flexibles. Consisten generalmente en un cajón de hormigón apoyado sobre una columna (flexibles) o sobre un grupo de pilotes (rígidos) enterrados a una cierta profundidad bajo el lecho. También, su función es resistir el impacto de naves atracadas y resistir el tirón de los cabos de amarre. La ubicación de los mismos se observa en la Figura 12, indicados en color rojo.

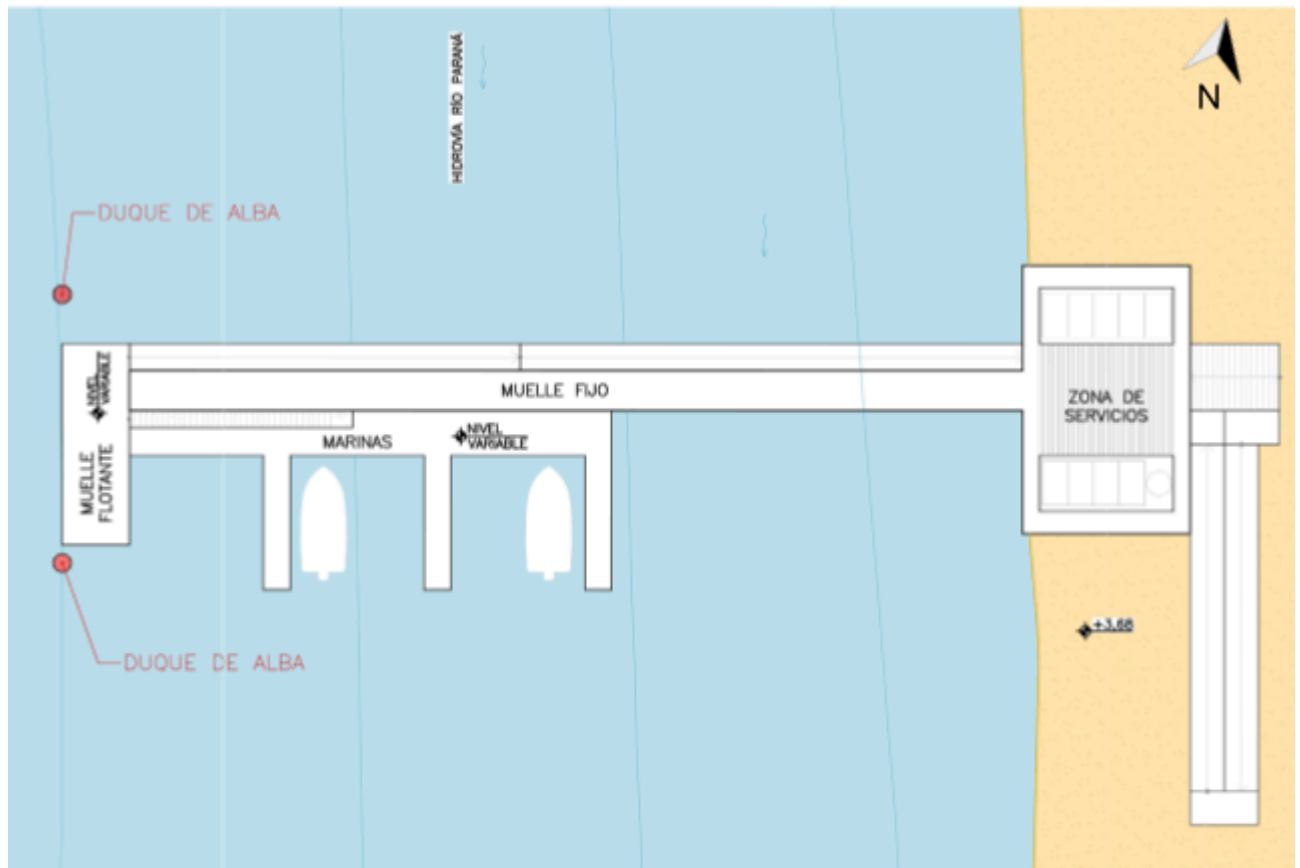


Figura 12. Duques de alba, muelle a nivel hidrométrico +3,50 m. Fuente: elaboración propia.

Los dos duques de alba están compuestos por grupos de pilotes prefabricados e hincados. Cada duque de alba está compuesto por tres pilotes de diámetro 0,4 metros, que se encuentran unidos a un cabezal, a nivel inferior al lecho, que sirve como apoyo de la columna de diámetro de 0,8 metros que resiste la carga de impacto del atraque del buque.

4.4.6. DEFENSAS

El sistema de defensas es la interfaz entre el buque y la estructura de atraque. Durante el atraque de una embarcación, el sistema de defensas está destinado a actuar como un amortiguador para absorber y disipar la energía del impacto de la nave sin causar daños permanentes en el buque o en la estructura de atraque. Cuando un buque es atracado frente a muelles relativamente rígidos, la protección de la nave es una función crítica. Pero cuando los buques son atracados contra muelles de pilotes, embarcaderos y pilotes dolphins (que son relativamente flexibles), la protección de la estructura es la preocupación más grave.

Una vez que el buque está atracado con éxito y amarrado a la instalación en tierra, el sistema de defensas sigue ofreciendo la interfaz entre el buque y tierra, y transmite las cargas ambientales (viento, olas y corrientes) que actúan sobre el barco a la estructura.

En las columnas que cumplen su función como duque de alba de atraque, se colocan defensas de tipo botazos de sección D de 200 x 200 mm de caucho de 6 metros de largo para absorber la energía de atraque, ver Imagen 25.



Imagen 25. Defensas tipo botazos. Fuente: Inbelt, Hoja Técnica.

Los muelles flotantes incorporan defensas en todo su perímetro con el fin de proteger tanto a las embarcaciones como a la propia estructura. Estas defensas actúan como un sistema de amortiguación que evita que los cascos de los barcos impacten directamente contra el muelle durante las maniobras de atraque o ante movimientos producidos por el viento, las olas o las corrientes. De este modo, se reducen daños, se prolonga la vida útil del muelle y se mejora la seguridad de las operaciones, ya que las defensas permiten realizar maniobras con mayor control y menor riesgo. Además, al encontrarse instaladas en un muelle flotante, acompañan los cambios de nivel del agua, garantizando protección constante a la altura adecuada. Los materiales y formas de estas defensas dependen de los materiales y altura de los pontones.

4.5. MATERIALIDADES

Se propone una plataforma fija con elementos estructurales de hormigón prefabricado en conjunto con elementos de madera. Las vigas y los pilotes de fundación son de hormigón armado prefabricado, mientras que el tablero del muelle es de madera, el cual se apoya en tirantes sobre las vigas prefabricadas. La madera seleccionada para los tablones es de Pino Elliotis cepillado tratado con CCA (Cobre, Cromo y Arsénico), ya que es una madera impregnada con químicos preservantes para resistir hongos, insectos y humedad, lo que la vuelve resistente, duradera y segura para proyectos en exteriores. Se muestra en la Imagen 26.



Imagen 26. Madera de Pino Elliotis. Fuente: Don Américo.

Los pilotes de guiado al cual se amarra la plataforma flotante son los mismos pilotes sobre los que se encuentra apoyado el muelle fijo. El sistema de amarre se genera a través de anillas para pilotes, el cual

está formado por un anillo que envuelve al pilote, fijando así a la plataforma flotante y acompañándola en las variaciones del río, como se observa en la Imagen 27.



Imagen 27. Anillas para pilotes. Fuente: Catálogo Equipamiento Flotante Lindley.

La determinación de la plataforma flotante se divide entre los materiales que constituyen la estructura flotante y los materiales de la superficie. Para garantizar la flotabilidad, se utilizan bloques huecos de hormigón marítimo con densidad 45 N/mm^2 , estanco, reforzado con armadura y malla de acero galvanizado, rellenos de poliestireno expandido con densidad de 15 kg/m^3 y suelo de madera resistente al agua. Tienen un francobordo medio de 60 centímetros y un calado medio de 80 centímetros. Se opta por pontones de hormigón, ver Imagen 28, ya que son los únicos capaces de resistir una sobrecarga de uso igual o superior a 5 kN/m^2 , correspondiente a sobrecarga de congregación de personas. Se puede ver la sobrecarga admisible para el material adoptado en el catálogo en el [Anexo VII "CATÁLOGOS"](#).



Imagen 28. Pantalán de hormigón armado. Fuente: Marinas y Puertos Deportivos Lindley.

Las marinas están compuestas por pontones paralelos al muelle fijo y por fingers, ambos de la misma materialidad para darle continuidad y estética al conjunto. Son de estructura reforzada de acero galvanizado en caliente con suelo de madera resistente al agua. Para las marinas y fingers se considera una sobrecarga de uso de $2,5 \text{ kN/m}^2$, esto se detalla en el punto 4.8.1. más adelante, lo que permite utilizar

materiales metálicos. Los flotadores son de polietileno rotomoldeado relleno de poliestireno expandido. Tienen un francobordo medio de 55 centímetros y un calado medio de 40 centímetros. Se pueden ver en conjunto todos los elementos de las marinas en la Imagen 29.



Imagen 29. Pontones y fingers de aluminio. Fuente: Marinas y Puertos Deportivos Lindley.

Se observa en la Imagen 30 que las marinas cuentan con cornamusas de aluminio ubicadas en los perímetros a lo largo del muelle/pantalán y de los fingers, para el amarre de las lanchas.

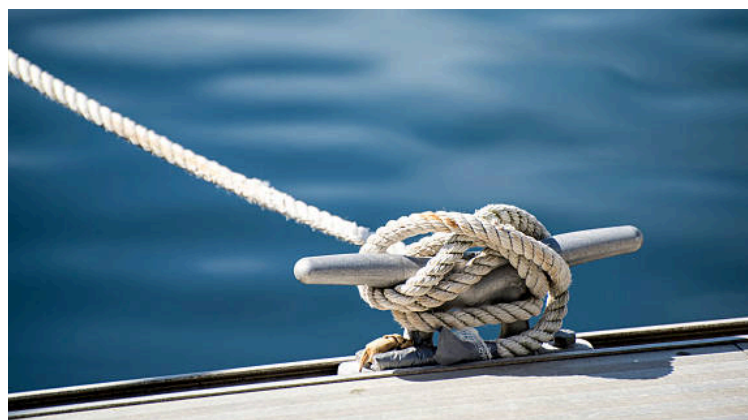


Imagen 30. Cornamusas. Fuente: Marinas y Puertos Deportivos Lindley.

La escalera es de hormigón armado de 0,75 metros de ancho, de uso previsto para ascenso y descenso de pasajeros. La misma tiene una baranda fija del lado norte, adyacentes al muelle, y barandas montables del lado sur, es decir, del lado aire. Se colocan barandas montables para ir acompañando las fluctuaciones del nivel del río.

Para las rampas, la parte móvil es de aluminio ya que estas son ligeras, fuertes y resistentes a la corrosión, lo que significa que requieren poco mantenimiento. Su durabilidad y robustez las hacen idóneas para su función formados por perfiles tubulares rectangulares de aluminio. Se observa un ejemplo en la Imagen 31a. Esta tiene un apoyo que permite que pivote verticalmente sobre el muelle fijo anclado con pernos de expansión al muelle, mientras que su segundo apoyo sobre el pontón flotante, es deslizante por

medio de rodillos de nylon resistentes a la abrasión que descansan sobre unas planchas de aluminio lo suficientemente largas para cubrir el recorrido del pantalán que evitan el desgaste del piso en los cambios de nivel del río. Dicho apoyo móvil puede observarse en la Imagen 31b.



Imagen 31a. Pasarela de aluminio. Fuente: Catálogo Equipamiento Flotante Lindley.



Imagen 31b. Apoyo móvil de la pasarela de aluminio. Fuente: Autoría propia.

La parte fija de la rampa continúa con la misma materialidad del muelle fijo, tirantes de madera de pino tratado CCA apoyados en vigas de hormigón prefabricado.

Finalmente, las rampas de acceso a la isla desde el muelle son de madera ya que es un material más cálido y orgánico que dialoga con la arena y el paisaje isleño, pasando de lo industrial y estructural a lo natural y sensorial, siendo más amable al tacto y más segura para el tránsito peatonal descalzo.

4.6. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Para el diseño del muelle resulta necesario conocer las características geotécnicas del terreno donde se implantará la estructura. El estudio de suelos permite identificar la estratigrafía del sitio y las propiedades mecánicas de los distintos estratos.

Específicamente, la información obtenida a partir del estudio de suelos resulta necesaria para definir el sistema de fundación adoptado, confirmando la conveniencia de utilizar fundaciones profundas mediante pilotes y estableciendo una cota de fundación segura capaz de transmitir adecuadamente las cargas de la superestructura al terreno. Asimismo, los resultados obtenidos en el estudio permiten calcular la capacidad portante del suelo, estimando la resistencia tanto por fuste como por punta, y verificar que los pilotes correspondientes a la plataforma fija y a los duques de alba cuenten con el factor de seguridad requerido frente a las acciones verticales y horizontales actuantes, tales como el impacto de atraque, el viento y la corriente. Finalmente, el estudio posibilita evaluar la interacción suelo–estructura, analizando el comportamiento del terreno frente a fenómenos dinámicos propios del entorno fluvial y permitiendo prever los efectos de la erosión general y localizada alrededor de los pilotes.

4.6.1. ESTUDIO DE SUELOS

Se cuenta con el *Informe Técnico: Estudio de Suelos para la Verificación de Muelle Existe* encargado por el ENAPRO (2021), ver [Anexo IV “ESTUDIO DE SUELOS PARA LA VERIFICACIÓN DE MUELLE EXISTENTE”](#), para conocer el tipo y condiciones del suelo con el objetivo de poder dimensionar las fundaciones y determinar la erosión generada por el flujo del río.

En la Figura 13 podemos observar la ubicación de las perforaciones en el muelle del parador “Deja Vu”.



Figura 13. Ubicación de las perforaciones. Muelle “Deja Vu”. Fuente: Google Maps 11/03/2025

Se observa en la Figura 14 el perfil tentativo de la estratigrafía del suelo, basado en el reconocimiento y clasificación de las muestras ensayadas en laboratorio. Además, se indican los resultados de las sucesivas realizaciones del Ensayo normalizado de penetración de Terzaghi (SPT).

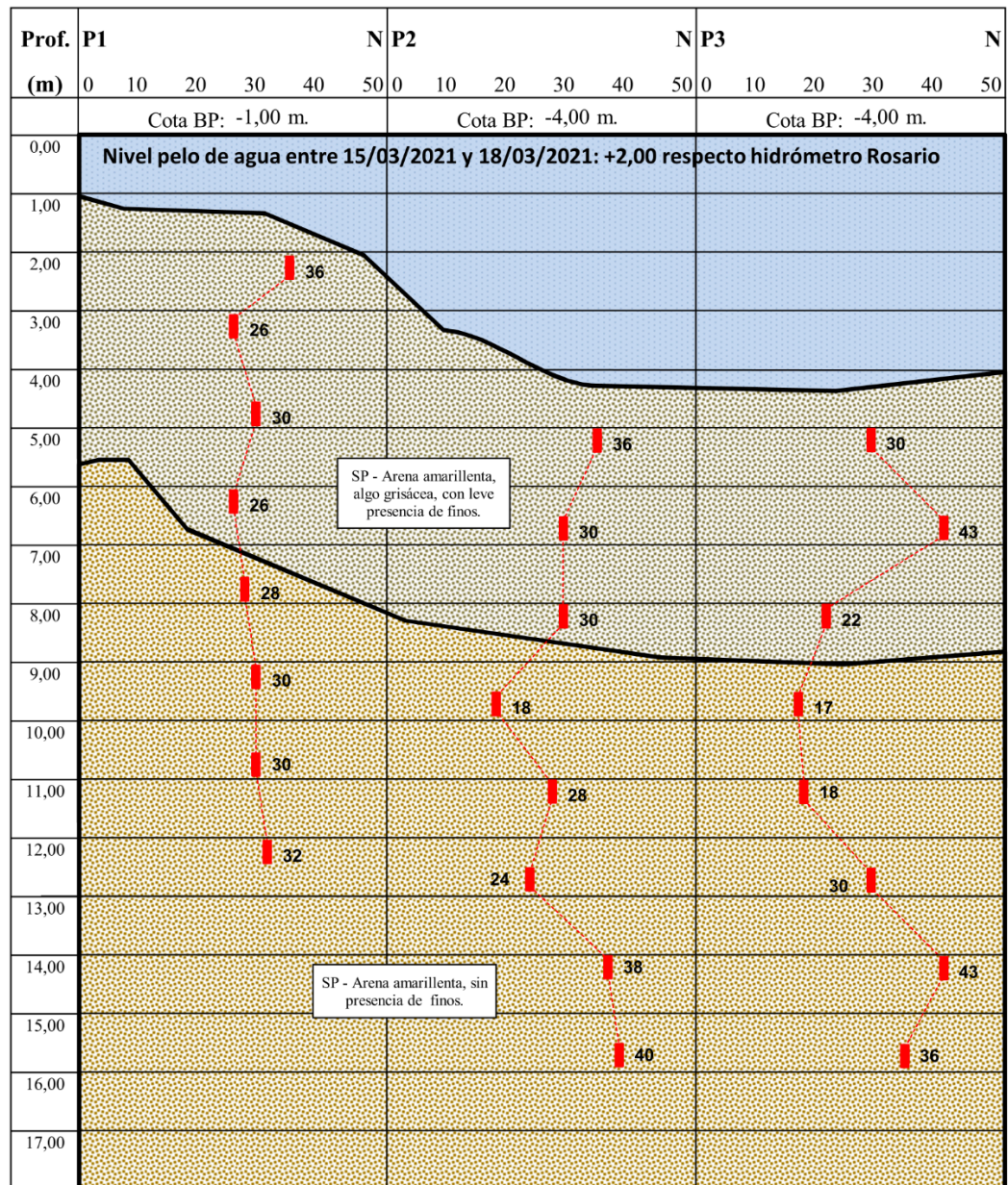


Figura 14. Perfil estratigráfico. Fuente: Estudio de Suelos ENAPRO.

Luego de la obtención de los N del ensayo SPT de los dos estratos, se analiza el tipo de suelo según el número de golpes con la consistencia y compacidad relativa del mismo.

Se detecta la siguiente configuración estratigráfica:

- Un primer estrato de arena con presencia de finos SP, de coloración amarillenta, algo grisácea, de compacidad relativa densa, hasta una profundidad variable de entre 5,00 metros y 9,00 metros respecto del pelo de agua (entre -3,00 metros y -7,00 metros respecto del Hidrómetro de Rosario).
- De forma continua y hasta el final de los sondeos realizados, el suelo detectado clasifica arena sin presencia de finos SP, de coloración amarillenta, de compacidad relativa entre densa y muy densa.

El nivel del pelo de agua se detectó en forma promedio en +2,00 metros respecto del Hidrómetro de Rosario, durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados entre el 15 y 18 de marzo de 2021.

El ángulo de fricción del suelo es de entre 32° y 37° para una profundidad de confinamiento de entre 1,00 metros y 11,00 metros, con un valor de cohesión $c = 0$.

4.6.2. EROSIÓN HÍDRICA EN LOS PILOTES

Se analiza la erosión hídrica del lecho del río producida por el flujo del agua y sus variaciones, utilizando como recurso los apuntes de Erosión Hídrica y localizada⁽⁷⁾, suministrados por los docentes de la cátedra Obras Hidráulicas.

Se calculan tanto la erosión general como la localizada, para la peor condición que corresponde al pilote más alejado de la costa de la isla.

El fenómeno de la erosión local se presenta a partir de las perturbaciones del campo de velocidades que provoca la presencia de la pila. Alrededor de la misma se dan velocidades localmente mayores que las medias de la corriente, acompañadas de un sistema de vórtices frontales, laterales y de estela detrás del pilar. Según Guitelman y Perez (1999) la erosión local es el descenso abrupto en el lecho fluvial alrededor de una pila, debido a la remoción del material de fondo, ocasionado por un escurrimiento de acción localizada, inducido por la presencia de la misma pila, ver Figura 15.

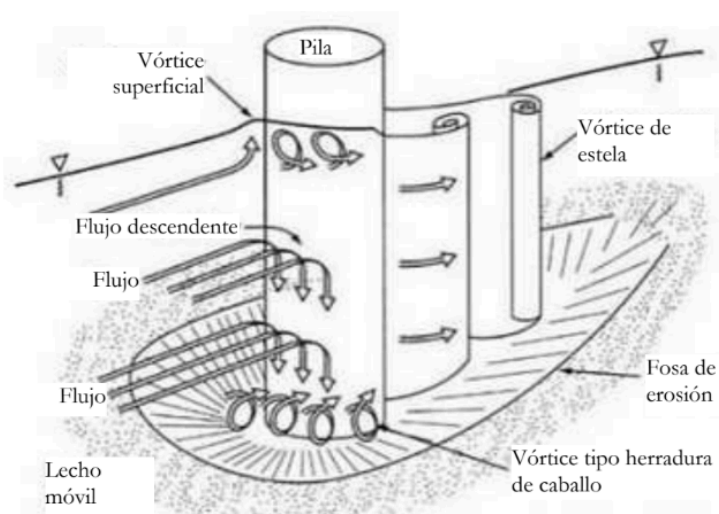


Figura 15. Perturbaciones del flujo debido a una pila. Fuente: Apuntes de Erosión Hídrica. UNR.

En el [Anexo V “EROSIÓN HÍDRICA GENERALIZADA Y LOCALIZADA EN LOS PILOTES DEL MUELLE”](#) se muestran los cálculos para la obtención de las erosiones, del cual se concluye que la erosión total es de 1,51 metros en la Progresiva 43.

4.7. MÉTODOS DE EJECUCIÓN

Se prevé que todos los elementos del muelle sean prefabricados en la medida de lo posible, a fin de evitar la construcción in situ, dado que la logística y los costos asociados resultarían considerablemente mayores. La estrategia contempla la prefabricación del lado de Rosario, desde donde tanto los componentes estructurales como los equipos necesarios son transportados mediante barcas hasta la isla, optimizando

así los tiempos de ejecución y los recursos involucrados. Estos elementos serán acopiados en la costa de Rosario, para luego ser embarcados en las barcasas y ser trasladados a la Isla. Se muestra en la Imagen 32 un ejemplo de un convoy de barcasas para el traslado de los elementos y los equipos a utilizar.



Imagen 32. Barcaza. Fuente: Sitio web defensa.com.

Es necesario considerar que la ejecución de los trabajos se programe durante períodos de bajante del río, a fin de aprovechar las condiciones de trabajo sobre el terreno arenoso expuesto y reducir de forma significativa las interferencias asociadas a la presencia de agua.

4.7.1. PREPARACIÓN DE LOS PILOTES

En la costa de Rosario, se selecciona un área destinada al acopio de los materiales de obra, los equipos a utilizar del lado de la isla, y la prefabricación de los pilotes del muelle fijo. Estos pilotes de hormigón armado son prefabricados del lado de Rosario.

Se realiza el izado a las barcasas que transportan los pilotes prefabricados de 14,5 metros de longitud hasta la zona de hincado, desde la costanera de Rosario hasta la isla. Los pilotes de hormigón se colocan por medio de grúas en las barcasas. Las grúas telescópicas, también, se llevan a la isla mediante barcasas.

Al ser levantados, los pilotes se someten a esfuerzos de flexión, por lo que se calculan a flexión y se pretensan. También, se determina la resistencia característica del hormigón debiendo cumplir con los requerimientos de durabilidad para un ambiente de clasificación “A2” según el CIRSOC 201 (2005) “Reglamento de Estructuras de Hormigón” ⁽⁷⁾.

4.7.2. HINCA DE LOS PILOTES

La hincada de los pilotes de hormigón se realiza comenzando por el posicionamiento preliminar del pilote con la ayuda de topógrafos, seguido del alineamiento de la torre para garantizar su posición y verticalidad. Para la incrustación de los pilotes en suelos arenosos y fangosos se selecciona un martillo hidráulico, ya que los martillos de caída libre suelen estar limitados a pilotes cortos (no más de 6-7 metros). Otras opciones que se descartan son, el martillo diesel por cuestiones de contaminación del medio ambiente y los martillos vibratorios, ya que solo son aptos para pilotes de acero. En la Imagen 33 se puede observar un martillo hidráulico marca Liebherr para el hincado de los pilotes en el lecho del río.



Imagen 33. Martillo hidráulico. Fuente: Liebherr.

4.7.3. MONTAJE DE LOS ELEMENTOS

Junto con los elementos estructurales y otros elementos que componen al muelle, se trasladan equipos de izaje, como grúas telescópicas sobre orugas. Luego del hincado de los pilotes, se izan y posicionan las vigas principales de hormigón prefabricado que se vinculan mediante placas metálicas de anclaje a los pilotes. Se posicionan los tirantes transversales de madera y luego se colocan las tablas de madera del tablero.

Por último, se trasladan y colocan mediante grúas los módulos prefabricados de los servicios disponibles, detallados en el punto 5.

4.8. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

El diseño de un muelle requiere un análisis estructural detallado que garantice su seguridad y durabilidad frente a las distintas cargas que actúan sobre él. Para ello, se consideran tanto cargas verticales, como el peso propio de la estructura y las sobrecargas de uso, como cargas horizontales, derivadas de la interacción con los buques (amarre y atraque) y de factores ambientales (viento, corrientes y oleaje). El dimensionamiento de la estructura se realiza de manera que pueda resistir simultáneamente todas estas solicitaciones, cumpliendo con los factores de seguridad establecidos en el Reglamento CIRSOC y la ROM.

El dimensionamiento completo de toda la estructura excede el alcance de este trabajo académico, es por esto que se determinan las cargas, se predimensiona la superestructura y se calculan los pilotes. También, se determina la carga de impacto de los buques en los duques de alba de atraque y amarre, y se calcula la parte sumergida del duque como una columna, fundada con 3 pilotes y un cabezal.

La estructura del muelle está constituida por un tablero de pino elliotis de 3 x 15 cm, los cuales apoyan en tirantes de 6 x 15 cm del mismo material, con una separación de 75 centímetros. Los tirantes apoyan sobre vigas de H°A° de 20 x 50 cm (Figura 16), estas vigas apoyan sobre pilotes finalizando el recorrido de las cargas en los 24 pilotes de H°A° de 40 centímetros de diámetro, que transmiten dichas cargas al suelo. Estos pilotes están sobre el borde interno del tablero. Los pilotes, a su vez, reciben las cargas de las rampas y la escalera, que apoyan sobre vigas ménsulas de H°A° de 20 x 30 cm (Figura 17).

En cuanto a la estructura del área de servicio, las materialidades son las mismas que el tablero del muelle fijo. La parte de la rampa y escalera de acceso a la isla cuenta con tablero, vigas de madera y pilotes de 20 centímetros de diámetro separados cada 1,5 metros del mismo material.

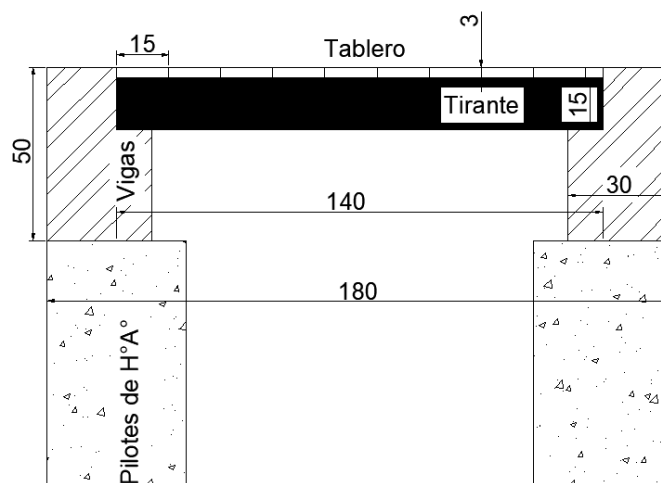


Figura 16. Disposición del tablero en el muelle fijo. Medidas en cm. Fuente: Autoría propia.

Con respecto a las columnas que conforman el duque de alba, las mismas son de H°A° de 80 centímetros de diámetro.

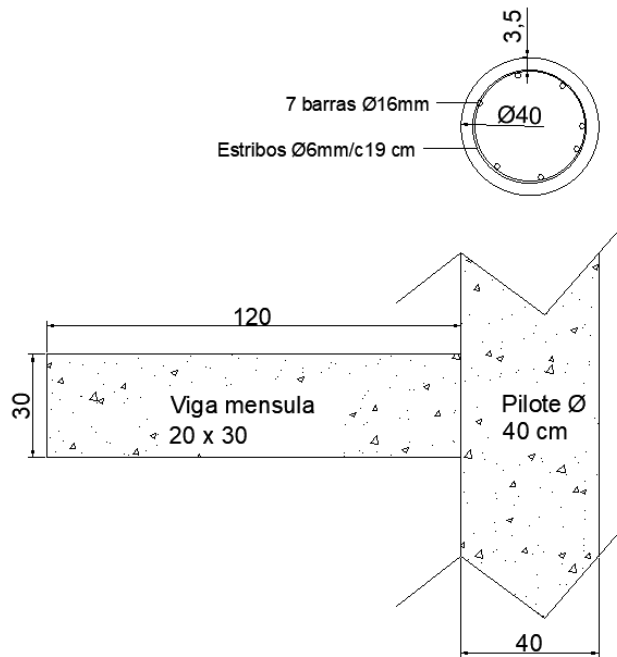


Figura 17. Viga ménsula. Fuente: Autoría propia.

El cálculo de la estructura descrita se puede ver en el [Anexo VI “DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS”](#) junto con los criterios para el dimensionamiento.

Se analiza la durabilidad de la estructura según las disposiciones del Reglamento CIRSOC 201 (2005), para el cual se determina el tipo de ambiente al que estará expuesta la estructura a construir. Mediante el uso de la Tabla 2.1 “Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras” del CIRSOC, se determina un ambiente normal de clase A2. Siguiendo con la Tabla 2.5 de “Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura” con una exposición A2 y para un hormigón, se tiene una resistencia característica del hormigón f'_c de 30 MPa.

4.8.1. DETERMINACIÓN DE CARGAS

4.8.1.1. CARGAS MUERTAS

Según el Reglamento CIRSOC 101 (2005) “Reglamento argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras” ⁽⁵⁾ establece que las cargas muertas incluyen los pesos de todos los materiales de construcción incorporados en la estructura. Estas cargas se pueden conocer o estimar según las tablas de pesos específicos mínimos que establece el Reglamento para los distintos materiales.

4.8.1.2. SOBRECARGAS DE DISEÑO

Las sobrecargas de uso son aquellas que varía con el uso y ocupación de la estructura. En este caso, se adopta para el muelle flotante lo que el Reglamento establece como valor mínimo para congregación de personas, tomando el valor de 5 kN/m². Sobre las marinas y fingers, se adopta una sobrecarga de uso de 2,5 kN/m², ya que no se espera congregación de personas porque es un lugar de paso.

4.8.1.3. EFECTO DE LA CORRIENTE

Para este tipo de obras es muy típico el atascamiento de camalotes entre los pilotes, los cuales llegan a conformar una pantalla de aproximadamente 80 centímetros de profundidad a lo largo del muelle. Se debe considerar la carga que realizan por este efecto los camalotes, sobre el muelle flotante, sobre el buque de diseño y sobre las marinas. Esta pantalla genera una resistencia al escurrimiento natural del curso de agua recargando horizontalmente la estructura, considerando la pantalla entre pilote y pilote y sobre las estructuras en su sección transversal a la corriente.

4.8.1.4. ENERGÍA DE ATRAQUE

La velocidad de atraque adoptada para la verificación es de 0,20 m/s.

La cuantificación de la energía cinética cedida al sistema de atraque se calcula mediante el método de modelo analítico matemático para el caso de atraque lateral o de costado mediante traslación transversal preponderante en obras de atraque fijas discontinuas desarrollado en el [Anexo VI “DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS”](#).

La ROM 0.2-90 establece considerar para el diseño definitivo la energía en condiciones excepcionales, que consiste en aumentar la energía en condiciones normales un 25%. Las variables que influyen en este incremento son: fallos mecánicos del buque, rotura de amarras, cambios bruscos en las condiciones ambientales, errores humanos, etc.

Luego, la carga de impacto de atraque a la que estará sometido el duque de alba de atraque es función de la energía cinética cedida al sistema de atraque y de sus características de deformación.

Se considera como sistema de atraque al conjunto formado por la estructura y por el sistema de defensas compuesto por botazos. Las especificaciones técnicas de los botazos corresponden a las proporcionadas por la empresa InBelt⁶. La energía que es absorbida por el sistema de atraque durante el proceso de compresión asociado a cada impacto del buque es parcialmente devuelta al mismo (el buque es empujado por el sistema de atraque) y parcialmente disipada en forma de calor en el interior del material (ciclo de histéresis).

Mediante las curvas y valores de energía - deformación, y reacción - deformación del folleto comercial del botazo, adjuntado en el [Anexo VII “CATÁLOGOS”](#), se tiene el valor de la carga de impacto de amarre de 96,4 kN.

⁶ inbelt.com.ar

5. SERVICIOS DISPONIBLES E INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA

Para garantizar la operatividad del muelle y brindar soporte tanto a los pasajeros como al personal y a las actividades científicas en la isla, se incorpora un sector de servicios compuesto por módulos prefabricados montados sobre el extremo del muelle del lado de la isla.

Se cuenta con un sector de sanitarios de uso público, un módulo que funciona como una casilla de tickets y administración y de uso de la Prefectura Naval Argentina, y por último, un módulo de oficina de uso exclusivo para gabinetes destinados al uso compartido del Área de Investigación y Extensión de Universidad Nacional de Rosario (UNR), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y el Ente Administrador del Puerto de Rosario (ENAPRO), dentro de la Isla.

La elección de un sistema constructivo prefabricado transportable responde a la necesidad de minimizar el impacto ambiental en la isla con una obra seca que busca reducir tiempos de montaje en el sitio y garantizar una calidad de terminación controlada en fábrica. Para la definición de los tipos de módulos, sus medidas y características se consultaron diferentes catálogos y se adoptaron soluciones de la marca TCOM⁷. Se pueden consultar las especificaciones de los módulos seleccionados en el [Anexo VII “CATÁLOGOS”](#). Los módulos se montan sobre el extremo del muelle del lado de la isla, como se observa en la Figura 18.

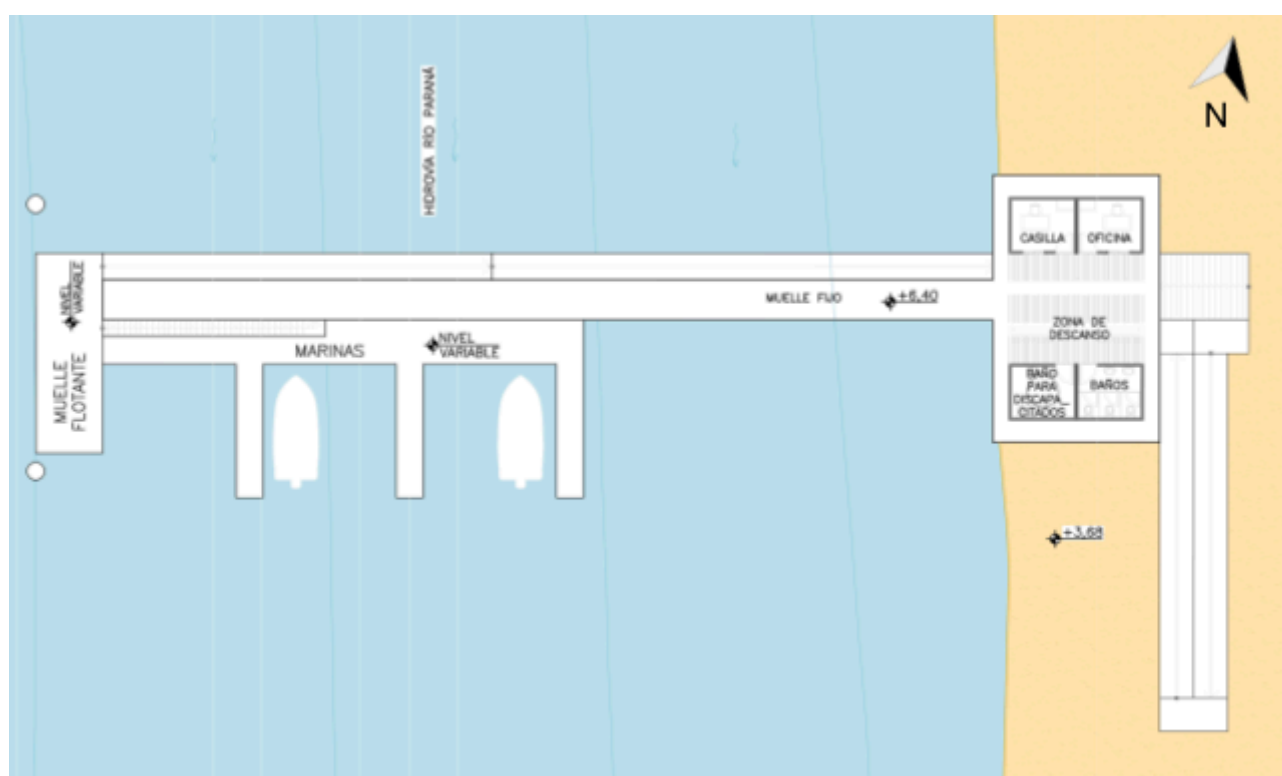


Figura 18. Módulos implantados en el área de servicios. Fuente: Autoría propia

⁷ tcomsa.com.ar

Para dar continuidad al muelle fijo, el nivel de coronamiento de la zona de servicios es igual al nivel de este, +6,40 metros. Dicha superficie se materializa mediante un solado de madera dura, dispuesto en listones con juntas abiertas que permiten el libre escurrimiento del agua de lluvia, igual a la solución del tablero principal del muelle. Esta plataforma de madera no solo actúa como base de apoyo y fijación para los módulos, sino que genera una circulación perimetral y unificada, integrando visual y funcionalmente el sector de servicios con la estructura principal del muelle. Se ubican los módulos enfrentados generando una zona de espera entre ellos techada con una pérgola y equipada con bancos, protegiendo a los usuarios del sol y ofreciendo una comodidad extra mientras aguardan el embarque.

5.1. MÓDULOS FUNCIONALES

5.1.1. MÓDULO CASILLA DE ADMINISTRACIÓN DEL MUELLE

Se utiliza un módulo tipo Oficina de la marca TCOM de 3,00 metros por 2,40 metros. Su ubicación es estratégica permitiendo el control visual del ingreso al muelle y zona de embarque. Este espacio está pensado tanto para el personal de mantenimiento del muelle como para la boletería de lanchas particulares y el traslado de pasajeros desde la Terminal Fluvial. El personal asignado debe estar capacitado para montar y desmontar las barandas de la escalera fija cuando varíe el nivel del río, como se indicó en el punto 4.5. El módulo cuenta con aislación térmica en muros y cubierta, ventana al frente, iluminación, conexiones eléctricas y aire acondicionado Frío/Calor para garantizar el confort térmico y el funcionamiento de equipos informáticos.

5.1.2. MÓDULO OFICINA

Replicando la tipología del módulo casilla, se dispone de un espacio de trabajo para equipos técnicos. Al igual que la administración, cuenta con instalación eléctrica embutida y previsión para climatización, condiciones que son necesarias para el funcionamiento de equipos informáticos y el procesamiento de datos en el sitio.

5.1.3. MÓDULOS SANITARIOS

Se utilizan dos módulos tipo Sanitarios de la marca TCOM de 3,00 metros por 2,40 metros cada uno. Los módulos cuentan con aislación térmica en muros y cubierta, revestimiento interior lavable, ventilación natural mediante ventanas corredizas altas, iluminación, conexiones eléctricas e instalaciones sanitarias. El modelo sanitario básico incluye bachas lavamanos con grifería y espejo e inodoros con mochila. Se adapta uno de los módulos con kit de sanitario para personas con discapacidad.

5.2. INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y SANITARIA

Para garantizar la autonomía de los servicios en la isla, se han dimensionado las siguientes instalaciones:

5.2.1. ENERGÍA ELÉCTRICA

La alimentación de energía eléctrica proviene de paneles solares ubicados sobre los techos de los módulos. Se colocan 9 paneles de 0,56 kW cada uno con batería para almacenamiento, resultando en una potencia disponible de 5,04 kW. Los mismos se instalan con un ángulo de inclinación de 20° para un mejor aprovechamiento de la luz solar y dimensiones de 1,15 metros por 2,30 metros. Para el cálculo de demanda se consideró: una bomba para la perforación de agua de 1 kW, una heladera de 0,2 kW, dos aires acondicionados de 2,5 kW total y una capacidad restante de 1,34 kW para luminaria LED de bajo consumo y uso general.

5.2.2. ABASTECIMIENTO DE AGUA

El abastecimiento de agua se realiza mediante una perforación ubicada debajo de la zona de módulos (con cañerías adyacentes a los pilotes de fundación), con sistema de bombeo y desinfección con cloro. El agua se eleva hasta un tanque de 1000 litros ubicado sobre el módulo sanitario, de baja altura para evitar esfuerzos por el viento. No se contempla agua para consumo humano, sólo para abastecimiento de los baños. Se optó por una perforación profunda ya que la toma superficial directa del río requeriría un sistema complejo de filtrado (filtro grueso de piedras y rápido de arena) que demandaría mayor espacio y mantenimiento.

5.2.3. DESAGÜES CLOACALES

Se propone colocar una cámara séptica y un pozo ciego para el desagüe cloacal, retirado del muelle hacia el interior de la isla, asegurando la distancia necesaria para evitar la contaminación de la perforación de la toma de agua.

6. SEGURIDAD A LA NAVEGACIÓN

La seguridad operativa del muelle adquiere especial importancia debido a su ubicación inmediata junto al canal de navegación, en un sector donde circulan embarcaciones recreativas de manera frecuente. Aunque la estructura no se encuentra dentro del canal principal, su proximidad exige que sea claramente visible y reconocible para las embarcaciones que transitan la zona, a fin de evitar aproximaciones involuntarias y garantizar maniobras seguras. En este contexto, resulta fundamental evaluar tanto la señalización instalada como los elementos de protección del muelle, considerando su correcta disposición, visibilidad y correspondencia con los requisitos de seguridad náutica. Los planos correspondientes a los elementos de seguridad se encuentran en el apartado de planos.

6.1. SEÑALIZACIÓN

La obra debe estar correctamente señalizada, para delimitar los canales navegables, señalar obstáculos a la navegación y servir de ayuda al navegante, ya sea por cuestiones de practicidad como por cuestiones de seguridad. Se siguen las recomendaciones de la IALA (International Association of Lighthouse Authorities).

Dado que el objetivo es indicar por donde pasar el muelle, ya que este resulta un peligro para la navegación debido a la interferencia natural del curso, se colocan marcas cardinales, ver Figura 19, las cuales cumplen la función de indicar a los navegantes que hay que sobrepasar el obstáculo por un determinado cuadrante.

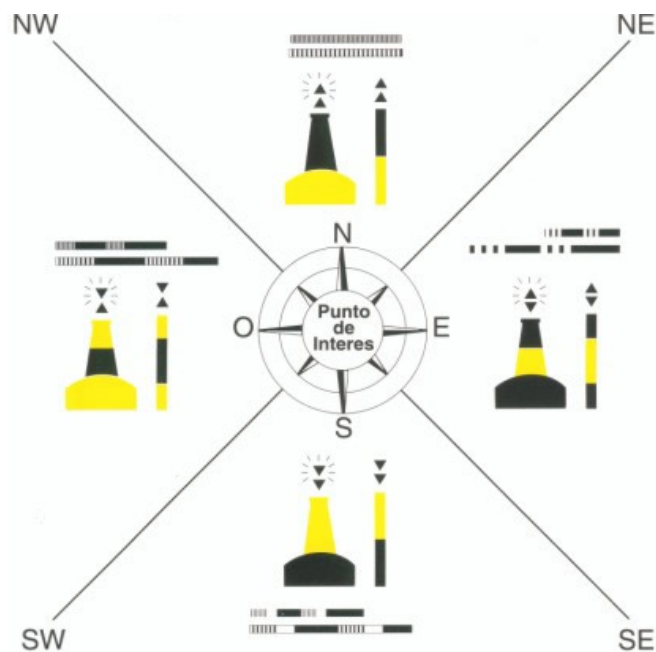


Figura 19. Conjunto de 4 marcas diferenciadas según el punto cardinal. Fuente: Sitio web Astillero Lunamar.

En este caso será necesario una marca cardinal oeste, la cual indicará que el área segura se encuentra en dicho punto cardinal de la marca, siendo la parte superior e inferior de la señal de color amarillo, mientras que la zona central mantiene el color negro. La estructura está coronada por dos conos negros superpuestos, en contacto por sus vértices. También, se indica con grupos de 9 flashes de luz blanca cada diez o quince segundos, en la Figura 20 se indica el Diagrama de Destellos.

6.2	Luz de grupo de centelleos rápidos	VQ(3) Por ejemplo VQ(3) Por ejemplo VQ(9) Por ejemplo VQ(6) +LFI	Luz centelante rápida en la que un grupo específico de destellos se repite de forma regular.	El número de centelleos en un grupo debe ser tres o nueve. Para indicar una marca cardinal sur, se reserva un carácter de luz excepcional en el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA. Diagrama de destellos para VQ(3): Muestra un grupo de tres destellos rápidos (H) separados por un intervalo 'd', seguido de un silencio 'c', y luego un grupo de tres destellos rápidos (H) separados por un intervalo 'd'. El período total es 'p'. Las dimensiones son: $d \geq 1$, $d' \geq 1.5$, $0.5 \leq c \leq 0.6$. Ejemplo: $l = d = 0.25$ s; $c = 0.5$ s; $d' = 3.75$ s; $p = 5$ s	Una luz blanca con un grupo de tres centelleos rápidos, en un período de 5 s, indica una marca cardinal este.
				Diagrama de destellos para VQ(9): Muestra un grupo de nueve destellos rápidos (H) separados por un intervalo 'd', seguido de un silencio 'c', y luego un grupo de nueve destellos rápidos (H) separados por un intervalo 'd'. El período total es 'p'. Las dimensiones son: $d \geq 1$, $d' \geq 1.5$, $0.5 \leq c \leq 0.6$. Ejemplo: $l = d = 0.25$ s; $c = 0.5$ s; $d' = 5.75$ s; $p = 10$ s	Una luz blanca con un grupo de nueve centelleos rápidos, en un período de 10 s, indica una marca cardinal oeste.
				Diagrama de destellos para VQ(6)+LFI: Muestra un grupo de seis destellos rápidos (H) separados por un intervalo 'd', seguido de un silencio 'c', un silencio 'f', y luego un grupo de seis destellos rápidos (H) separados por un intervalo 'd'. El período total es 'p'. Las dimensiones son: $f \geq 2$, $d \geq 1$, $d' \geq 1.5$, $0.5 \leq c \leq 0.6$. Ejemplo: $l = d = 0.25$ s; $c = 0.5$ s; $f = 2$ s; $d' = 5$ s; $p = 10$ s	Una luz blanca con un grupo de seis centelleos rápidos seguidos de un destello largo de duración no inferior a 2 s, en un período de 10 s, indica una marca cardinal sur.

Figura 20. Diagrama de Destellos. Fuente: Manual en español de la IALA.

Son necesarios incorporar dos balizamientos, uno aguas arriba y uno aguas abajo del muelle. Se colocan boyas como marcas cardinales que acompañen el movimiento vertical debido a las fluctuaciones del nivel del río. Las marcas cardinales también se pueden materializar con postes hincados.

6.2. ELEMENTOS DE SEGURIDAD PARA EL USUARIO

Con respecto a los elementos de seguridad, se debe cumplir con la Ordenanza N° 5/01 de las disposiciones de la Prefectura Naval Argentina, Tomo 3 “Régimen operativo del Buque”, la cual indica que se debe incluir los siguientes elementos de seguridad:

Como ya se menciona en el punto anterior, se colocan elementos de señalización de las obras de arte acorde a lo establecido en el Reglamento de Señalización Marítima. Además, deben incluirse:

- Sistema de Lucha Contra Incendio:
 - Extintores Portátiles: Se colocan extintores tipo ABC de 5 Kg (Imagen 34). Se colocan 3 extintores, ya que por el Reglamento de edificación se acepta una distancia máxima de 20 metros de separación. Colocando uno en el extremo del muelle fijo, otro en la mitad del muelle fijo y el tercero en el área de servicios.



Imagen 34. Extintor ABC. Fuente: Sitio web Biston⁸

- Sistema de Seguridad:
 - Aros salvavidas aprobados PNA con sus respectivos soportes, ver Imagen 35.

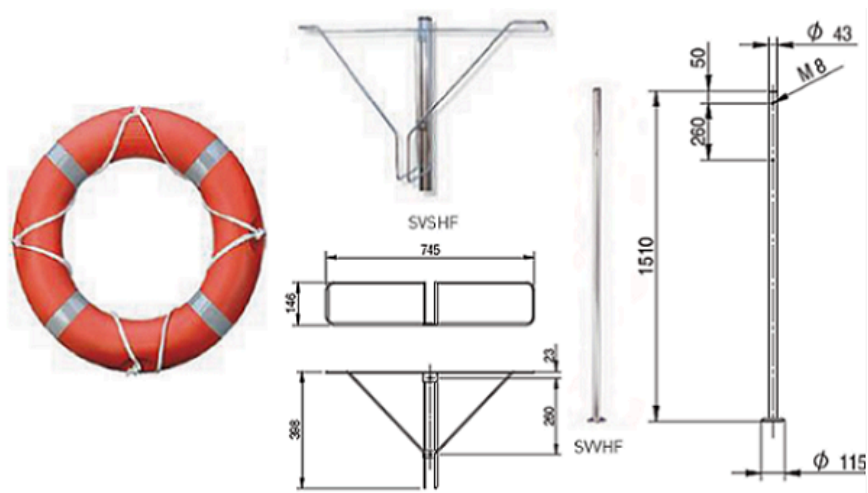


Imagen 35. Imagen de Aro salvavidas y su respectivo soporte. Fuente: Sitio web Ks-Pool.

- Cabos salvavidas de 25 metros de longitud, ver Imagen 36.



Imagen 36. Imagen del cabo para aro salvavidas. Fuente: Sitio web Náutica Expo.

Se colocan 3 juegos respectivamente. Uno en el muelle flotante, uno en el extremo oeste del muelle fijo y el tercero en la mitad del muelle fijo, junto con los extintores portátiles.

⁸ matafuegosbiston.com.ar

- Alarmas de hombre al agua e incendio, colocadas junto a los elementos mencionados anteriormente.
- En la garita de seguridad instalada, se instalan medios de comunicación fijos y/o portátiles para la conexión entre el muelle y el buque por radio VHF, se observa en la Imagen 37.



Imagen 37. Imagen de tipos de radiocomunicadores. Fuente: Sitio web Tecnoseguro⁹

- Sistema de Iluminación:
 - Se colocan postes de luz en el muelle fijo, cada 7,5 metros, alternándose respecto de la parte Norte-Sur, para iluminar tanto el muelle fijo como los pontones flotantes. Se debe considerar que los sectores de iluminación propios del muelle no produzcan encandilamiento a las embarcaciones, por lo que deben estar orientados hacia abajo. Se proponen sistemas fotovoltaicos autónomos de iluminación LED para evitar cableado y tener independencia del sistema eléctrico del área de servicios.

7. INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

7.1. INTRODUCCIÓN

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendieran un nuevo camino con el que mejorar la vida de todas las personas, sin dejar a nadie atrás. La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que establecen que la erradicación de la pobreza debe ir de la mano de estrategias que fomenten el crecimiento económico y aborden una serie de necesidades sociales como la educación, la sanidad, la protección social y las perspectivas de empleo, al tiempo que se combate el cambio climático y se protege el medio ambiente.

En la Figura 21 se muestran cada uno de los objetivos para la agenda 2030.

⁹<https://www.tecnoseguro.com/noticias/eficiencia-seguridad-industria-moderna-radiocomunicacion>



Figura 21. Objetivos de desarrollo sostenible. Fuente: ONU¹⁰

7.2. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE INCORPORADOS

Es por eso necesario analizar dichos Objetivos propuestos, para determinar cuáles de ellos deben incorporarse dentro del proyecto, para que este sea sostenible, siendo los considerados los siguientes objetivos.

- **Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.**

Se incluye:

- 9.1. Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

El diseño y la ejecución del muelle se caracteriza por la utilización de materiales durables en el tiempo y la optimización de los recursos tratando de evitar en la ejecución una logística en traslado de materiales inadecuada que produce una mayor contaminación.

10

www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/

- **Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad.**

Se incluyen:

- 15.1. Para 2020, velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que proporcionan, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales.
- 15.9. Para 2020, integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad.

Con el correcto uso del muelle, un aspecto a destacar es que se concentraran en solo un lugar la ubicación de las lanchas de los particulares, por lo que evita que las mismas atraquen en otras partes de la costa, lo que produce la erosión del suelo, entre otros.

- **Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.**

Se incluyen:

- 6.3. De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.
- 6.5. De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.
- 6.6. De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.

El muelle brinda servicios de saneamiento para todos los usuarios que cruzan a la isla, mediante la disposición de un módulo sanitario que cuenta con 3 baños y recolección de residuos, y al mismo tiempo proporciona agua para dichos baños, por lo tanto se garantiza este objetivo.

Estas metas están incluidas en nuestro proyecto ya que al incorporar servicios que pueden generar vertimientos sobre el Río, como los son los baños, es vital incorporar un sistema que evite la contaminación, relacionando las metas 6.3 y 6.5. Es por ello que se colocan una cámara séptica y un pozo ciego para el desagüe de los baños. Por otro lado, de la meta 6.6 se debe tener la premisa de proteger en todo momento el ecosistema de la Isla, tratando que esta obra no impacte negativamente en él.

- **Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.**

Se incluyen:

- 7.1. De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
- 7.2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
- 7.3. De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

En base a estas metas se decide utilizar una energía renovable para el suministro energético en la isla. Se colocan paneles solares para la generación de energía eléctrica para alimentar los diferentes módulos de servicios del muelle.

- **Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.**

Se incluyen:

- 8.2 Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra
- 8.9 De aquí a 2030, elaborar y poner en práctica políticas encaminadas a promover un turismo sostenible que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales.

Es importante resaltar que con la incorporación del muelle se generará un nuevo punto de interés turístico dentro de la Ciudad, impulsando nuevos puestos e impulsando la productividad de la Isla.

- **Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.**

Se incluyen:

- 12.2 De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.
- 12.5 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

Este objetivo se tuvo en consideración priorizando la elección de materiales que tengan una mayor durabilidad. Madera Sostenible: Reduce la necesidad de tala de árboles al aumentar la vida útil de la madera. Se proyecta la recolección de residuos de los usuarios en la isla.

- **Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.**

Se incluyen:

- 11.2. De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.
- 11.3. De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.
- 11.4. Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo.
- 11.6. De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo
- 11.7. De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad.

Dentro del proyecto está garantizar el acceso al espacio público de la Isla Sabino Corsi, con un diseño que busca eliminar barreras arquitectónicas, incorporando rampas. Esto transforma el transporte fluvial en un sistema inclusivo, permitiendo que personas con movilidad reducida, adultos mayores y niños puedan disfrutar de las zonas verdes de la isla.

Considerando la ubicación en el valle de inundación del Río Paraná, el diseño estructural adopta un enfoque de resiliencia hídrica. Se han considerado los niveles históricos de crecidas y bajantes para asegurar la operatividad y la integridad de la estructura frente a eventos extremos. Esto se alinea con la gestión de riesgos de desastres, asegurando que la infraestructura no solo resista las fuerzas hidrodinámicas, sino que permita una evacuación segura en caso de emergencias, integrando la isla a la planificación segura de los asentamientos humanos de la región.

Por último, la construcción de esta obra fortalecerá el vínculo entre la zona urbana y la zona natural. Asimismo, la infraestructura actúa como un punto de control para reducir el impacto ambiental per cápita: al concentrar el desembarco en un punto habilitado, evitando procesos de erosión en la costa y facilitando la gestión centralizada de desechos.

- **Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.**

Se incluye:

- 13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.

Este trabajo fue pensado para llevar concordancia con todas las medidas preventivas sobre el cambio climático y sus efectos adversos. Como se explicó en los puntos anteriores, desde la logística y la ejecución hasta en la selección de materiales duraderos, se previene y minimiza la contaminación atmosférica y acuática.

8. CONCLUSIONES

Este trabajo fue realizado durante el cursado del segundo cuatrimestre de la materia Proyecto IV, por lo cual es el resultado de un trabajo académico, cuyo objetivo es recopilar información y conocimientos generales estudiados en el transcurso de la carrera, que abarque tres áreas de la ingeniería civil como mínimo. Dicho trabajo reúne temas de hidráulica, transporte fluvial, estructuras e impacto ambiental.

Para llevar a cabo el mismo, se recopilaron antecedentes y estudios en el sector de implementación del muelle, así como la batimetría de la isla, el estudio de suelos, construcciones existentes, etc. Con ayuda de la batimetría se logró determinar la ubicación del nuevo muelle, teniendo en cuenta el banco de arena que se forma sobre el suelo de la isla por el flujo de la corriente. Se consultó bibliografía sobre hidráulica fluvial en el Río Paraná para poder calcular el nivel de coronamiento del muelle, considerando una altura de oleaje producida por los vientos y verificando con el nivel de crecida máxima extraordinaria. También, se tuvieron en cuenta los registros históricos de los niveles hidrométricos del río para adoptar un porcentaje de permanencia, el cual define el grado de operatividad del muelle.

Se realizó el diseño para garantizar la operación en simultáneo, tanto de embarcaciones de gran porte, tales como buques de pasajeros que ofrecen cruces a la isla en temporada estival, como para embarcaciones menores de particulares, tales como lanchas.

Los materiales y la tipología estructural fueron adoptados contemplando el impacto ambiental de las posibles formas de ejecución de la obra, optando por la de mayor facilidad de operación y menor contaminación ambiental, teniendo en cuenta el transporte de todos los elementos desde la costa de Rosario hacia la isla y tiempos de ejecución. Al mismo tiempo se pensó en las resistencias mecánicas y de durabilidad de cada material.

Aunque el alcance de la materia Proyecto IV no considera el cómputo y presupuesto del trabajo, se tuvo en cuenta la optimización de los recursos disponibles. Es por ello que se proponen elementos

prefabricados tanto para los pilotes y las vigas, como para los módulos de servicios, para minimizar la construcción húmeda in situ y sólo realizar el montaje en la obra.

Por último, se destaca que en el presente trabajo se tuvieron en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, incorporando criterios de respeto al medioambiente durante la ejecución de la obra, tal como se ha detallado, ofreciendo servicios de saneamiento y reduciendo el impacto sobre la isla mediante la regulación y concentración de las maniobras de atraque que afectan al entorno natural preservado de la isla.

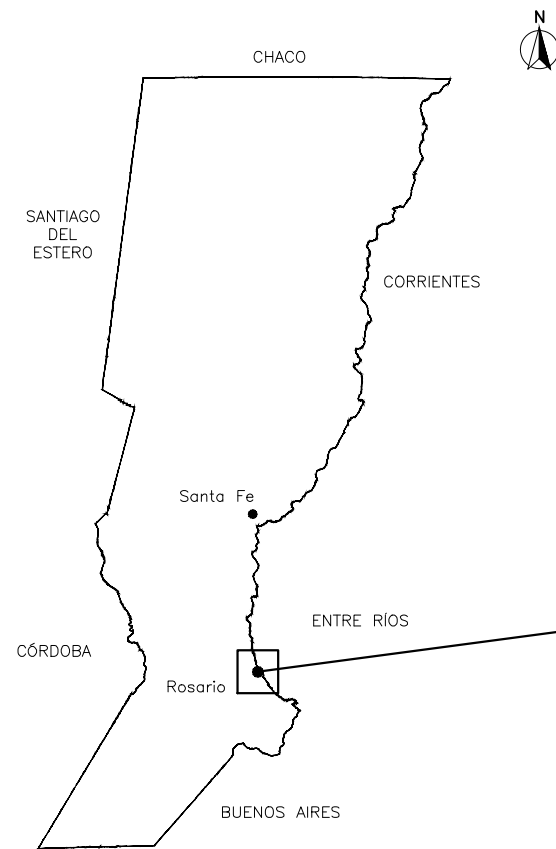
9. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Universidad Nacional de Rosario. Apunte de la cátedra Obras Hidráulicas. (Revisión 2010). *Apunte temático sobre Altura de presa y Revanchas*.
- (2) Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales (CURIHAM). (2023). *Informe técnico: Estudio de modelación hidrodinámica en tramo del río Paraná entre km 452 a km 405 prefectura (Anexo 1)*. Universidad Nacional de Rosario.
- (3) Puertos del Estado. (2011). *Recomendaciones de Obras Marítimas: ROM 2.0-11. Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre (Tomo I)*. Ministerio de Fomento, Gobierno de España.
- (4) Municipalidad de Rosario. (2021). *Nuevo Reglamento de Edificación de la Ciudad de Rosario*.
- (5) Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2005). *Reglamento CIRSOC 101: Reglamento argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras*.
- (6) Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2005). *Reglamento CIRSOC 102: Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones*.
- (7) Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2005). *Reglamento CIRSOC 201: Reglamento argentino de estructuras de hormigón*.
- (8) Universidad Nacional de Rosario. Apuntes de la cátedra Obras Hidráulicas. *Erosión Hídrica y localizada*.
- (9) International Association of Lighthouse Authorities (IALA). (2023). Manual de ayudas a la navegación marítima “Navguide 2023”. 9na Edición.
- (10) <https://www.lindley.pt/es/almarin/senales-maritimas/boyas>. Página web.
- (11) Prefectura Naval Argentina (PNA). (2001). *ORDENANZA N° 5/01 (DPSN). Tomo 3 “Régimen operativo del Buque”*
- (12) Observatorio de Energía y Sustentabilidad. Facultad Regional Rosario. Universidad Nacional Tecnológica (UTN) (2014). *Análisis del recurso eólico de la ciudad de Rosario*.

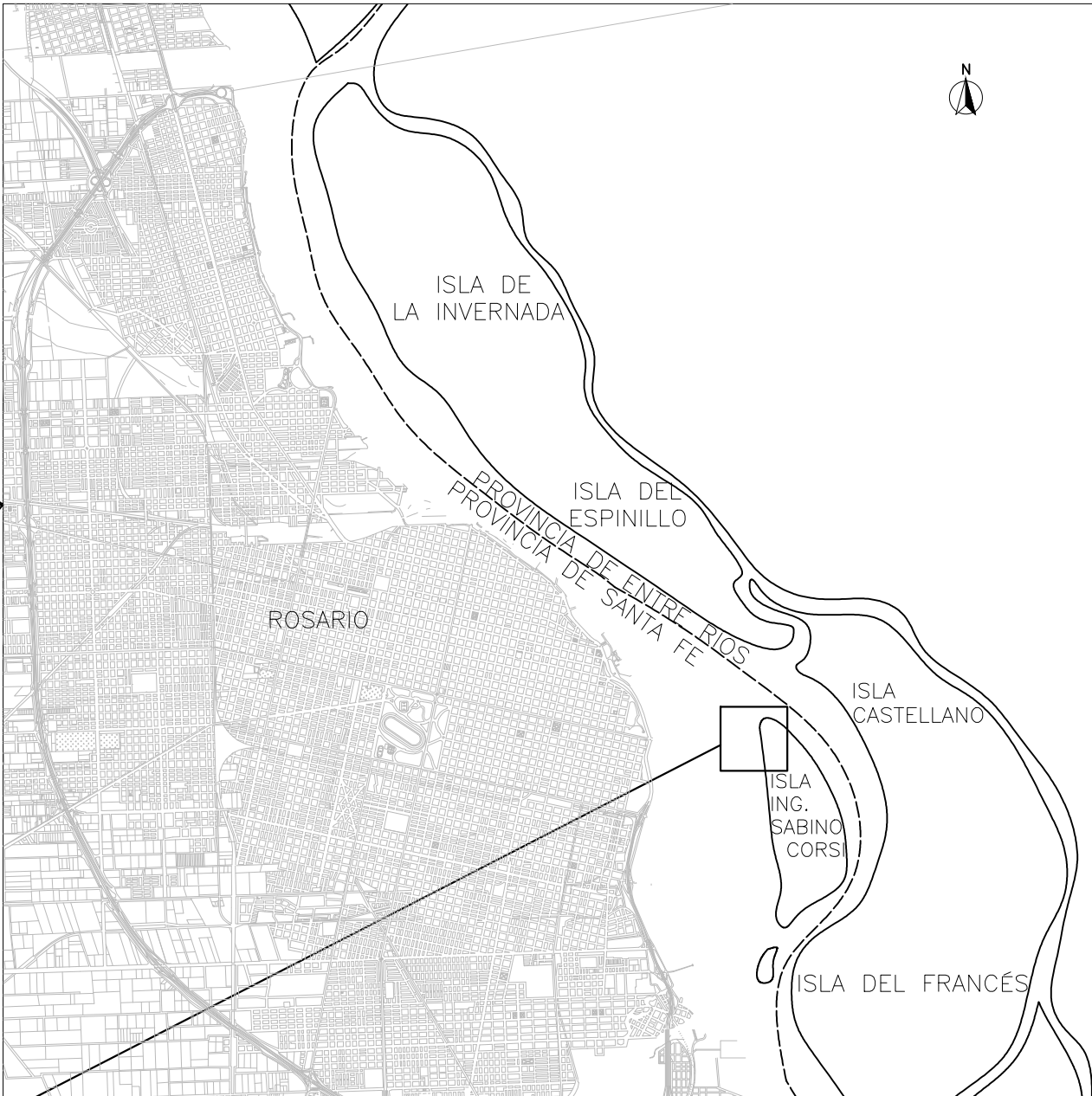
- (13) Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2005). *Reglamento CIRSOC 601: Reglamento argentino de estructuras de madera*.
- (14) Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2020). *Suplemento Reglamento CIRSOC 102: Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones*.
- (15) Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2015). *Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3 "Tablas de pino taeda y elliottii"* (Norma IRAM 9662-3)
- (16) Das, B. M. (2014). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7.^a ed.). Cengage Learning.

10. PLANOS

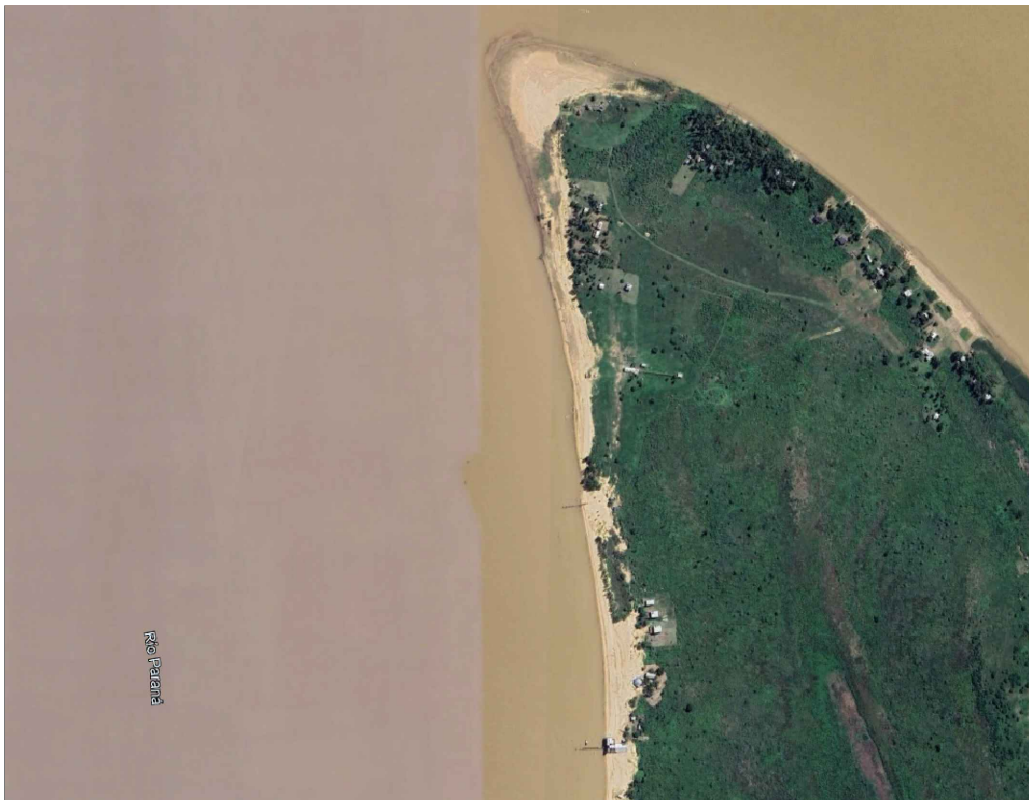
CROQUIS DE UBICACIÓN EN LA PROVINCIA



CROQUIS DE UBICACIÓN EN LA CIUDAD DE ROSARIO



ZONA A INTERVENIR

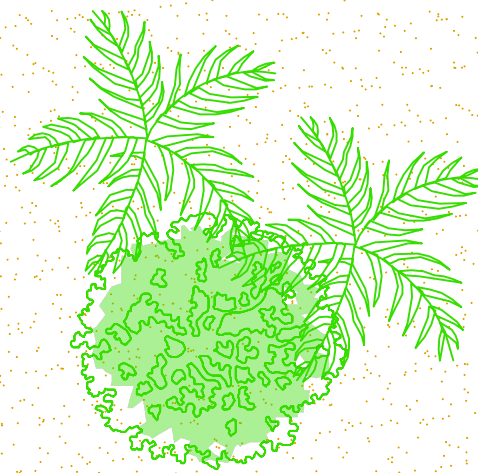
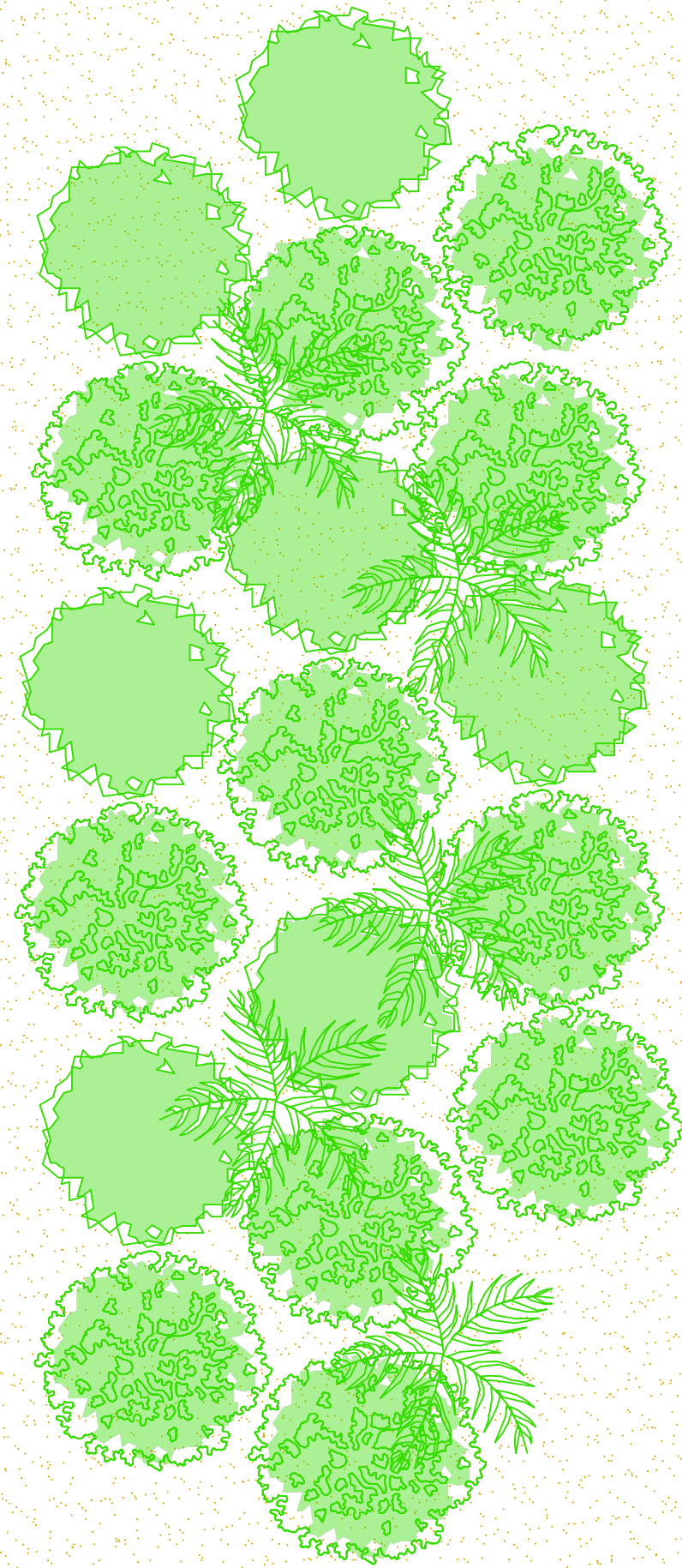
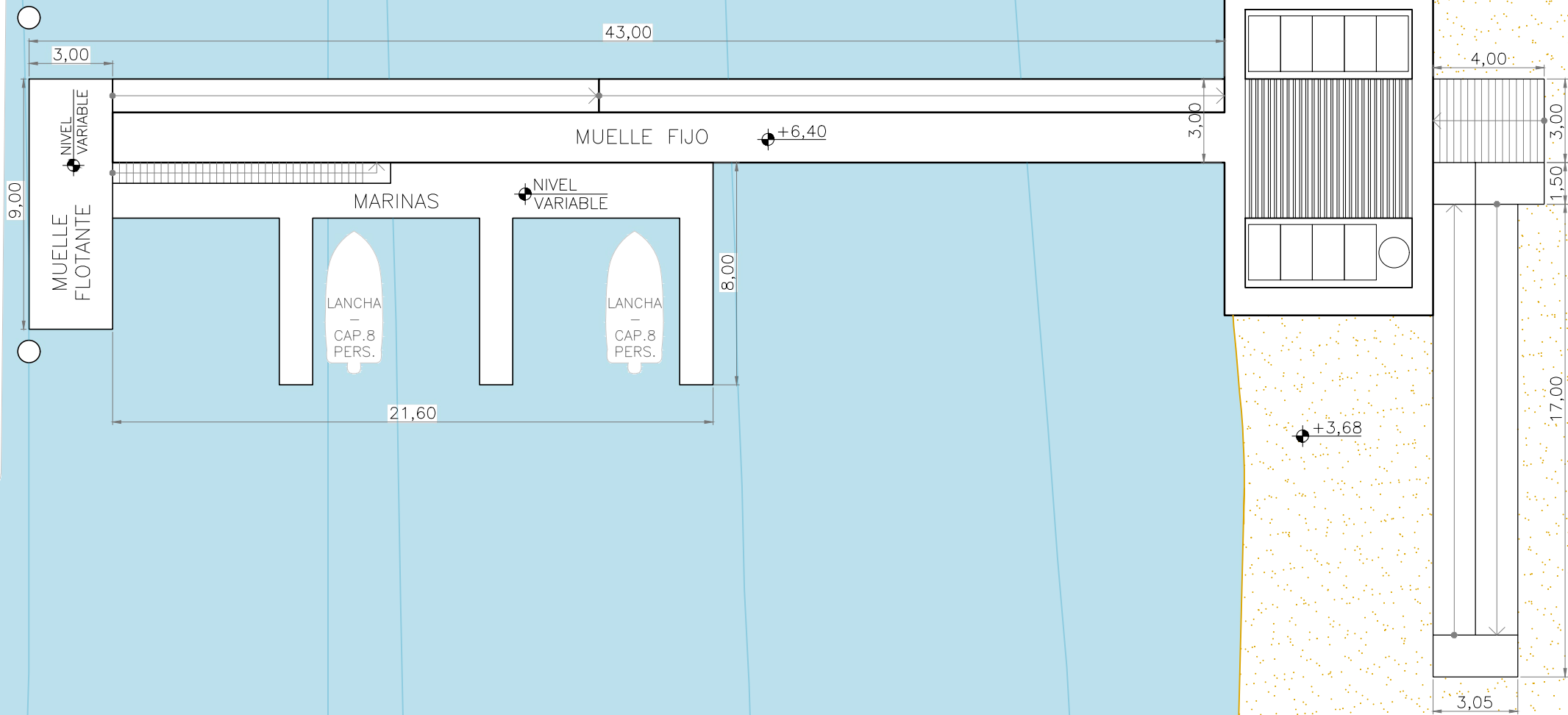


		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO			
PROYECTO DE MUELLE EN ISLA "ING. SABINO CORSI" KM 416 A 417 HIDROVÍA RÍO PARANÁ					INTEGRANTES:
PLANO N°: 01	UBICACIÓN DEL PROYECTO				ALEMAÑ, Andrés FERNANDEZ, Emiliano GHERBEZZA, Chiara PEYRETTI, María Agustina
FECHA FEBRERO 2026		DEVOLUCIÓN REV. C			

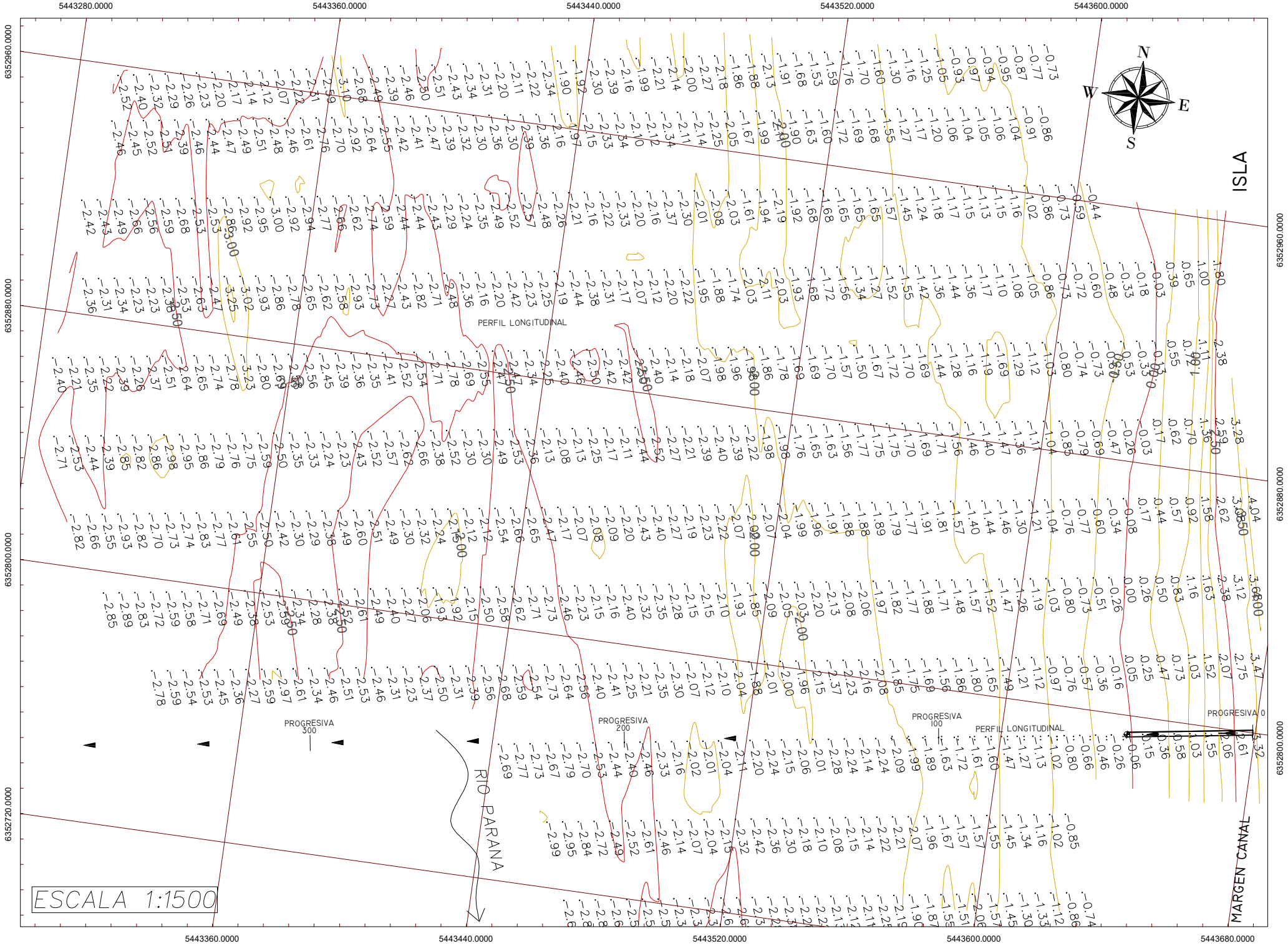
ESQUEMA DE UBICACIÓN



CATAMARÁN
CAPACIDAD
300
PERSONAS



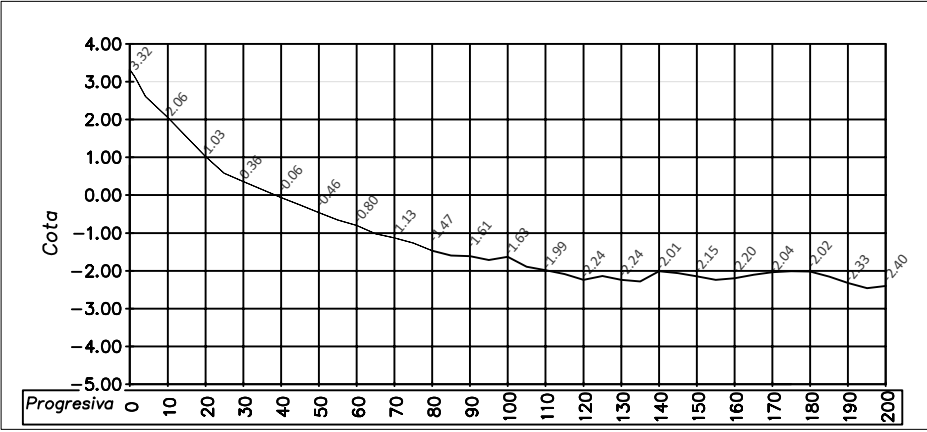
PUNTOS ACOTADOS



NOTA: ESTE PLANO SE ELABORÓ EN BASE AL PLANO PROPORCIONADO POR ENAPRO "RELEVAMIENTO ROPOBATIMÉTRICO ISLA SABINO CORSI", FECHA 1/12/2020

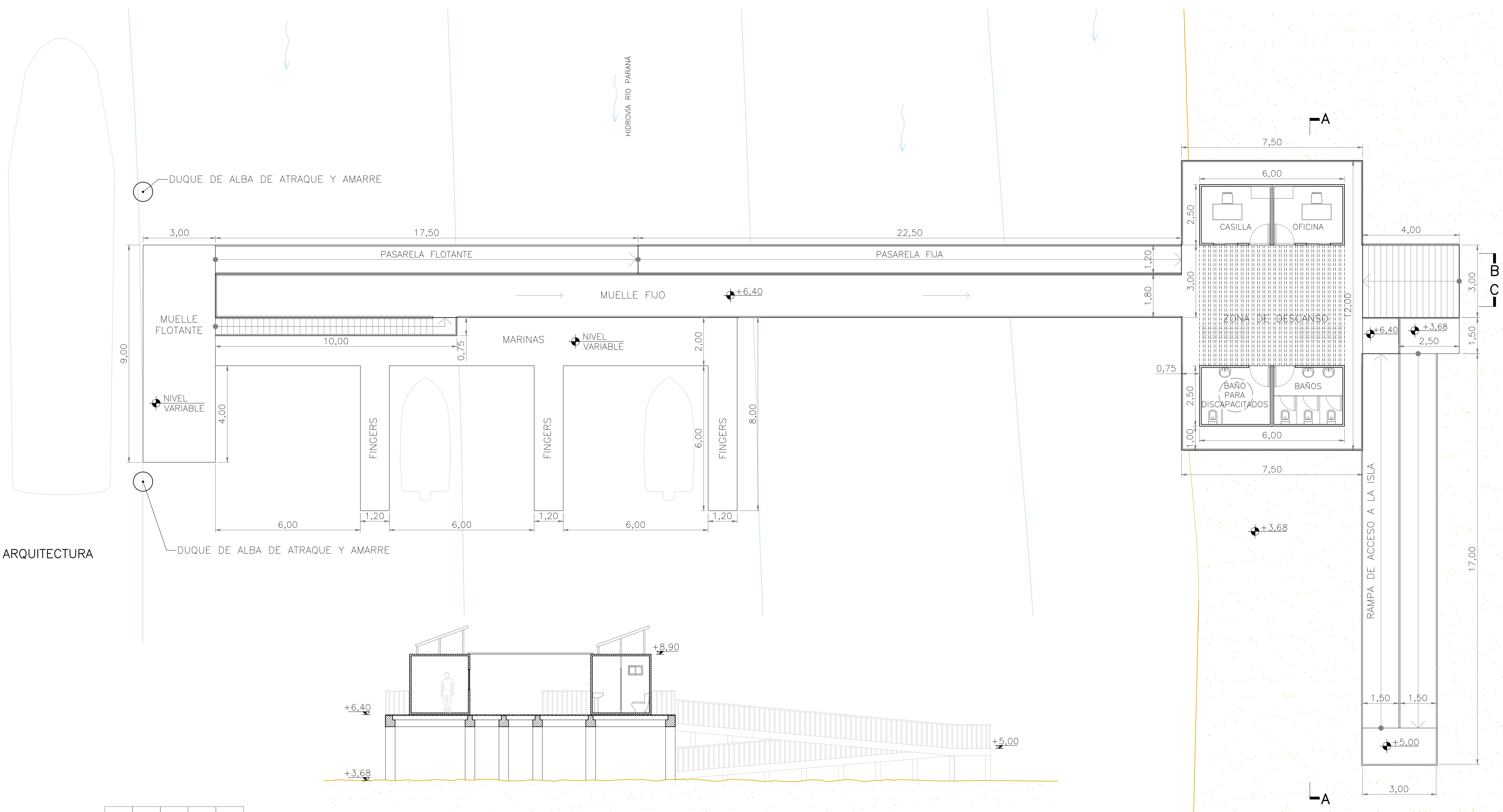
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000
ESCALA VERTICAL 1 : 200

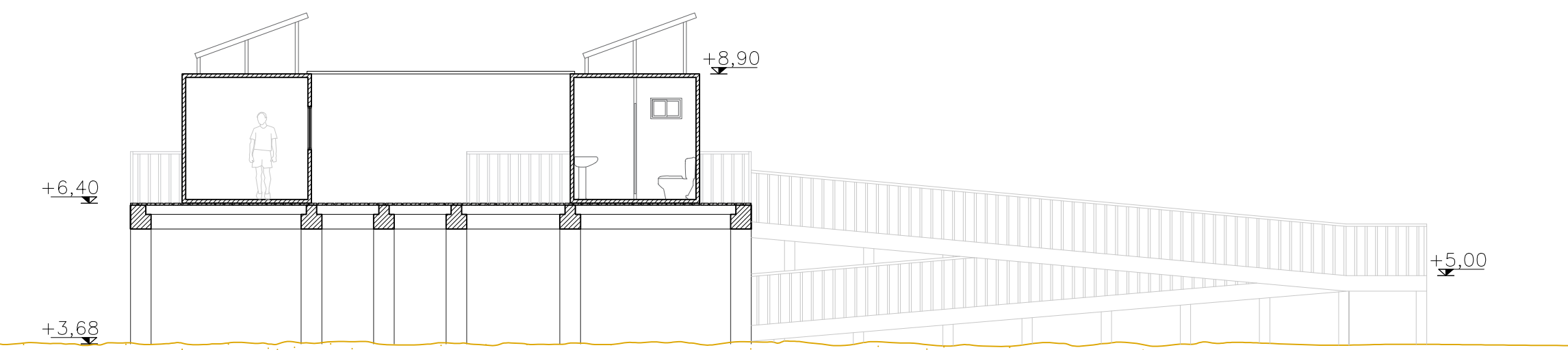


 PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO			
PROYECTO DE MUELLE EN ISLA "ING. SABINO CORSI" KM 416 A 417 HIDROVÍA RÍO PARANÁ			
PLANO N°: 03	BATIMETRÍA Y PERFIL LONGITUDINAL DEL LECHO		
	FECHA FEBRERO 2026	ESCALA	DEVOLUCIÓN REV. C
INTEGRANTES:		ALEMAÑ, Andrés FERNANDEZ, Emiliano GHERBEZZA, Chiara PEYRETTI, María Agustina	

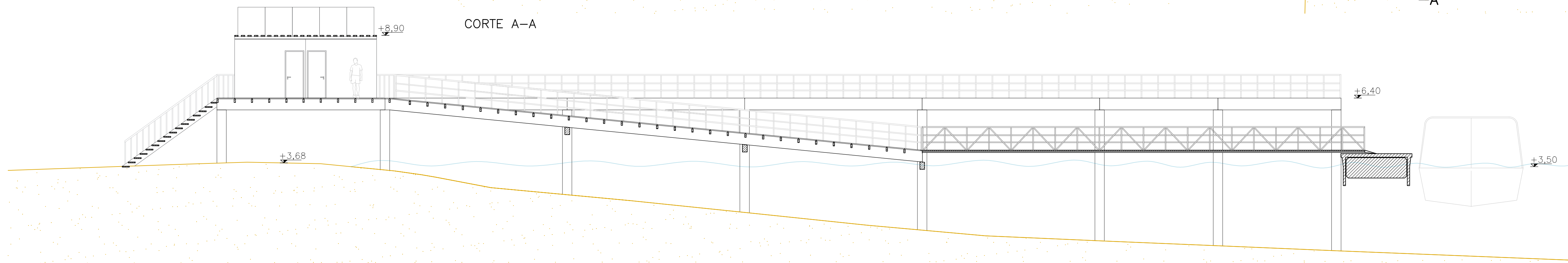
PLANTA DE ARQUITECTURA



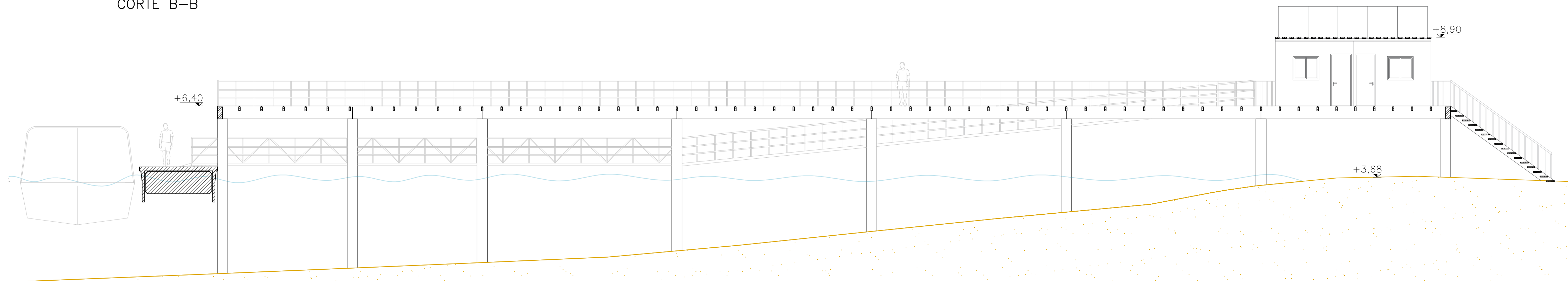
CORTE A-A

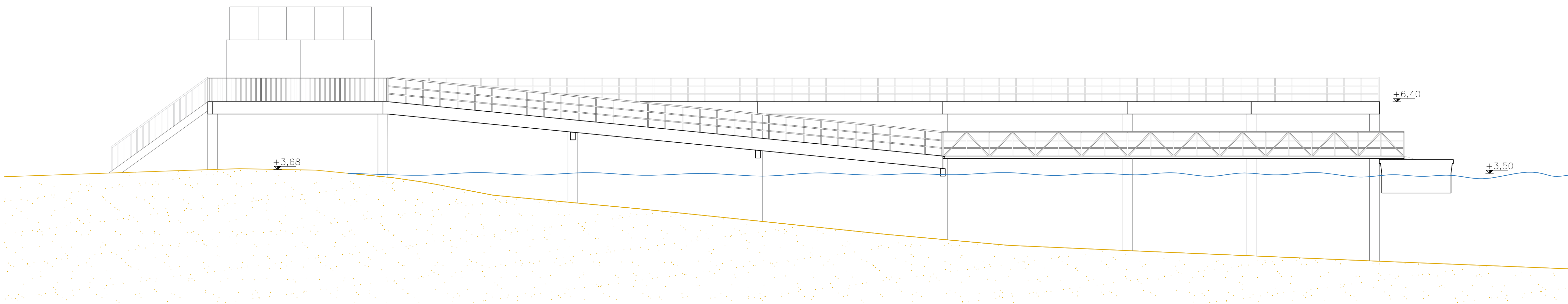


CORTE B-B

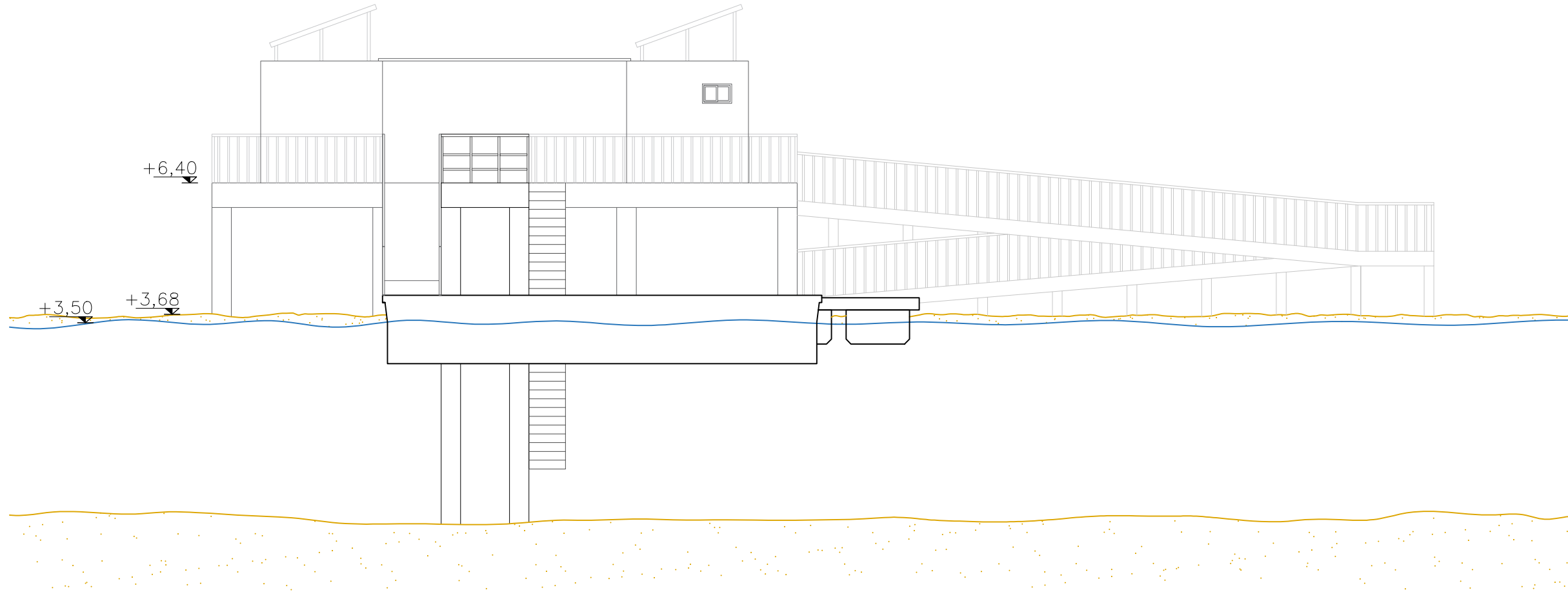


CORTE C-C

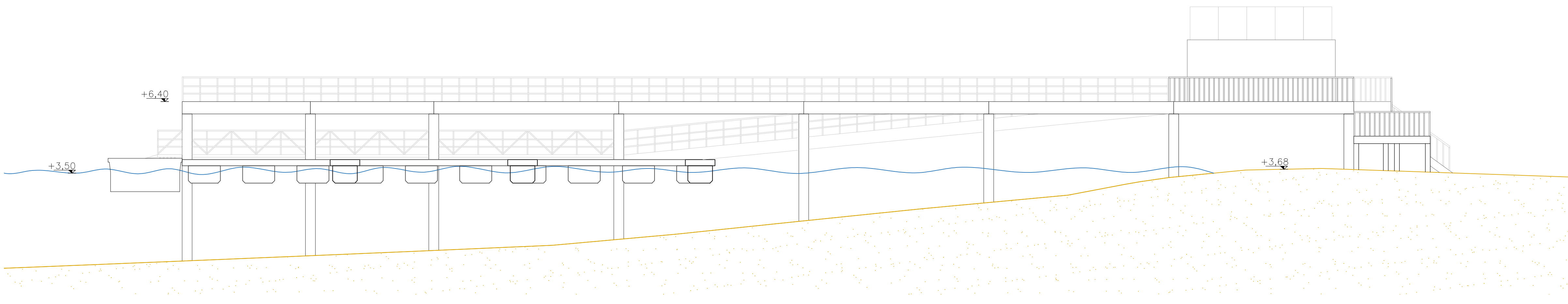




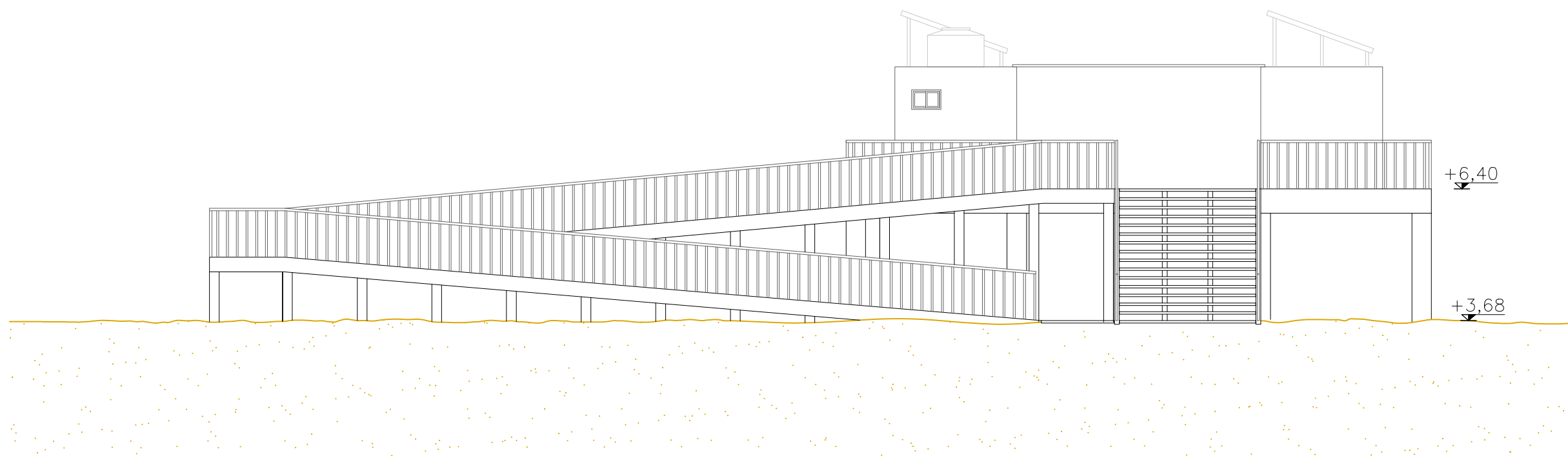
VISTA NORTE



VISTA OESTE

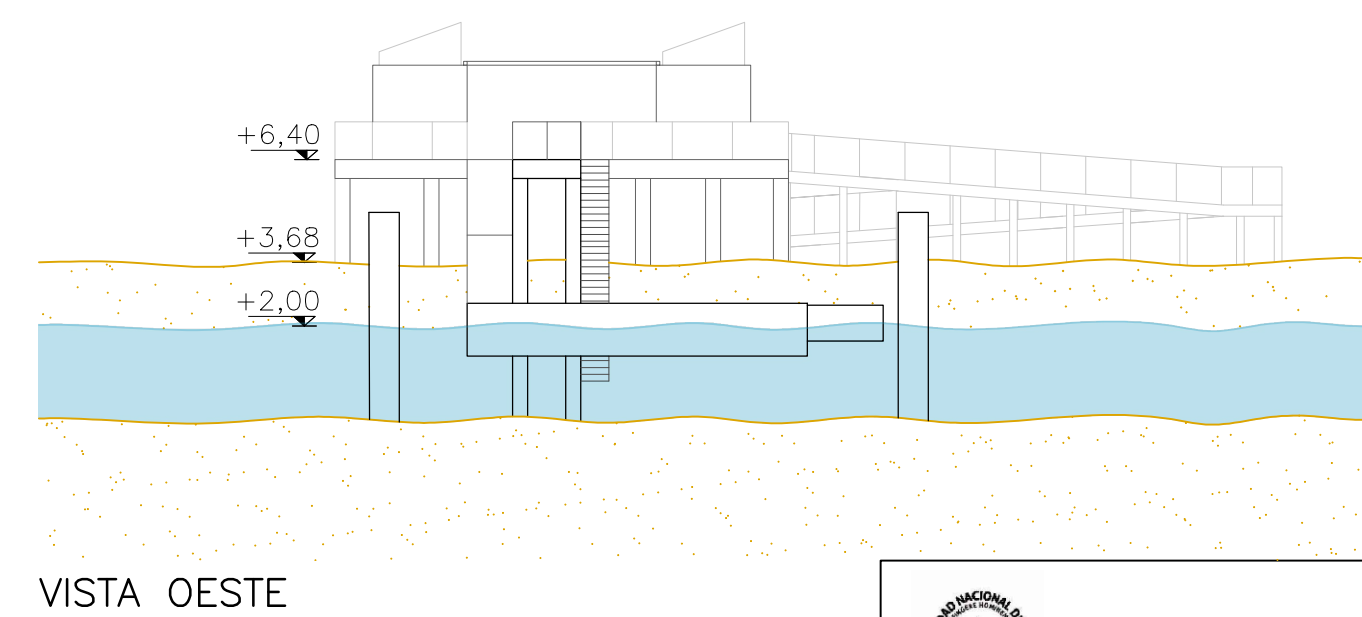
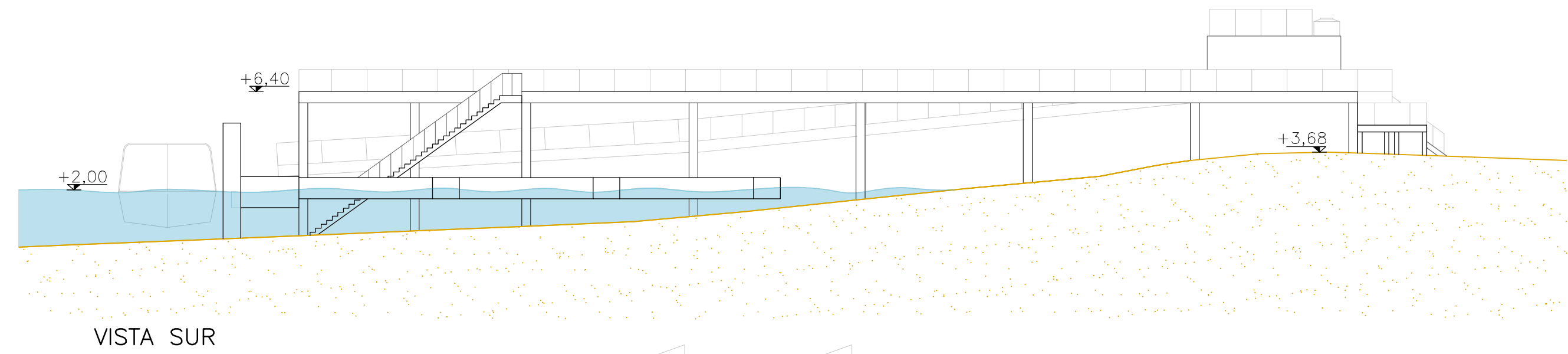
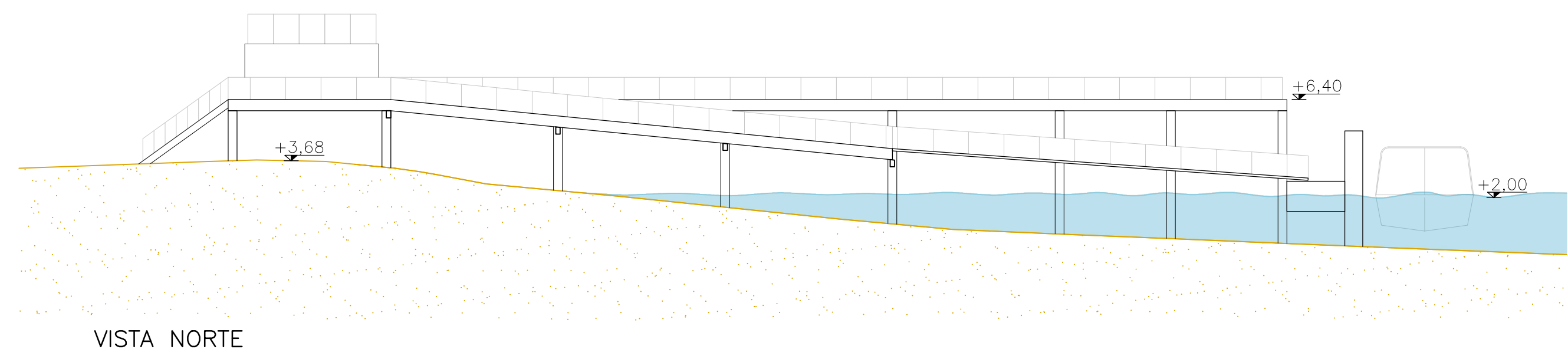
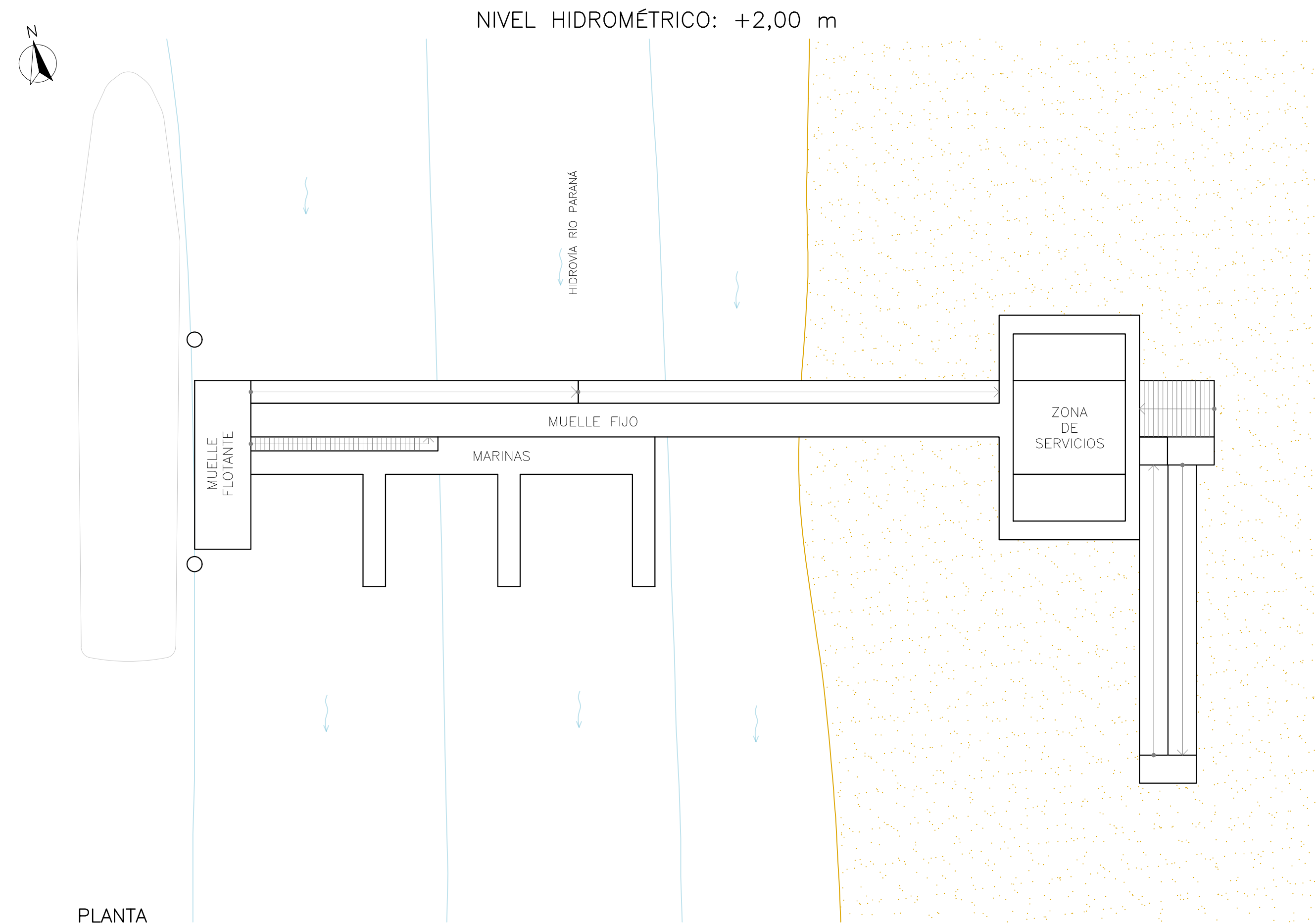
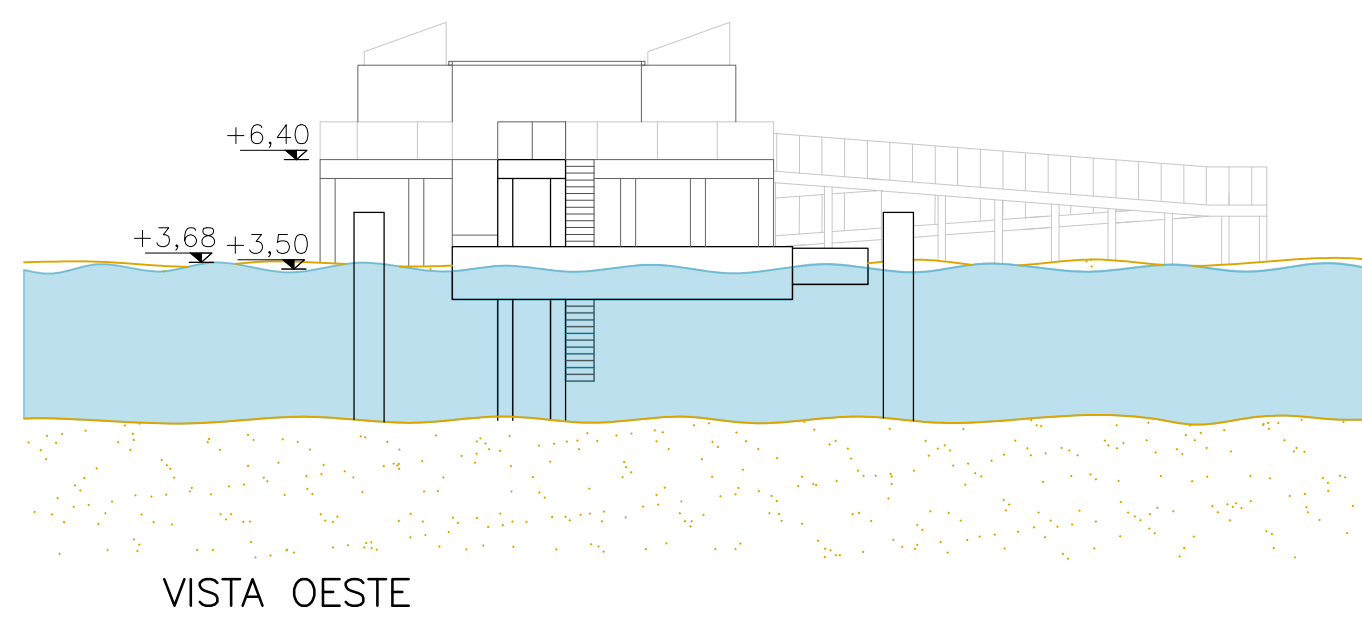
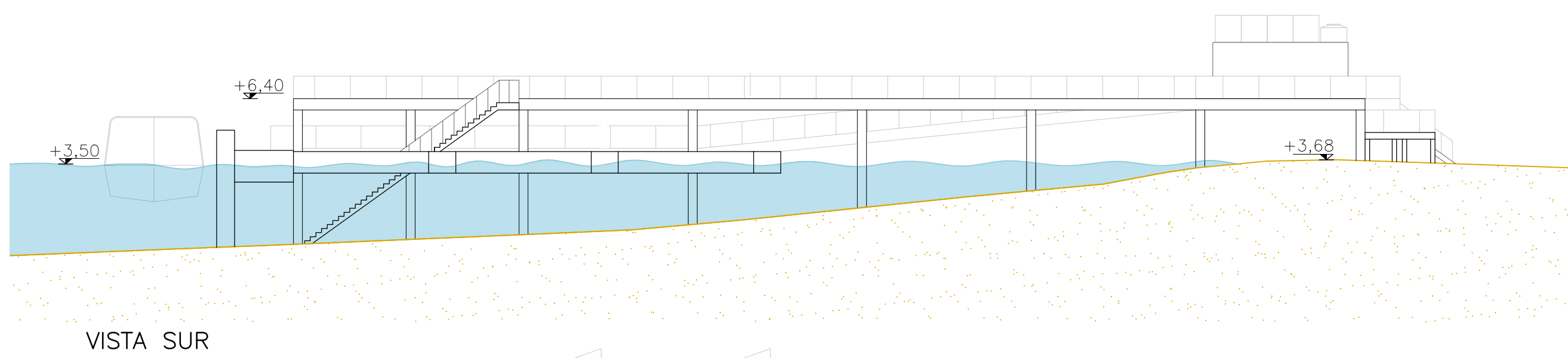
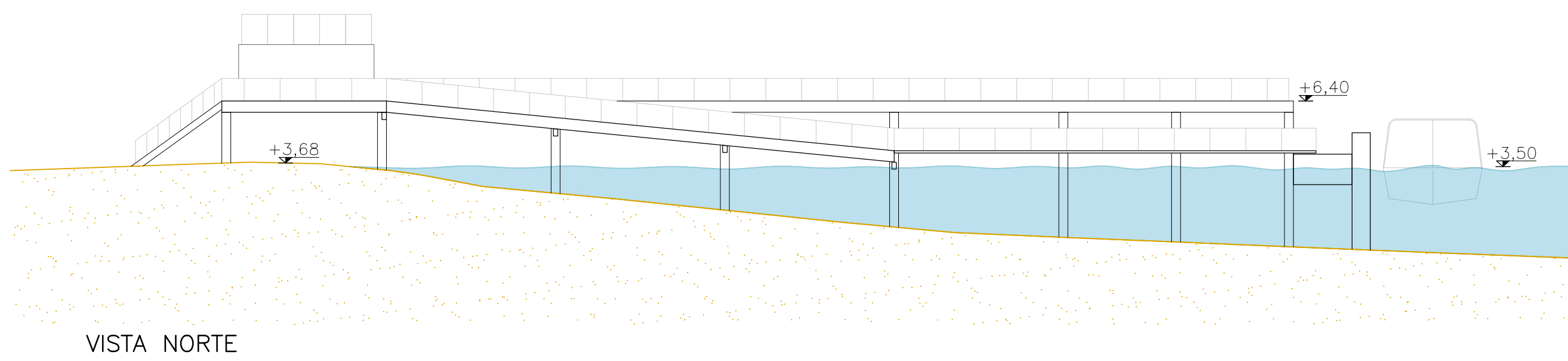
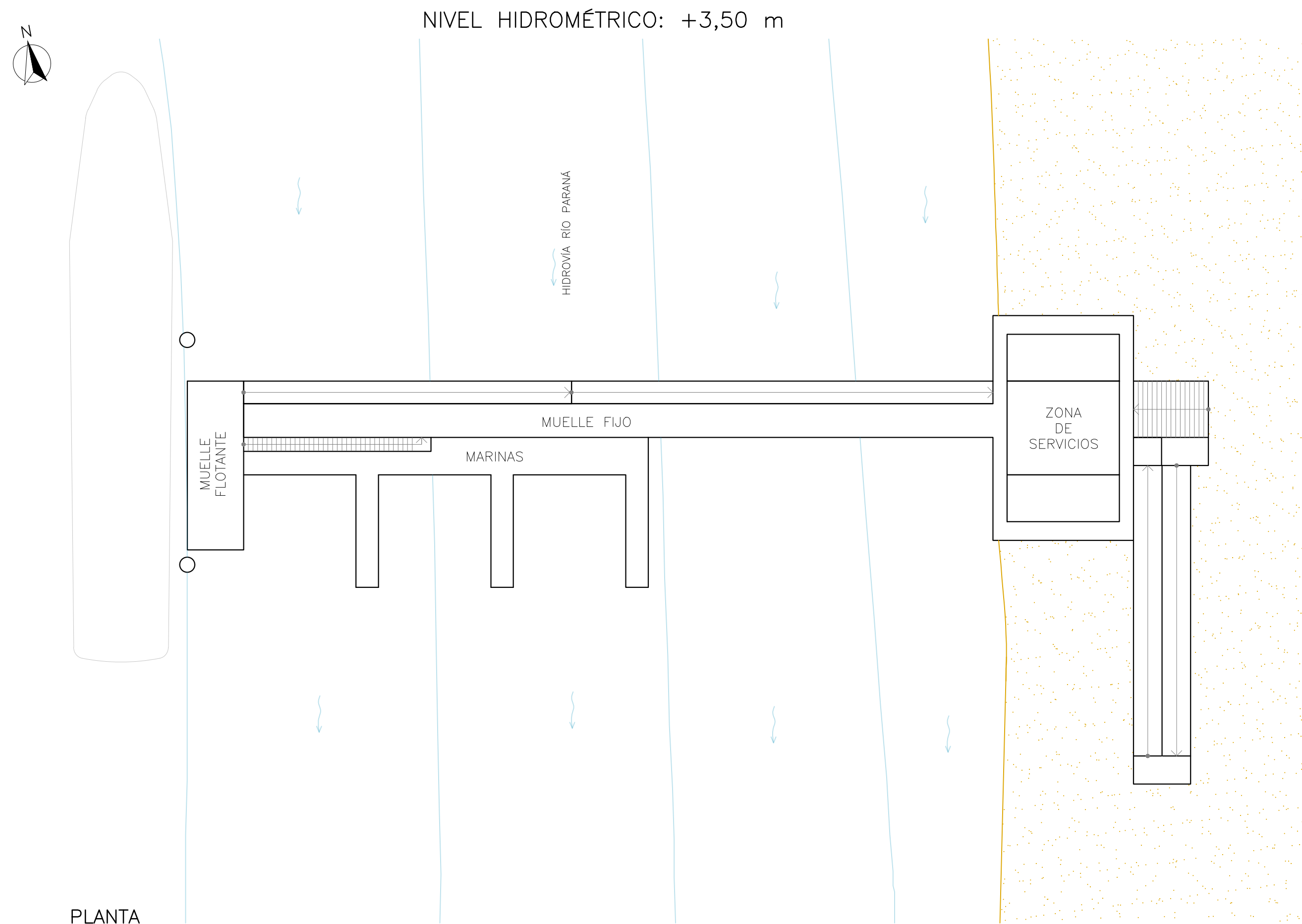


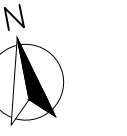
VISTA SUR



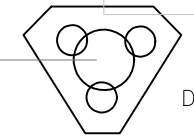
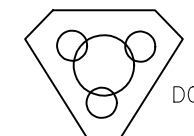
VISTA ESTE

PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO 			
PROYECTO DE MUELLE EN ISLA "ING. SABINO CORSI" KM 416 A 417 HIDROVÍA RÍO PARANÁ			
PLANO N°:	VISTAS		
05	FECHA FEBRERO 2026	ESCALA 1:100 Medidas en m	DEVOLUCIÓN REV. C
INTEGRANTES:			ALEMAÑ, Andrés FERNANDEZ, Emiliano GHERBEZZA, Chiara PEYRETTI, María Agustina



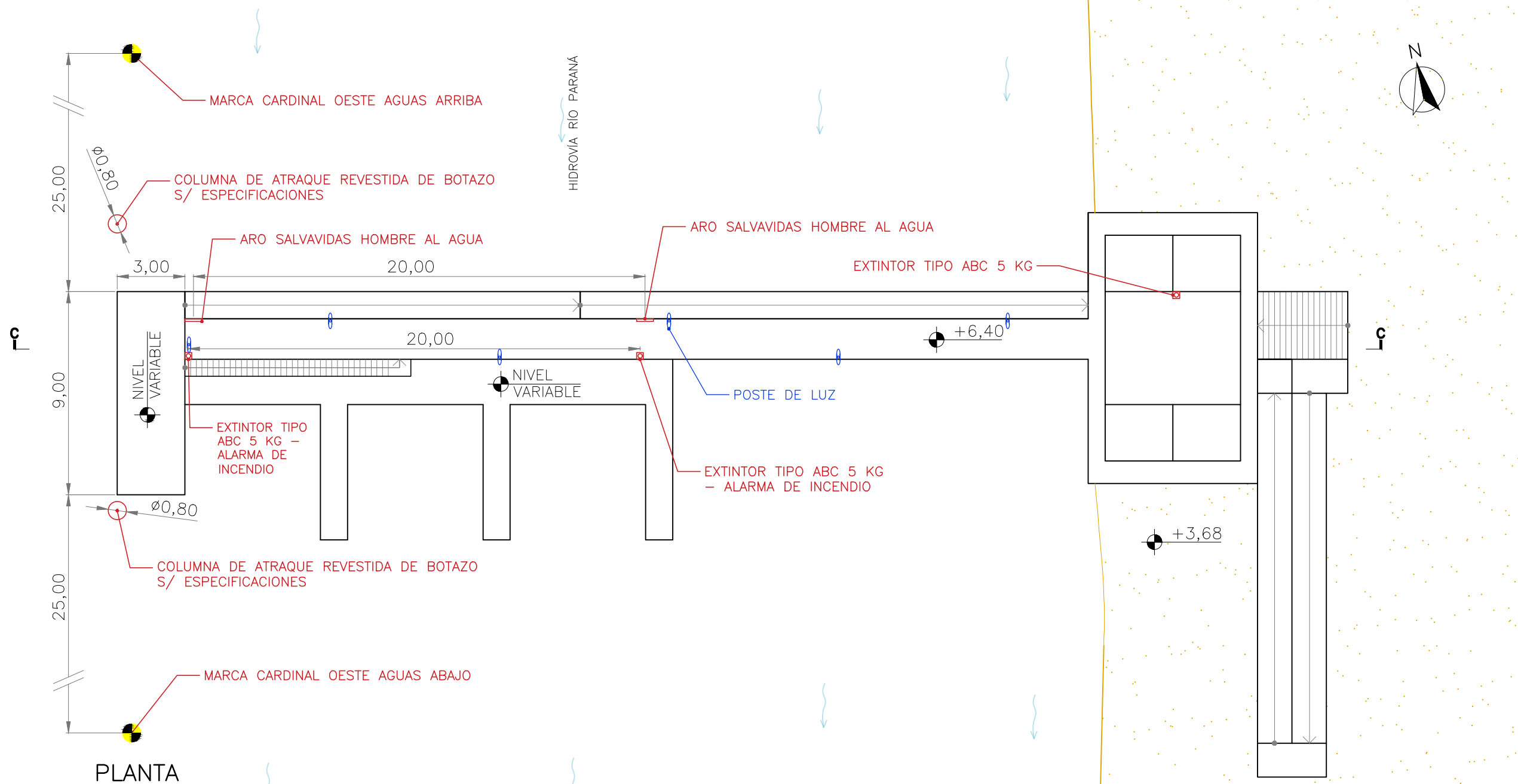


CORTE A-A

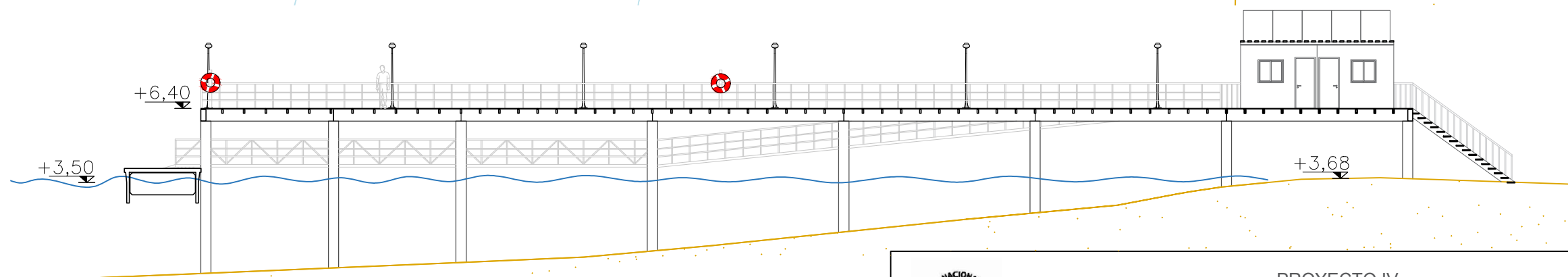


DIMENSIONES PILOTES				
PILOTE	Φ [m]	NSP [m]	NIP [m]	Cont [uni]
Tipo 1	0,40	-5,90	-7,10	24
Tipo 2	0,40	-5,90	-11,00	6
Tipo 3	0,20	-5,90	-13,15	50

MATERIALES:
HORMIGÓN H-30
ACERO ADN 420



PLANTA



CORTE C-C

 PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO 			
PROYECTO DE MUELLE EN ISLA "ING. SABINO CORSI" KM 416 A 417 HIDROVÍA RÍO PARANÁ			
PLANO N°:	PLANO DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN		
08	FECHA FEBRERO 2026	ESCALA 1:200 Medidas en m	DEVOLUCIÓN REV. C
INTEGRANTES:			ALEMAÑ, Andrés FERNANDEZ, Emiliano GHERBEZZA, Chiara PEYRETTI, María Agustina

11. ANEXOS

11.1. ANEXO I

CÁLCULO DE REVANCHA DEBIDO AL VIENTO

1. REVANCHAS PRODUCIDAS POR EL EFECTO DEL VIENTO

Se realiza el cálculo de dos revanchas producidas por el efecto del viento. Para estos cálculos se utiliza el apunte temático “Altura de la Presa /Revanchas”⁽¹⁾ redactado por la cátedra de Obras hidráulicas de FCEIA, siguiendo la metodología para la determinación de la revancha de coronamiento en presas y embalses. Cabe destacar que este cálculo se toma de manera conservadora puesto que el muelle tiene en realidad una determinada transparencia que resulta en un comportamiento diferente, resultante en menor altura, que el comportamiento de una interposición tal como una presa o muro.

En primer lugar se procede a obtener el efecto de embalsamiento provocado por el viento “ h_1 ”.

- La altura por embalsamiento provocado por el viento (h_1) (Ver Figura Al.1): debido a que el viento produce en el río una elevación del espejo líquido contra el muelle.

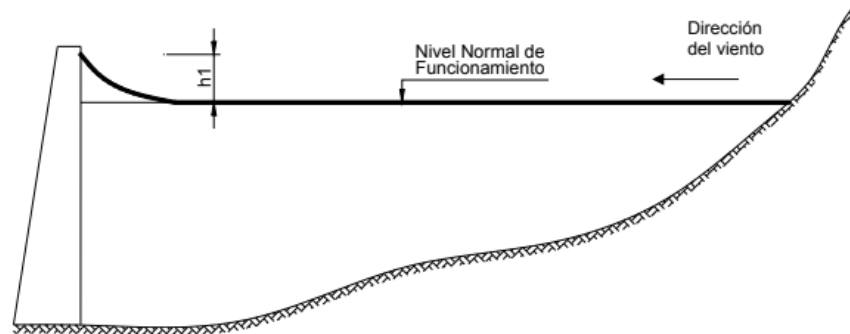


Figura Al.1. Efecto de embalsamiento provocado por el viento. Fuente: Apunte Altura de la Presa /Revanchas provista por el Departamento de Hidráulica de la UNR

Para ello se utiliza la expresión de carácter empírico de Zweeder Zee:

$$h_1 = \frac{v^2 * f}{62819 * D}$$

Donde:

- v: velocidad del viento (km/hora)
- f: fetch (km).
- D: profundidad media del embalse (m) en la línea del fetch considerada.

Se cita del apunte de guía “El fetch es un parámetro (longitud) que queda definido por las intersecciones de la recta según la cual el viento sopla en un instante y el contorno del espejo de agua sometido a su acción, referido al punto de interés (por ejemplo, cierre de la presa); es decir; se define el fetch como la longitud máxima del embalse en la dirección de viento considerada”. Ver Figura Al.2.

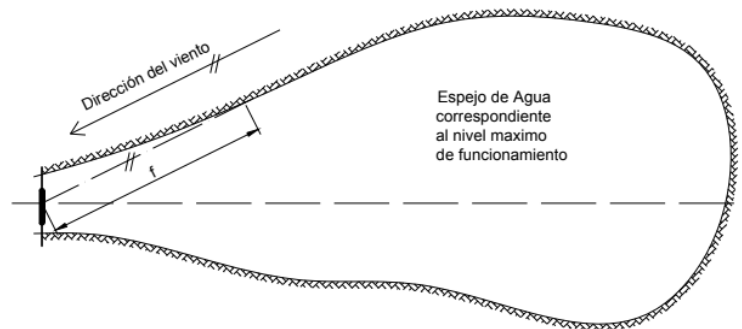


Figura Al.2. Efecto de embalsamiento provocado por el viento. Fuente: Apunte Altura de la Presa /Revanchas provista por el Departamento de Hidráulica de la UNR

Debe cuidarse al examinar las peores condiciones la posibilidad de que las mismas se produzcan con velocidades de viento menores que las máximas, pero con fetchs considerablemente mayores.

Para determinar la dirección e intensidad se utiliza un estudio realizado por estudiantes de la UTN llamado “Análisis del recurso eólico de la ciudad de Rosario”⁽¹²⁾.

La dirección S-SO como se observa en la Figura Al.3, realizados por la UTN, son los que tienen la mayor energía. Si bien esta dirección no es la más frecuente, se considera ya que es la que mayor energía contiene.



Figura 7. Rosa de los vientos de frecuencia y energía a 72 metros



Figura 8. Rosa de los vientos de frecuencia y energía a 48 metros.

Figura Al.3. Análisis de frecuencia e intensidad. Fuente: Apunte Análisis del recurso eólico de la ciudad de Rosario de la UTN.

Para el cálculo de la profundidad media D (m) es posible realizar la propuesta de cálculo que se muestra en la Figura Al.4, que representa un corte vertical en la línea del Fetch considerada.

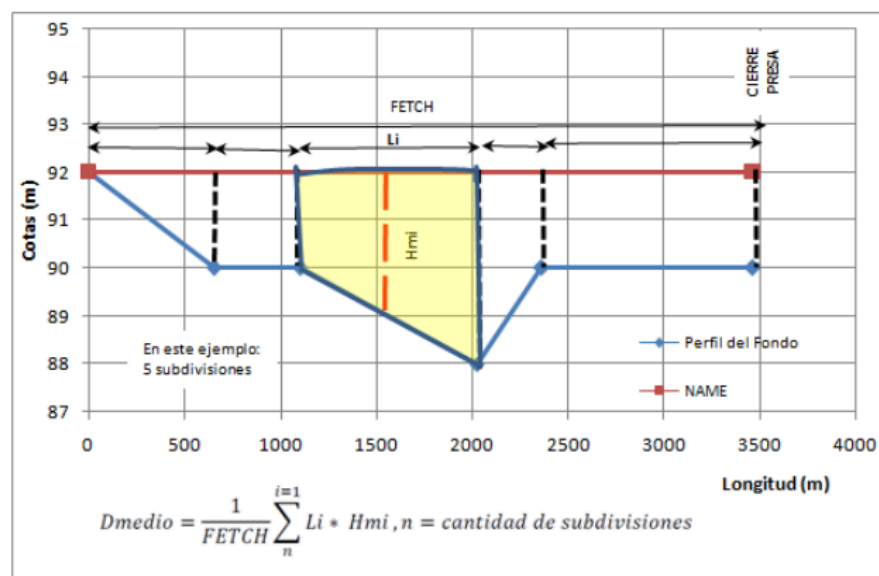


Figura Al.4. Ejemplo perfil de fondo. Fuente: Apunte Altura de la Presa /Revanchas provista por el Departamento de Hidráulica de la UNR.

Lo mencionado y calculado se adjunta en el plano Al.1. y las planillas “Cálculo de Revanchas debido al viento” en la página siguiente.

- En segundo lugar, debe calcularse la altura asociada al efecto de la ola generada por el viento (h_2), dado que tanto la altura (h_0) como la longitud o período de la ola dependen de la velocidad del viento, su duración y el fetch correspondiente (ver Figura Al.5). Teniendo en cuenta que la altura h_2 es menor que h_0 , y representa la porción de la ola que se encuentra por encima del nivel de funcionamiento adoptado para el cálculo de las revanchas.

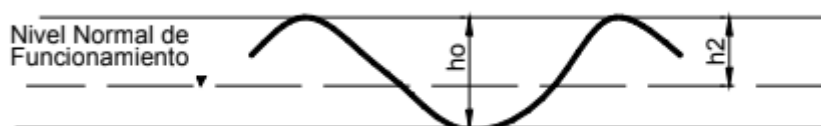


Figura A I.5. Efecto de la ola provocado por el viento. Fuente: Apunte Altura de la Presa /Revanchas provista por el Departamento de Hidráulica de la UNR.

En cuanto al procedimiento para obtener el Fetch, resulta del promedio de 9 rayos, separados aproximadamente 3° a cada lado de la dirección dominante.

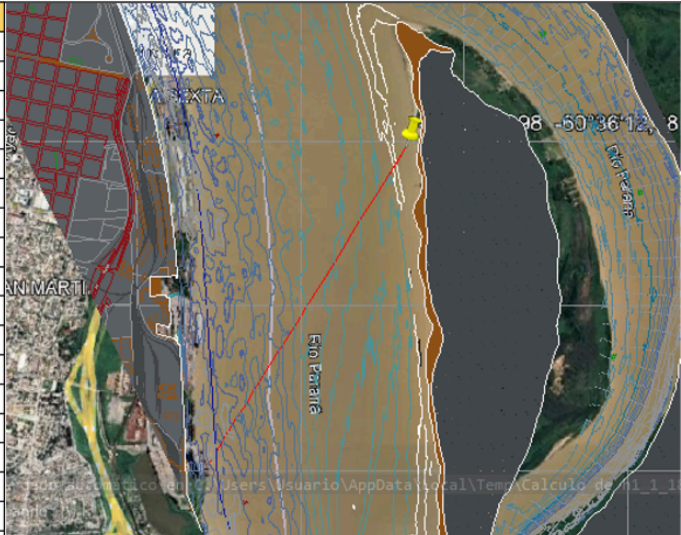
La duración de rafaga adoptada el ingreso al ábaco es de 45 minutos como habitual para estos casos.

Lo mencionado y calculado se adjunta en el plano Al.2 y las planillas “Cálculo de Revanchas debido al viento” en la página siguiente.

Cálculo de revanchas debido al viento

Calculo h1 (Embalsamiento provocado por el viento)

Li (m)	ΔLi (m)	Hmi (m)	ΔLi *Hmi
323,12	161,56	1	161,5576
521,27	99,08	2	198,157
816,15	147,44	3	442,3212
1.143,72	163,78	4	655,1314
1.279,61	67,95	5	339,73575
1.417,33	68,86	6	413,1447
1.453,92	18,30	7	128,08635
1.629,14	87,61	8	700,8564
1.679,41	25,14	9	226,22445
1.733,85	104,71	9	942,3783
1.832,67	153,26	9	1379,3652
1.904,70	170,86	9	1537,704
1.945,31	112,64	9	1013,7222
1.986,19	40,74	10	407,4235
2.094,60	149,29	10	1492,871
2.118,98	132,80	10	1327,954
2.248,34	153,74	10	1537,441
Sumatoria ΔLi *Hmi			12904,07405



D medio	5,74
V [Km/hr]	120
f [km]	2,24834
D medio [m]	5,74
h1 [m]	0,1

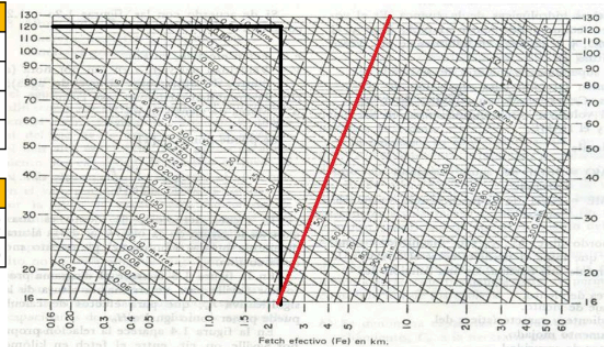
h2 (Efecto de ola provocado por el viento)

Fetch	Longitud [m]
1	1826,44
2	1933,02
3	2058,79
4	2208,55
5	2248,34
6	2547,87
7	2739,44
8	2886,99
9	3023,59
Promedio	2385,89



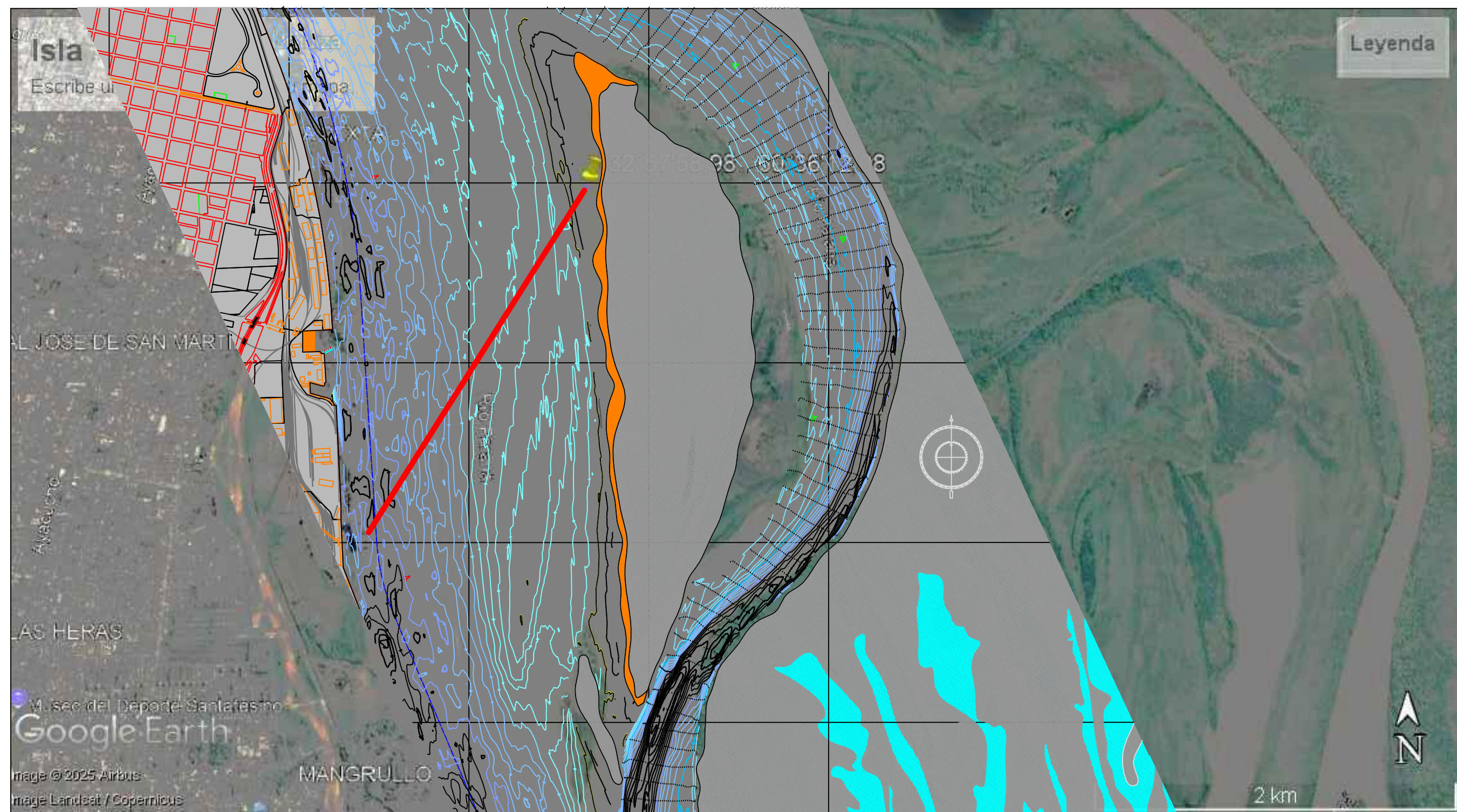
Calculo h0	
Recurrencia	100 años
Fetch Ponderado [m]	2385,89
Velocidad de rafaga	120 [km/hr]
Duración	45 [min]

Datos obtenidos del abaco	
h0 [m]	1,2
h2 [m]	0,8



ht (h1+h2) [m] 0,9

Tabla resumen de revanchas	
h1 (Embalsamiento provocado por el viento)	0,1
h2 (Efecto de ola provocado por el viento)	0,8
h3 (Francobordo mínimo)	0,2
h4 (Consideraciones del paquete estructural)	0,6
Cota de coronamiento final	7,0




PODER EJECUTIVO NACIONAL
SUBSECRETARIA DE PUERTOS Y VIAS NAVEGABLES
DIRECCION NACIONAL DE VIAS NAVEGABLES
DELEGACION PARANA INTERIOR

RIO PARANA
RELEVAMIENTO BATIMETRICO

PUERTO ROSARIO-ABAJO RADA PUERTO ROSARIO
CANAL ORIENTAL KM. 410 - 420
JUNIO 2012

		FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO			
CÁLCULO AUXILIARES PARA LA OBTENCIÓN DE REVANCHA "EFECTO DE EMBALSAMIENTO PROVOCADO POR EL VIENTO"				INTEGRANTES:	
PLANO N°: A I.01		ISLA SABINO CORSI KM 416 A 417 HIDROVÍA PARAGUAY - PARANA		ALEMAÑ, Andrés FERNANDEZ, Emiliano GHERBEZZA, Chiara PEYRETTI, María Agustina	
FECHA FEBRERO DE 2026		ESCALA 1 :1000		DEVOLUCIÓN REV C	



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



CÁLCULO DE FETCH RECURRENCIA 100 AÑOS
ISLA SABINO CORSI

INTEGRANTES:

PLANO N°:

A I.02

ISLA SABINO CORSI KM 416 A 417
HIDROVÍA PARAGUAY - PARANA

FECHA

FEBRERO DE 2026

ESCALA

1 :1000

DEVOLUCIÓN

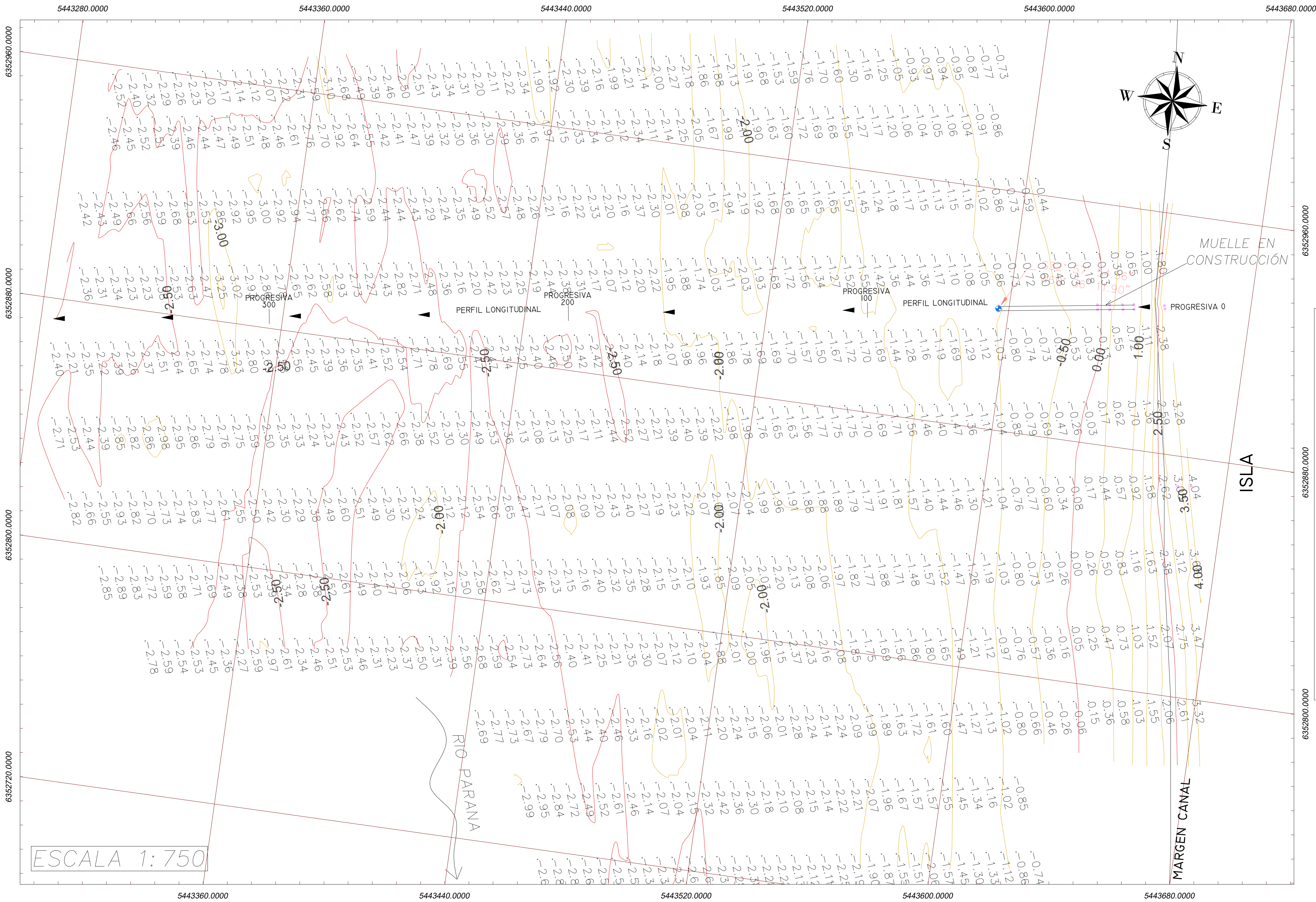
REV C

ALEMAÑ, Andrés
FERNANDEZ, Emiliano
GHERBEZZA, Chiara
PEYRETTI, María Agustina

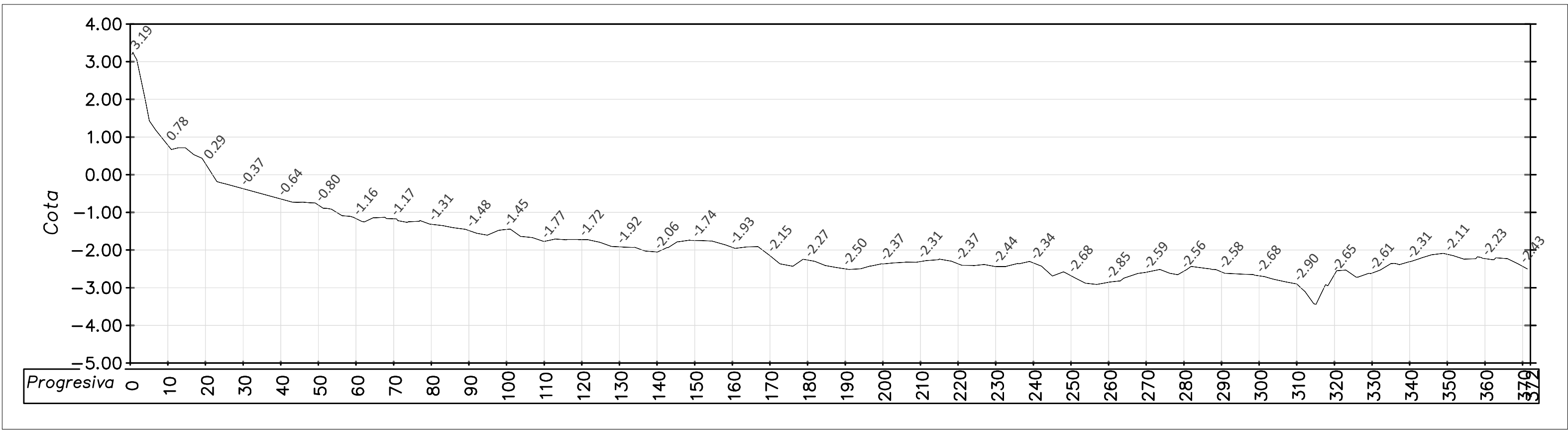
11.2. ANEXO II

RELEVAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO ISLA SABINO CORSI

PUNTOS ACOTADOS

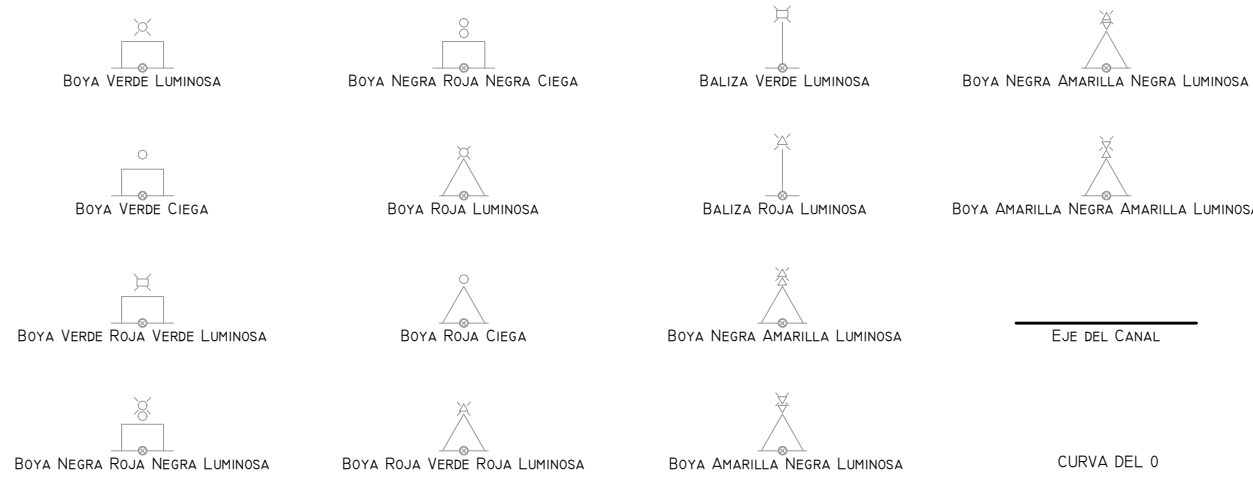


PERFIL LONGITUDINAL



REFERENCIAS

- POSTE DE MADERA
- GRILLA DE PUNTOS (5x25m)
- CURVA DE NIVEL PRINCIPAL (2.5m)
- CURVA DE NIVEL SECUNDARIA (0.5m)



EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACION DEL LEVANTAMIENTO DE DATOS

EMBARCACIÓN:	LANCHA CHIROPTERA
POSICIONADOR PLANIMETRICO SATELITAL :	TRIMBLE, 4800 LI/L2 RTK PRECISIÓN CENTIMÉTRICA
SONDA ECÓGRAFA:	RAYTHEON, DE719D MK2 FRECUENCIA UTILIZADA: 210 KHZ. RESOLUCION DE 0,5% DE LA PROFUNDIDAD
SOFTWARE DE LEVANTAMIENTO Y PROCESAMIENTO:	HYPACK MAX LITE 2011

SISTEMA DE COORDENADAS POSGAR 94 - FAJA 5
DATUM WGS 1984

LECTURA HIDRÓMETRO PTO. ROSARIO +0,67m
GRILLA DE 5M X 25M

LAS COTAS SE CONSIGNAN EN METROS Y ESTAN REFERIDAS AL HIDROMETRO DE PUERTO ROSARIO

OPERO Y PROCESO: AGRIM. CURA RAMIRO

DIBUJO: CURA, RAMIRO

ENAPRO
ENTE ADMINISTRADOR PUERTO ROSARIO

RELEVAMIENTO TOPOBATIMETRICO ISLA SABINO CORSI

ENTRE LOS KM 416 Y 417 HIDROVIA

ROSARIO, 1 DE DICIEMBRE 2020



11.3. ANEXO III

LONGITUD DEL MUELLE

1. DETERMINACIÓN DEL CALADO DE ATRAQUE Y LONGITUD DEL MUELLE

A partir de la definición exacta de la ubicación del muelle, observada en la Figura A III.1, para definir la longitud del muelle, se evalúa sobre la batimetría, la franja central, la cual coincide con el eje del muelle (Recuadro en verde).

El calado del atraque en planta se extenderá como mínimo a lo largo de toda la longitud de la línea de atraque, extendiéndose en cada extremo una longitud igual a 0,15 veces la eslora correspondiente al buque de diseño en el atraque de eslora máxima (L_{max}), y como mínimo una longitud total de 1,5 L_{max} .

Es decir, una longitud igual a:

$$L_a + 0,3 \cdot L_{max} > 1,5 \cdot L_{max}$$

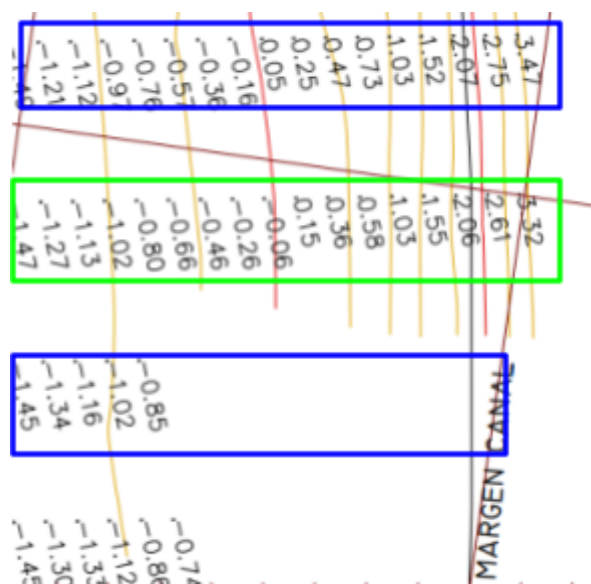
En la dirección perpendicular, en planta, se debe asegurar el calado en una extensión de 1,25 veces la manga máxima.

Es decir, una longitud igual a:

$$1,25 \cdot B_{max}$$

Para el buque de diseño, con $L_{max} = 30,0 \text{ m}$ y $B_{max} = 5,5 \text{ m}$, resulta que se debe asegurar el calado en 45,0 metros en la línea de atraque y 6,9 metros en la dirección perpendicular.

Es por eso que se analizan las franjas de niveles del lecho de ambos costados (Recuadro en azul), debido a que para determinar el calado influyen los 45m por la eslora del buque de diseño, siendo necesario involucrar ambas franjas aledañas.



Por otra parte, se puede observar de la batimetría como las primeras 7 curvas de nivel se encuentra muy próximas entre sí, indicando que existe un descenso rápido del perfil, y luego la separación entre curvas es mayor lo cual se va a requerir mucha más longitud del muelle para poder lograr un descenso adecuado. Es por eso que se debe analizar una permanencia acorde a lo analizado, para optimizar recursos.

Como se indicó en el punto 4.4.3.1, se toma una nivel mínimo del río de 1,91 metros, correspondiente a una operatividad del 90%.

A continuación se confecciona la Tabla A III.1, donde a partir de las diferentes progresivas, las cuales tienen un cierto nivel de lecho, y se calcula el calado disponible (correspondiente a la diferencia entre el nivel de permanencia adoptado y el nivel del lecho de cada progresiva), y a partir de ese calado se compara con el calado necesario de 1,80 metros verificando si cumple o no.

Tabla A III.1: Análisis de datos de calado en la ubicación del muelle

Pr.	Fanja aguas arriba			Fanja central					
	N. Lecho	Calado	Cumple?	N. Lecho	Calado	Cumple?			
0	3,47	-1,56	✗	3,32	-1,41	✗	✓ Significa que cumple con el calado requerido.		
5	2,75	-0,84	✗	2,61	-0,70	✗			
10	2,07	-0,16	✗	2,06	-0,15	✗			
15	1,52	0,39	✗	1,55	0,36	✗			
20	1,03	0,88	✗	1,03	0,88	✗			
25	0,73	1,18	✗	0,58	1,33	✗	Sin datos en esta franja hasta progresiva 60		
30	0,47	1,44	✗	0,36	1,55	✗			
35	0,25	1,66	✗	0,15	1,76	✗			
40	0,05	1,86	✓	-0,06	1,97	✓			
45	-0,16	2,07	✓	-0,26	2,17	✓			
50	-0,36	2,27	✓	-0,46	2,37	✓	Fanja aguas abajo		
55	-0,57	2,48	✓	-0,66	2,57	✓	N. Lecho	Calado	Cumple?
60	-0,76	2,67	✓	-0,8	2,71	✓	-0,85	2,76	✓
65	-0,97	2,88	✓	-1,02	2,93	✓	-1,02	2,93	✓
70	-1,12	3,03	✓	-1,13	3,04	✓	-1,16	3,07	✓
75	-1,21	3,12	✓	-1,27	3,18	✓	-1,34	3,25	✓
80	-1,49	3,40	✓	-1,47	3,38	✓	-1,45	3,36	✓
85	-1,65	3,56	✓	-1,6	3,51	✓	-1,55	3,46	✓
90	-1,8	3,71	✓	-1,61	3,52	✓	-1,57	3,48	✓
95	-1,86	3,77	✓	-1,72	3,63	✓	-1,57	3,48	✓
100	-1,56	3,47	✓	-1,63	3,54	✓	-1,67	3,58	✓
105	-1,69	3,60	✓	-1,89	3,80	✓	-1,96	3,87	✓
110	-1,75	3,66	✓	-1,99	3,90	✓	-2,07	3,98	✓
115	-1,85	3,76	✓	-2,09	4,00	✓	-2,21	4,12	✓

Esto indica que es necesario alcanzar la progresiva 40, donde los calados de atraque son iguales o mayores que 1,80 metros con una permanencia del 90%.

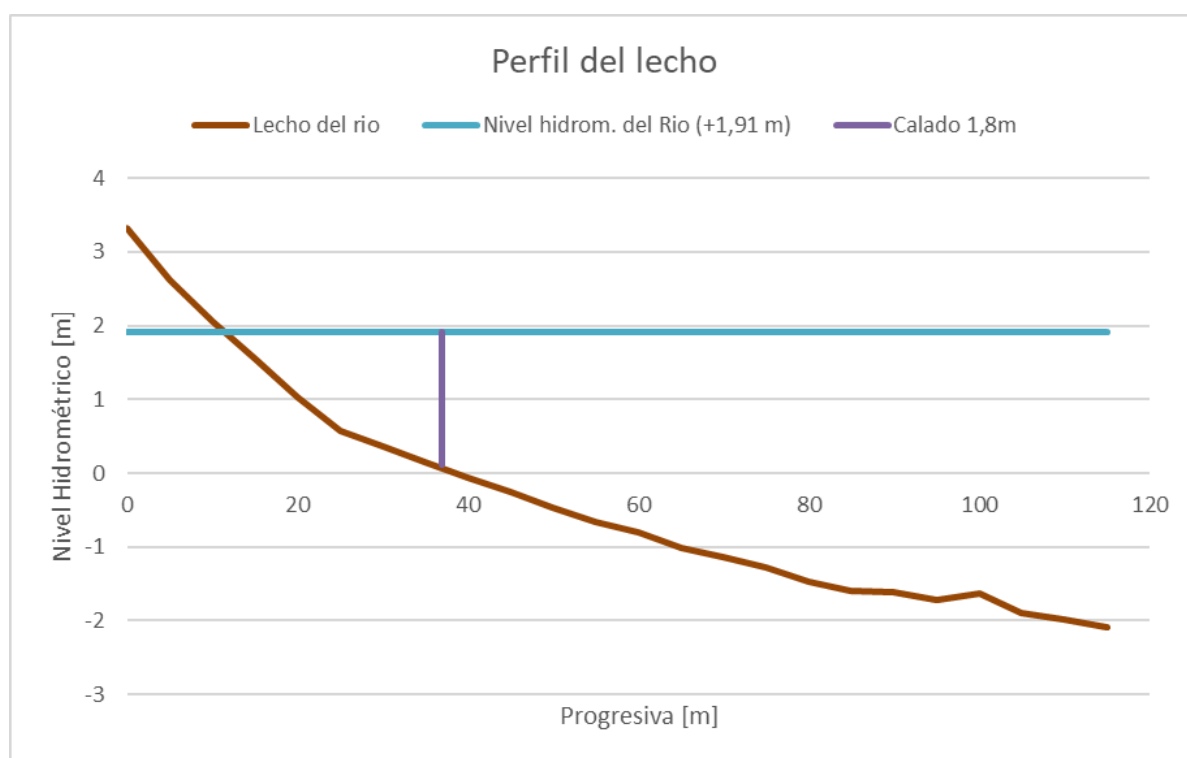


Figura A III.2. Perfil del lecho en la franja en estudio. Fuente: Autoría propia.

2. PROPUESTA DE LONGITUD INICIAL DEL MUELLE

Como se menciona anteriormente, se consideraron las recomendaciones de la ROM 2.0, resultando en un calado de atraque de 2,55 metros, siendo muy conservador en comparación con los criterios que se utilizan en el río Paraná para embarcaciones de porte aún mayores y conlleva a una longitud de muelle mayor ya que se debe alcanzar una profundidad de lecho mayor.

Otro punto importante, es que se modificó el periodo de análisis de permanencia, donde se cambió de utilizar solo el periodo de Enero a considerar el periodo completo del año, siendo el nivel hidrométrico (+0,79 metros, Tabla A III.2).

A continuación se detalla la determinación de la longitud del muelle con este calado de atraque de 2,55 metros, resultando el siguiente análisis.

Tabla A III.2: Permanencia de niveles. Datos provistos por el Departamento de Hidráulica de la UNR.

Mes	Permanencia		
	97%	50%	3%
Periodo Octubre-Marzo	1,05 m	3,38 m	5,3 m
Periodo Completo	0,96 m	3,41 m	5,3 m
Enero	0,79 m	3,33 m	5,48 m

A continuación se confecciona la Tabla A III.2, donde a partir de las diferentes progresivas, las cuales tienen un cierto nivel de lecho, y se calcula el calado resultante de realizar la diferencia entre el nivel de permanencia adoptado (+0,79 metros, Tabla A III.2) y el nivel del lecho de cada progresiva, y a partir de ese calado se compara con el calado necesario de 2,55 metros verificando si cumple o no.

Tabla A III.2: Análisis de datos de calado en la ubicación del muelle

Pr.	Fanja aguas arriba			Fanja central					
	N. Lecho	Calado	Cumple?	N. Lecho	Calado	Cumple?			
0	3,47	-2,68	✗	3,32	-2,53	✗	✓ Significa que cumple con el calado requerido.		
5	2,75	-1,96	✗	2,61	-1,82	✗			
10	2,07	-1,28	✗	2,06	-1,27	✗			
15	1,52	-0,73	✗	1,55	-0,76	✗			
20	1,03	-0,24	✗	1,03	-0,24	✗			
25	0,73	0,06	✗	0,58	0,21	✗			
30	0,47	0,32	✗	0,36	0,43	✗	Sin datos en esta franja hasta progresiva 60		
35	0,25	0,54	✗	0,15	0,64	✗			
40	0,05	0,74	✗	-0,06	0,85	✗			
45	-0,16	0,95	✗	-0,26	1,05	✗			
50	-0,36	1,15	✗	-0,46	1,25	✗			
							Fanja aguas abajo		
55	-0,57	1,36	✗	-0,66	1,45	✗	N. Lecho	Calado	Cumple?
60	-0,76	1,55	✗	-0,8	1,59	✗	-0,85	1,64	✗
65	-0,97	1,76	✗	-1,02	1,81	✗	-1,02	1,81	✗
70	-1,12	1,91	✗	-1,13	1,92	✗	-1,16	1,95	✗
75	-1,21	2,00	✗	-1,27	2,06	✗	-1,34	2,13	✗
80	-1,49	2,28	✗	-1,47	2,26	✗	-1,45	2,24	✗
85	-1,65	2,44	✗	-1,6	2,39	✗	-1,55	2,34	✗
90	-1,8	2,59	✓	-1,61	2,40	✗	-1,57	2,36	✗
95	-1,86	2,65	✓	-1,72	2,51	✗	-1,57	2,36	✗
100	-1,56	2,35	✗	-1,63	2,42	✗	-1,67	2,46	✗
105	-1,69	2,48	✗	-1,89	2,68	✓	-1,96	2,75	✓
110	-1,75	2,54	✗	-1,99	2,78	✓	-2,07	2,86	✓
115	-1,85	2,64	✓	-2,09	2,88	✓	-2,21	3,00	✓

11.4. ANEXO IV

ESTUDIO DE SUELOS PARA LA VERIFICACIÓN DE MUELLE EXISTENTE

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE SUELOS PARA LA VERIFICACION DE MUELLE EXISTENTE

UBICACIÓN DE LA OBRA:

Muelle Isla Sabino Corsi
Provincia de Entre Ríos – Republica Argentina

COMITENTE:

ENAPRO – Ing. Matías Palma
Av. Belgrano 341 - Rosario
Provincia de Santa Fe – República Argentina

SUMARIO DE ESTE INFORME:

- I. Objetivos del Informe. Simbología
- II. Descripción de la Metodología de Trabajo
- III. Croquis de Ubicación de las Perforaciones
- IV. Perfil Estratigráfico
- V. Capacidad Portante de Pilotes
- VI. Tabla de pilotes
- VII. Valores de fricción para suelos granulares N (ϕ)
- VIII. Ensayos de Laboratorio
- IX. Conclusiones

I. - OBJETIVOS DEL INFORME

- Analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo que determinan las características de su comportamiento geotécnico.
- Determinar los parámetros de diseño necesarios para el cálculo de las fundaciones.
- Estudiar distintos sistemas de fundación y recomendar las alternativas más convenientes.
- Establecer un cuadro de cotas y tensiones admisibles.

SIMBOLOGÍA UTILIZADA.

θ	Cota de Referencia
$\oplus$ B.P.	Boca de Pozo.
N	Nº de golpes del Ensayo de Penetración Terzaghi.
ω	Humedad Natural.
γ	Densidad aparente húmeda.
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
#200	Tamiz de malla nº 200 (74 micrones)
φ	Ángulo de fricción interna.
C	Cohesión.
mv	Módulo edométrico.
∇	Nivel de napa freática
M.A.	Muestra alterada.
T.N.	Terreno Natural.
S.U.C.S.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
H.R.B.	Highway Research Board
V	Coefficiente de Seguridad
σ_{adm}	Tensión admisible
Df	Cota de fundación
$E=1/mv$	Módulo de Young.
ε	Deformación unitaria.
G	Peso específico del suelo.
e	Relación de vacíos.
n	Porosidad

II. - RESEÑA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

A.- DE CAMPO:

Los trabajos de campo fueron llevados a cabo entre los días 15 y 18 de Marzo de 2021.

Se realizaron tres perforaciones de 12,00 m de profundidad respecto de lecho de río. En las mismas se efectuó el Ensayo de Penetración Normalizado de Terzaghi (SPT) según Norma IRAM 10517/70, con toma-muestra de puntas intercambiables, a cada metro de profundidad aproximadamente. Con este procedimiento se toman muestras de cada estrato, y se acondicionan para mantener sus características inalteradas hasta la posterior realización de los ensayos de laboratorio.

Un técnico especializado en mecánica de suelos realizó en campaña un reconocimiento de las características generales del suelo en cada uno de los estratos detectados.

Respecto a hechos existentes en el predio se localizó la ubicación de los sondeos. Así mismo se determinaron las cotas de bocas de pozo mediante nivel óptico en referencia a una cota fija de fácil accesibilidad.

Recopilación de antecedentes técnicos de la zona en la cual se emplazará la obra.

Determinación de la ubicación del agua subterránea, de encontrarse en la profundidad sondeada.

B.- DE LABORATORIO

A partir de las muestras tomadas en campaña, se las extrae con sumo cuidado y se confeccionan probetas para la realización de los siguientes ensayos:

Determinación de humedad según IRAM 10.519.

Determinación de densidad natural, densidad de suelo seco según ASTM D 2937.

Determinación de límite líquido según IRAM 10.513.

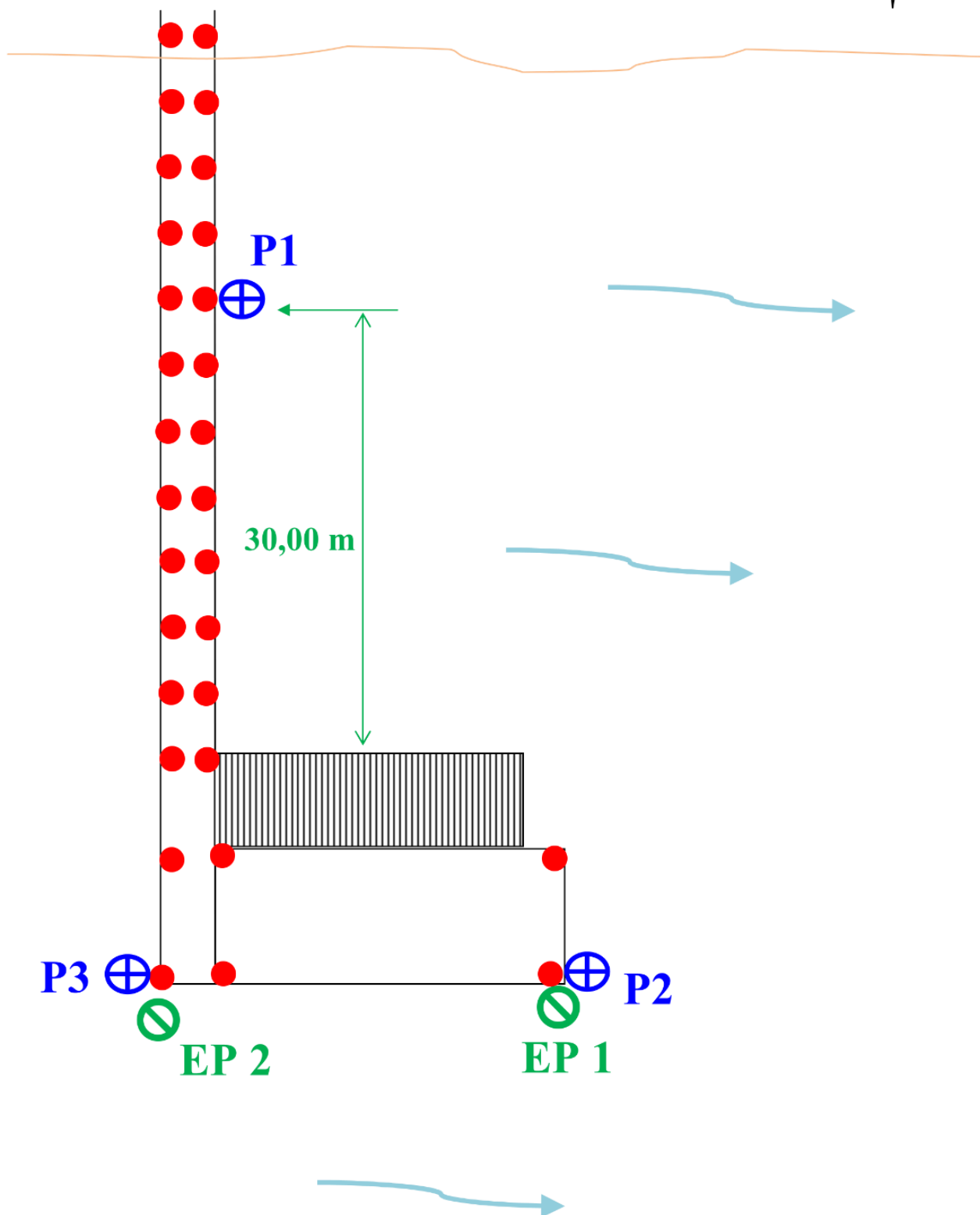
Determinación de límite plástico e índice de plasticidad según IRAM 10.502.

Clasificación de suelos por S.U.C.S. (Casagrande) según AASHTO M145-66 - IRAM 10.509.

Ensayos granulométricos sobre tamices según IRAM 10.507.

Ensayos triaxiales escalonados rápidos según IRAM 10.529/74.

III. - CROQUIS DE UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES



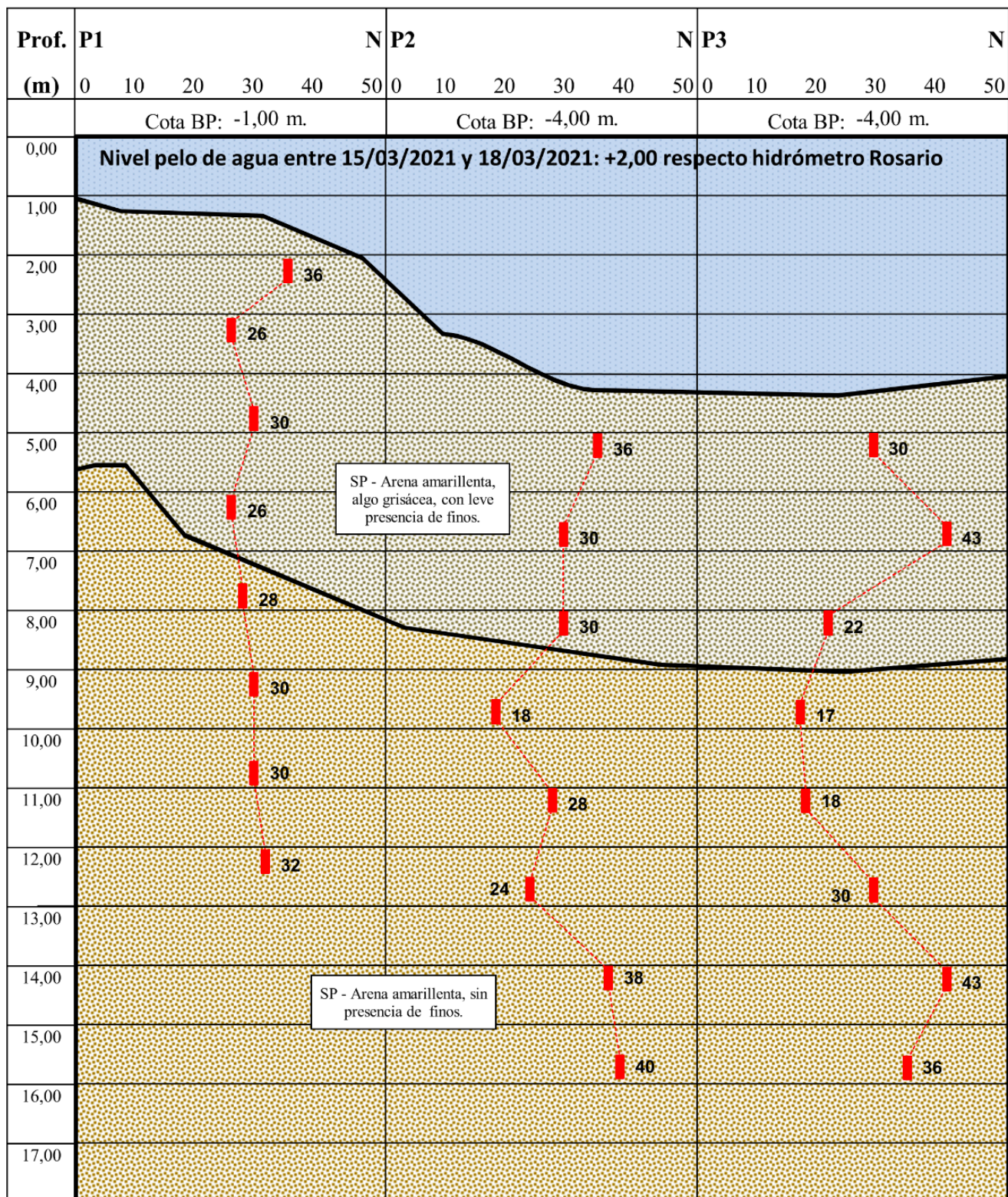
Referencias:

P1 y P2: Perforaciones para ensayos SPT

EP1 y EP2: Ensayos Paralell Sismic

V.- PERFIL ESTRATIGRAFICO

Se representa aquí el perfil tentativo de la estratigrafía del suelo, basado en el reconocimiento y clasificación de las muestras ensayadas en laboratorio. Además, se indican los resultados de las sucesivas realizaciones del Ensayo normalizado de penetración de Terzaghi (SPT).



V.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTE

Cálculo de la capacidad portante de pilotes ejecutados in situ, según el método del ingeniero Zaven Davidian publicado en su obra "Pilotes y cimentaciones sobre pilotes".

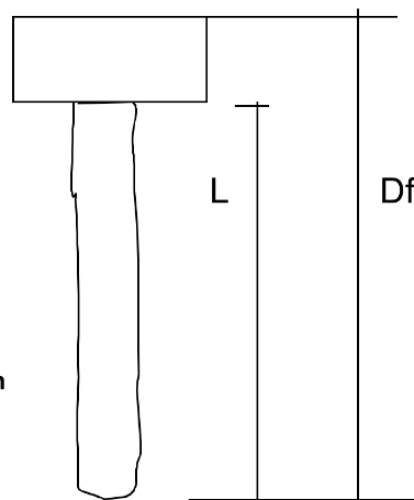
CARACTERÍSTICAS DEL PILOTE Y EL SUELO:

Diámetro (ϕ): 0,30 m napa de agua (CN): 0,00 m Sin Bulbo (ϕ): 0,00 m
Longitud (L): 3,00 m γ_s : 1,85 kg/dm³
Cota Punta (Df): 7,00 m prof. lecho: 4,00 m

ESTRATO 1: de 4,00 m a 5,00 m **Prof. desde lecho: 1,00 m**
 $\phi 1$: 33 C1: 0,00 kg/cm²
Longitud 1: 1,00 m

ESTRATO 2: de 5,00 m a 6,00 m **Prof. desde lecho: 2,00 m**
 $\phi 2$: 33 C2: 0,00
Longitud 2: 1,00 m

ESTRATO 3: de 6,00 m a 7,00 m **Prof. desde lecho: 3,00 m**
 $\phi 3$: 32 C3: 0,00 kg/cm²
Longitud 3: 1,00 m



COEFICIENTES:

Factores de fricción:	$\phi 1$: 33	S32: 2,58	S5: 6,20
	$\phi 2$: 33	S32: 2,58	S5: 6,20
	$\phi 3$: 32	S32: 2,28	S5: 5,75
Factores de capacidad carga:	$\phi 3$: 32	Nc: 36,0	Nq: 22,0
Factor de forma y profundidad:	Df / ϕ : 23,333	ϕ / L : 0,10	sc . dc : 1,96

RESISTENCIA DE PUNTA:

$q = \gamma_s \cdot Df - 1,00 \cdot (Df - CN) = 5,95 \text{ t/m}^2$
 $qp = (c' \cdot Nc + q \cdot Nq) \cdot sc \cdot dc / V = 85,34 \text{ t/m}^2$
 $Vp = 3$

RESISTENCIA POR FRICCIÓN LATERAL:

$qf = (1/2 \cdot \gamma'_s \cdot Df \cdot S32 + c' \cdot S5) / V$
 $qf 1 = 2,15 \text{ t/m}^2$
 $qf 2 = 2,58 \text{ t/m}^2$
 $qf 3 = 2,66 \text{ t/m}^2$
 $Vf = 2,55$

EJEMPLO DE APLICACIÓN:

Diám. de pta. (ϕ): 0,30 m	Bulbo Punta ϕ = 0,00 m	Reducción L3 a = 1,00 m
Longitud (L): 3,00 m	Area apoyo = 0,0707 m ²	Perímetro fuste = 0,942 m
Cota Punta (Df): 7,00 m	Volumen pilote= 0,2121 m ³	Vol adic bulbo= 0,0000 m ³

Capacidad por punta:	$qp \cdot Area = 6,03 \text{ ton}$
Capacidad por fricción E1:	$qf1 \cdot Perimetro \cdot L1 = 2,03 \text{ ton}$
Capacidad por fricción E2:	$qf2 \cdot Perimetro \cdot L2 = 2,43 \text{ ton}$
Capacidad por fricción E3:	$qf3 \cdot Perimetro \cdot L3 = 2,51 \text{ ton}$
Descuento Peso Propio pilote:	$Vol \cdot Pe(H^o) = -0,51 \text{ ton}$

CAPACIDAD PORTANTE TOTAL = 12,49 toneladas

VI.-VALORES CARACTERÍSTICOS PARA EL CÁLCULO/VERIFICACION DE PILOTES IN SITU

En el siguiente cuadro se brindan los parámetros medios de resistencia de punta, resistencia por fricción, cohesión, ángulo de fricción interna, densidad y coeficiente de balasto horizontal necesarios para el cálculo de la capacidad portante de pilotes ejecutados in situ.

PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES ZONA DE MUELLE DE ATRAQUE						
PROFUNDIDAD DESDE LECHO DE RIO (m)	Capacidad de Punta (kg/cm ²)	Capacidad por fricción lateral (kg/cm ²)	Coef. de Balasto Horizontal (kg/cm ³)	Cohesión (kg/cm ²)	Fricción (°)	Densidad (kg/dm ³)
0,00 m a 1,00 m	----	0,22	0,39xZ/B	0,00	33	1,85
1,00 m a 2,00 m	2,50 - 3,50 (*)	0,26	0,27xZ/B	0,00	33	1,85
2,00 m a 4,00 m	5,50 - 12,00 (*)	0,26 - 0,40 (*)	0,24xZ/B	0,00	32	1,85

Nota: este estrato es susceptible a ser erosionado por lo que habrá que tenerlo en cuenta para el cálculo o verificación del cálculo.

B = Diámetro del Pilote

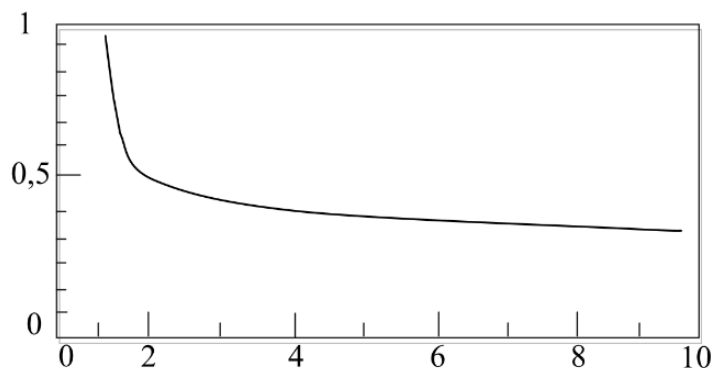
(*) Para profundidades intermedias se considera válida una interpolación lineal

(**) Para camisas metálicas hincadas sin punta, **el valor de fricción admisible así como el coeficiente de balasto horizontal** puede aumentarse solo un 5% debido a que no hay casi disminución del volumen del suelo durante la hincada, mientras que en camisas metálicas hincadas, con punta, se podría aumentar ambos parámetros un 20%, al igual que en los postes de madera, argumentado en la compactación que se produce alrededor de la pieza al hincarla.

Nota Importante: Para considerar la tensión de punta en un estrato, la punta del pilote debe ingresar por lo menos dos diámetros en dicho estrato.

VII.-Valores Φ para suelos granulares.

En los suelos granulares, el valor de N es afectado por la presión efectiva de sobrecarga, σ_0' . Por esta razón, el valor de N obtenido en una exploración de campo bajo diferentes presiones efectivas de sobrecarga debe ser cambiado para corresponder a un valor estándar de σ_0' ; es decir:



Relaciones empíricas para C_N (nota: σ_0' está en kN/m²)

Fuente	C_N
Liao y Whitman (1986)	$9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma_0'}}$
Skempton (1986)	$\frac{2}{1+0.01 \sigma_0'}$
Seed <i>et al</i> (1975)	$1 - 1.25 \log \left(\frac{\sigma_0'}{95.6} \right)$
Peck <i>et al</i> (1974)	$0.77 \log \left(\frac{1912}{\sigma_0'} \right)$

$$N_{\text{cor}} = C_N \cdot C_F$$

donde N_{cor} = valor N corregido a un valor estándar de σ_0' (95.6 kN/m²)

C_N = factor de corrección

N_F = valor de N obtenido en el campo

Varias relaciones empíricas se han propuesto para C_N y algunas se dan en la tabla mas arriba. Las más comúnmente citadas son las dadas por Liao y Whitman (1986), y Skempton (1986).

A continuación se da una tabla con la relación aproximada entre el número de penetración estándar corregido y la compacidad relativa de la arena. Esos valores son aproximados, principalmente porque la presión efectiva de sobrecarga y la historia del esfuerzo del suelo influyen considerablemente en los valores N_F de la arena.

Número de Penetración estándar, N_{cor}	Compacidad relativa aproximada, C_r (%)
0 – 5	0 – 5
5 – 10	5 – 30
10 – 30	30 – 60
30 – 50	60 – 95

Un extenso estudio realizado por Marcuson y Bieganousky (1977) produjo la siguiente relación empírica:

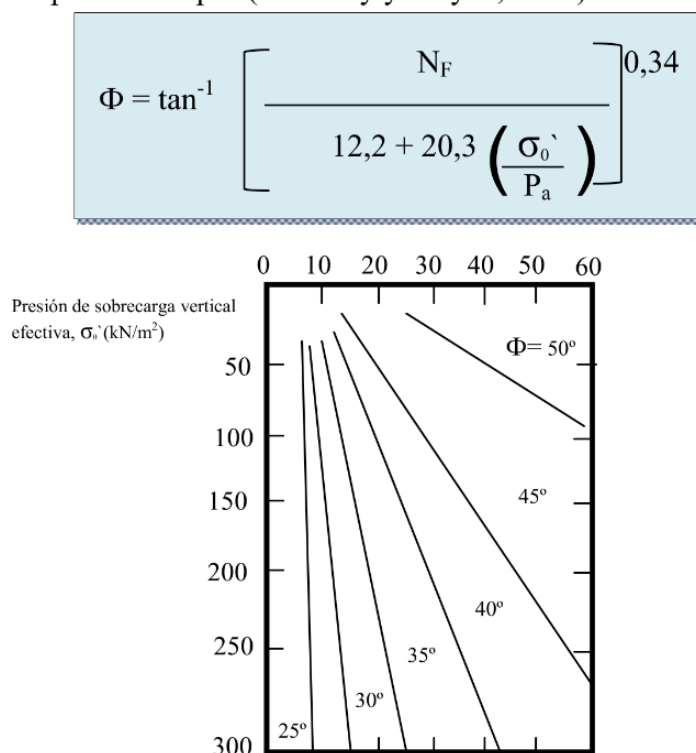
$$C_r (\%) = 11.7 + 0.76 (222N_F + 1600 - 7.68 \sigma_0' - 50 C_u^2)^{0.5}$$

donde C_r = compacidad relativa
 N_F = número de penetración estándar en el campo
 σ_0' = presión de sobrecarga efectiva (kN/m²)
 C_u = coeficiente de uniformidad de la arena

El ángulo *pico* de fricción Φ de los suelos granulares fue correlacionado con el número de penetración estándar de Peck, Hanson y Thornburn (1974). Ellos dieron una correlación entre N_{cor} y Φ en forma gráfica, que es aproximada por (Wolff, 1989).

$$\Phi (\text{grados}) = 27.1 + 0.3N_{cor} - 0.00054 N_{cor}^2$$

Shmertmann (1975) dio una correlación entre N_F , σ_0' y Φ , que se muestra en la siguiente figura. La correlación es aproximada por (Kulhawy y Mayne, 1990).



Correlación de Schmertmann (1985) entre N_F , σ_0' y Φ para suelos granulares.

donde N_F = número de penetración estándar en campo

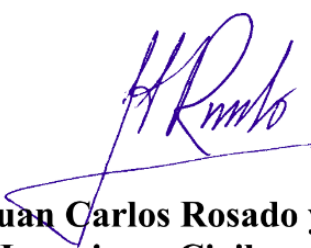
σ_0' = presión de sobrecarga efectiva

p_a = presión atmosférica en las mismas unidades que σ_0'

Φ = ángulo de fricción del suelo

Prof de confinam. [m]	Nf	σ_0' [kg/cm ²]	p_a [kg/cm ²]	Φ [rad]	Φ Sch [°]	Φ Peck [°]
1,00	30	0,09	1,001972	0,91326	52,326	35,61
2,50	30	0,23	1,001972	0,88375	50,635	35,61
4,00	22	0,36	1,001972	0,80595	46,178	33,44
5,50	17	0,50	1,001972	0,73987	42,392	32,04
7,00	18	0,63	1,001972	0,72991	41,821	32,33
9,00	24	0,81	1,001972	0,75554	43,289	33,99
11,00	38	0,99	1,001972	0,81324	46,595	37,72

De la aplicación de esta última ecuación, para nuestro caso, el ángulo de fricción del suelo es de entre 32° y 37° para una profundidad de confinamiento de entre 1,00 m y 11,00 m, con valor de cohesión $c = 0$.


Ing. Juan Carlos Rosado y Asoc.
Ingenieros Civiles

VIII.- ENSAYOS DE LABORATORIO

DENSIDAD NATURAL

HUMEDAD NATURAL

LIMITES DE ATTERBERG

GRANULOMETRIA SOBRE #200

COHESIÓN

ÁNGULO DE FRICCIÓN

MÓDULO EDOMÉTRICO

SONDEO 1

FECHA: Marzo de 2021.

ALTURA PELO AGUA (HID. ROS): +2,00 m
COTA DE LECHO: -1,00 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	N° de golpes S.P.T.	Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Limites y granulometrias	C [kg/cm ²]	ϕ	mv [cm ² /kg]
B.P.	0,00	-1,00	—				—	—	—	—				
2	2,50	-3,50	36	36	SP	1,85	26,96			28,61				
3	3,50	-4,50	26	26	SP	1,88	26,23			26,32				
4	5,00	-6,00	30	30	SP	1,86	25,78			22,66				
5	6,50	-7,50	26	26	SP	1,96	24,19			24,31				
6	8,00	-9,00	28	28	SP	1,92	29,37			18,90				
7	9,50	-10,50	30	30	SP	1,94	22,89			19,37				
8	11,00	-12,00	30	30	SP	1,96	24,03			14,20				
9	12,50	-13,50	32	32	SP	1,97	25,23			9,29				

SONDEO 2

FECHA: Marzo de 2021.

ALTURA PELO AGUA (HID. ROS): +2,00 m

COTA DE BOCA DE POZO: -4,00 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T. 0 10 20 30 40 50	Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Limites y granulometrias 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	C [kg/cm ²]	φ °	mv [cm ² /kg]
B.P.	0.00	-4,00	—				—	—	—	—				
5	6,50	-10,50	36	—	SP	1,99	24,24			26,09				
6	8,00	-12,00	30	—	SP	1,94	23,84			30,42				
7	9,50	-13,50	30	—	SP	1,87	29,03			28,61				
8	11,00	-15,00	18	—	SP	2,04	25,95			27,05				
9	12,50	-16,50	28	—	SP	1,85	25,55			26,35				
10	14,00	-18,00	24	—	SP	1,92	22,69			18,92				
11	15,50	-19,50	38	—	SP	1,94	25,84			16,37				
12 ⁹⁴	17,00	-21,00	40	—	SP	1,94	23,92			11,05				

ALTURA PELO AGUA (HID. ROS): +2,00 m
COTA DE BOCA DE POZO: -4,00 m

SONDEO 3
FECHA: Marzo de 2021.

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T. 0 10 20 30 40 50	Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm3	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Limites y granulometrias	C [kg/cm2]	φ^o	mv [cm2/kg]
B.P.	0.00	-4,00			Suelo vegetal.									
5	6,50	-10,50	30		SP	1,79	31,32			28,37				
6	8,00	-12,00	43		SP	1,94	27,02			22,99				
7	9,50	-13,50	22		SP	1,87	29,03			25,34				
8	11,00	-15,00	17		SP	2,04	25,95			21,32				
9	12,50	-16,50	18		SP	1,85	27,38			20,16				
10	14,00	-18,00	30		SP	1,92	25,63			18,53				
11	15,50	-19,50	43		SP	1,94	25,84			13,22				
12 ⁵	17,00	-21,00	36		SP	1,94	23,92			8,06				

IX.- CONCLUSIONES

A) Características generales del suelo:

A partir de haber reconocido, ensayado y clasificado en laboratorio las muestras obtenidas en campo, se puede realizar una descripción de las características generales de los suelos.

Se detecta la siguiente configuración estratigráfica:

- Un primer estrato de arena con presencia de finos SP, de coloración amarillenta, algo grisácea, de compacidad relativa densa, hasta una profundidad variable de entre 5,00 m y 9,00 m respecto de pelo de agua (entre -3,00 m y -7,00 m respecto del Hidrom de Rosario).
- A continuación, y hasta el final de los sondeos realizados, el suelo detectado clasifica arena con presencia de finos SP, de coloración amarillenta, de compacidad relativa entre densa y muy densa.

El nivel del pelo de agua se detectó en forma promedio en +2,00 m respecto del hidrómetro de Rosario, durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados entre el 15 y 18 de Marzo de 2021.

En el ensayo Paralell Sismic, se detectó que las camisas que hacen las veces de pilares, están hincadas en el lecho del río, en la zona de atraque, a una profundidad de entre 2,80 m y 3,20 m, según mediciones de campo.

B) Recomendaciones:

Teniendo presente las características de los suelos encontrados y la tipología de las estructuras a fundar, se consideran aplicables las siguientes recomendaciones:

La opción mas aconsejable es la del punto V se da el ejemplo de cálculo de la capacidad portante de un pilote preexcavado y hormigonado in situ, en zona de subsuelos, de diámetro 0,30 m, con la punta apoyada a una profundidad de 3,00 m desde lecho de río en zona de muelle de atraque, que arroja una capacidad portante del orden de 12 toneladas. **Tener en cuenta que NO se consideró erosión en el primer estrato por no tenerlo como dato.** En el punto VI se brinda una tabla con los parámetros necesarios para el diseño de pilotes de otro diámetro o cota de punta.

Para el colado del Hormigón dentro de los pilotes, se deberá emplear la técnica de flujo inverso, utilizando un caño buzo por el interior de la armadura hasta el fondo de la excavación, procediendo al llenado con hormigón desde el fondo del pilote, que desaloja por diferencia de densidad el agua y el lodo del interior de la excavación, limpiando el

hormigón en su ascenso las paredes de la excavación y la armadura. La precaución necesaria es cuidar que la boca del caño siempre se encuentre sumergida un metro dentro de la masa de hormigón, y que el mismo tenga el asentamiento necesario para poder deslizarse con facilidad (asentamiento 17 a 20 cm con el empleo de súper-fluidificantes). El empleo de cualquier otra metodología de llenado, no asegurará el contacto del hormigón con el suelo natural en la pared del pilote, en cuyo caso no se podrá considerar la colaboración de la resistencia por fricción lateral del pilote en la magnitud propuesta.

Al momento de la apertura de excavaciones y/o perforaciones se recomienda una especial atención por parte del director de obra a fin de observar cualquier anomalía que eventualmente pudiera presentarse y pudiera afectar las fundaciones, y que no hubiera sido detectada en los sondeos puntuales del presente informe.

Ante las solicitudes originadas por el efecto viento, calculadas de acuerdo al CIRSOC 102, las tensiones admisibles pueden incrementarse en un 20%.

Rosario, 26 de Marzo de 2021.


Juan Carlos Rosado & Asociados
Ingenieros Civiles

11.5. ANEXO V

EROSIÓN HÍDRICA GENERALIZADA Y LOCALIZADA EN LOS PILOTES DEL MUELLE

1. EROSIÓN

Se analiza la erosión hídrica del lecho del río producida por el flujo del agua y sus variaciones, utilizando como recurso los apuntes de Erosión Hídrica y localizada⁽⁸⁾, suministrados por los docentes de la cátedra Obras Hidráulicas. Se calculan tanto la erosión general como la localizada, para la peor condición que corresponde al pilote más alejado de la costa de la isla.

1.1. EROSIÓN GENERAL

Para calcular la profundidad de socavación en suelos homogéneos se utiliza la fórmula del método de Lischtvan-Lebediev para suelos granulares:

$$H_s = \left(\frac{\frac{1}{\eta} S^{1/2} H_0^{5/3}}{0.68 d_m^{0.28} \beta} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Donde:

η es el coeficiente de resistencia de Manning

S la pendiente hidráulica

β es un coeficiente que depende del período de retorno de la crecida (ver Tabla A V.1.)

d_m es el diámetro medio de los granos de fondo

x es un exponente variable función de d_m (ver Tabla A V.2.)

H_0 es el tirante de agua

H_s es el tirante al cual se llegará luego de producirse la erosión.

El coeficiente beta depende de la recurrencia, por lo que adoptando una recurrencia de 50 años para verificación, se corresponde un valor de beta = 0,97 según la Tabla A V.1.

Tabla A V.1. Coeficiente Beta (Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1978). Apunte de la cátedra Obras Hidráulicas. Erosión Hídrica.

Probabilidad anual (en %) De que se presente el Q de diseño	0.1	0.2	0.3	1	2	5	10	20	50	100
Coeficiente β	1.07	1.05	1.03	1.00	0.97	0.94	0.90	0.86	0.82	0.77

La variable x depende del diámetro medio (dm) para el cual se adopta un valor de 0,18mm. Conforme a la Tabla A V.2, se determina un valor de x = 0,42.

Tabla A V.2. Valores de x y $1/(1+x)$ para suelos cohesivos y no cohesivos (Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1978). Apunte de la cátedra Obras Hidráulicas. Erosión Hídrica.

Suelos No Cohesivos					
d (mm)	x	1/(1+x)	d (mm)	x	1/(1+x)
0.05	0.43	0.70	40.00	0.30	0.77
0.10	0.42	0.70	60.00	0.29	0.78
0.50	0.41	0.71	90.00	0.28	0.78
1.00	0.40	0.71	140.00	0.27	0.79
1.50	0.39	0.72	190.00	0.26	0.79
2.50	0.38	0.72	250.00	0.25	0.80
4.00	0.37	0.73	310.00	0.24	0.81
6.00	0.36	0.74	370.00	0.23	0.81
8.00	0.35	0.74	450.00	0.22	0.83
10.00	0.34	0.75	570.00	0.21	0.83
15.00	0.33	0.75	750.00	0.20	0.83
20.00	0.32	0.76	1000.00	0.19	0.84
25.00	0.31	0.76			

Para el coeficiente de rugosidad de manning se adopta un valor de 0,026. En cuanto a la pendiente S , se adopta un valor típico de la zona, y a su vez, conservador de 0,000035 m/m, datos tomados del Informe Técnico “Estudio de modelación hidrodinámica en tramo del río Paraná entre km 452 a km 405”. Utilizando la fórmula de Lischvan-Lebediev antes mencionada, se calcula el tirante H_s como se muestra en la Tabla A V.3, y se obtiene que para el tirante de 6,3 metros la erosión general es nula. Esto puede deberse a que en las cercanías de la orilla no suelen presentarse erosiones generales, por las bajas velocidades del flujo.

Tabla A V.3. Erosión general.

Erosión general canal R= 50 años		
n	0.026	
S	3.50E-05	m/m
dm	0.18	mm
Beta β	0.97	
x	0.42	
Ho	6.30	m
1/(1+x)	0.70	
Hs	5.789	m
6.300	>	5.789
Ho	>	Hs

1.2. EROSIÓN LOCALIZADA

Para obtener las profundidades máximas de erosión debajo de los pilotes, utilizamos la ecuación de la HEC-18 para lecho no cohesivo, para una recurrencia de 50 años para verificación.

$$y_s = 2,0 y_0 K_1 K_2 K_3 K_4 \left(\frac{a}{y_0} \right)^{0,65} Fr^{0,43}$$

Donde:

y_s : profundidad de erosión (m).

K_1 : Factor de corrección de forma de la nariz del pilar.

K_2 : Factor de corrección por el ángulo de ataque del flujo.

K_3 : Factor de corrección por la condición del lecho.

K_4 : Factor de corrección por el acorazamiento del material del lecho.

α : diámetro del pilote (m).

y_0 : profundidad del flujo aguas arriba del puente (m).

Fr_1 : Número de Froude aguas arriba del pilar a partir de la consideración de la distribución del flujo en la sección transversal aguas arriba del muelle.

El factor de corrección K_1 depende de la forma de la nariz del pilote, el cual es de forma cilíndrica circular, por lo que según la Tabla A V.4, el factor K_1 es igual a 1.

Tabla A V.4. Factor de Corrección por la forma de la nariz de la pila o pilar K_1 . Apunte de la cátedra Obras Hidráulicas.

Erosión Localizada.

Forma de la nariz de la Pila	K_1
(a) Nariz cuadrada	1.1
(b) Nariz Redondeada	1.0
(c) Cilíndrica Circular	1.0
(d) Grupo de pilas cilíndricas	1.0
(e) Nariz puntiaguda (triangular)	0.9

El factor de corrección K_2 es función del ángulo de ataque del flujo θ con respecto del pilar (grados), y de la relación L/a denominada “elongación del pilar” donde L = Longitud del pilar a lo largo de la línea de flujo (m).

El ángulo de ataque del flujo es 0° (alineado con la corriente) por lo que el factor de corrección K_2 de acuerdo con la Tabla A V.5, es igual a 1.

Tabla A V.5. Factor de corrección por el ángulo de ataque del flujo. Apunte de la cátedra Obras Hidráulicas. Erosión

Localizada.

θ	$L/a = 4$	$L/a = 8$	$L/a = 12$
0°	1.0	1.0	1.0
15°	1.5	2.0	2.5
30°	2.0	2.75	3.5
45°	2.3	3.3	4.3
90°	2.5	3.9	5.0

El factor de corrección K3 es función de las condiciones del lecho, el cual contempla condiciones de agua clara, lecho plano, y el flujo con formación de dunas y antidunas. Según la Tabla A V.6, considerando el tamaño de las dunas las que resultan pequeñas, se obtiene un valor de $K_3 = 1,1$.

Tabla A V.6. Factor de Corrección K3 por condiciones del lecho. Apunte de la cátedra Obras Hidráulicas. Erosión Localizada.

Condición de lecho	Altura de la duna (m)	K_3
Erosión de aguas claras	N/A	1.1
Lecho Plano y Flujo Antiduna	N/A	1.1
Dunas pequeñas	$3.0 > H \geq 0.6$	1.1
Dunas Medianas	$9.0 > H \geq 3.0$	1.1 a 1.2
Dunas Grandes	$H \geq 9.0$	1.3

El factor de corrección K4 está relacionado con la disminución de las profundidades de erosión por el acorazamiento del material fino constitutivo del lecho por parte de la fracción más gruesa. De acuerdo al tamaño D_m de la arena, en este caso $D_{50} < 2$ mm, el tamaño del grano no produce ningún tipo de acorazamiento, por lo tanto el valor de $K_4 = 1$.

El número de Froude depende de la velocidad del flujo y de la profundidad del flujo, siendo igual a 0,10. Debido a que el lecho del río está compuesto por dunas, se debe tener en cuenta que la erosión puede darse en una parte baja de una duna. Por lo tanto, para tener en cuenta esta situación, a la altura de erosión recién calculada se le suma la mitad de la altura de una duna. Tomando como referencia a Basile P. y Riccardi G. (2022), se considera la altura de la duna como un quinto del tirante de agua Y_0 .

Al no haber erosión general, la erosión total es igual a la localizada más la mitad de la altura de la duna, lo que equivale a una erosión total de 1,51 metros como se puede observar en la Tabla A V.7.

Tabla A V.7. Erosión localizada y total.

E.L. pilote R= 50 años		
y_0	6.46	m
K1	1	pila cilíndrica circular
K2	1	ángulo 0° alineado con la corriente
K3	1.1	dunas pequeñas
K4	1	no hay acorazamiento
Fr	0.1	
Diámetro pila	0.4	m
y_s	0.87	m
Altura de duna	1.292	m
Erosión total	1.51	m

11.6. ANEXO VI

DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS

1. DISEÑO

El muelle consiste en pilotes de hormigón armado, vinculados entre sí mediante tensores y puntales para asegurar la estabilidad global, y sobre estos apoyan vigas principales de hormigón sobre las cuales está el tablero del muelle fijo, compuesto por tirantes y tableros de madera de pino tratado con CCA.

Se tiene una rampa fija, paralela al muelle, que está apoyada en vigas ménsulas de hormigón armado vinculadas a los pilotes. La rampa fija se compone por vigas longitudinales que apoyan en las vigas ménsula y un tablero de madera igual que el resto del muelle.

La rampa móvil, se vincula en su extremo superior de manera que funcione como una rótula, en la parte inferior de la viga ménsula de la rampa fija, y en su extremo inferior, se apoya sobre el pontón flotante. La rampa móvil debe ser una estructura liviana para asegurar un correcto funcionamiento por lo que se propone metálica de aluminio.

Por último se tiene una escalera de H° A° del lado hacia aguas abajo, paralela a las marinas, que se apoya sobre vigas ménsula de los pilotes.

2. SUPERESTRUCTURA DEL MUELLE FIJO

En primer lugar se visualiza la superestructura propuesta para el muelle en la Figura A VI.1, la cual está compuesta por un tablero de madera que apoya sobre tirantes de madera que luego apoyan en vigas de H°A° para que, finalmente apoyen sobre los pilotes.

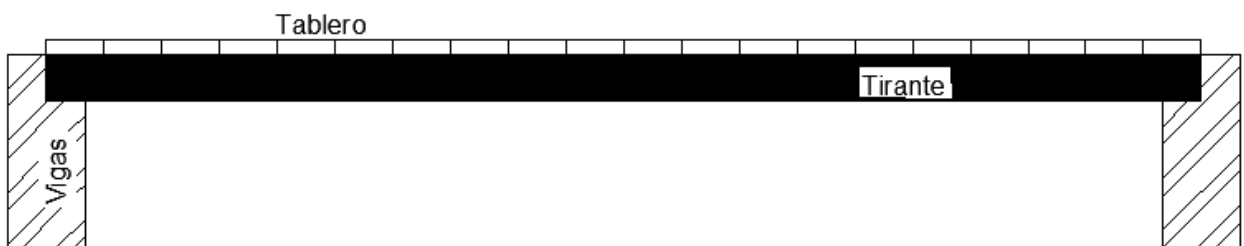


Figura A VI.1. Disposición tipo del tablero. Fuente: Autoría propia.

2.1. TABLERO

El tablero será materializado por tablas que apoyan sobre tirantes con una separación a determinar a partir de la flecha admisible, se utiliza el Reglamento CIRSOC 601 (2016) “Reglamento Argentino de Estructuras de Madera”⁽¹³⁾ y los “Suplementos del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera” Edición 2020-1⁽¹⁴⁾ para la verificación y dimensionamiento.

- I. Se definen medidas comerciales de las tablas, en la Tabla A VI.1 se muestran las medidas a elegir:

Tabla A VI.1. Medidas comerciales sobre las tablas de Pino Elliotis. Fuente: Forestal Dorado¹¹

Espesor (pulgadas)	Ancho (pulgadas)	Largo (pies)
3/4	3-4-5-6	8 a 14
1	2-12	8 a 14
1.5	2-12	8 a 14

Se define a la tabla con dimensiones de 1,5"= 3 cm de espesor y un ancho de 15 cm, por lo que:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{15 \cdot (3 \text{ cm})^3}{12} = 33,75 \text{ cm}^4$$

$$W = \frac{I}{h/2} = \frac{33,75 \text{ cm}^4}{3 \text{ cm}/2} = 22,50 \text{ cm}^3$$

II. Se definen las propiedades relativas al material.

Se muestran en las Figuras A VI.2 y A VI.3 las propiedades brindadas por el Suplemento CIRSOC 601

Tabla S.1.1.3-1. Valores de diseño de referencia para tablas de *Pinus taeda* L. y *Pinus elliottii* Engelm. (pino taeda y pino elliotti) (N/mm²) clasificadas por resistencia conforme a la norma IRAM 9662-3 (2015)

Clase de resistencia	$F_b^{(1)}$	F_t	F_v	$F_{c\perp}$	F_c	E	$E_{0,05}$	E_{min}
1	5,6	3,4	0,6	0,9	5,6	10300	6900	4400
2	3,4	2,2	0,4	0,8	4,6	6000	4000	2600

(1) Flexión de plano

Figura A VI.2. Captura Suplemento CIRSOC 601 (2020). Fuente: INTI - CIRSOC.

Tabla S.1.1.3-2. Valores de la densidad para tablas de pino taeda y elliottii clasificadas por resistencia conforme a la norma IRAM 9662-3 (2015) (kg / m³)

Clase de resistencia	$\rho_{0,05}$
1	420
2	390

siendo:

$\rho_{0,05}$ el valor característico de la densidad correspondiente al percentil 5 % con un contenido de humedad del 12 %

Figura A VI.3. Captura Suplemento CIRSOC 601 (2020). Fuente: INTI - CIRSOC.

La clase de resistencia, la cual se define de acuerdo con los requisitos de la norma IRAM 9662-3 (2015)⁽¹⁵⁾, utilizada es la 2, para estar del lado de la seguridad, ya que es menos exigente en términos de uso estructural. Se definen los siguientes parámetros:

$$\text{Tensión admisible} = 3,4 \text{ N/mm}^2 = 3400 \text{ kN/m}^2$$

$$E = 6000 \text{ N/mm}^2 = 6.000.000 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 390 \text{ Kg/m}^3 = 0,39 \text{ gr/cm}^3 = 3,9 \text{ kN/m}^3$$

III. Se busca obtener qué longitud deben tener las tablas en función de la deformación admisible. Se propone una relación de luz/360 que indica el CIRSOC 601 (2016). Figura A VI. 4

¹¹ <https://forestaleldorado.com.ar/>

Tabla 3.2.3-1 Deformaciones admisibles recomendadas para las vigas

Destino de la construcción	Deformación instantánea originada por las cargas variables	Deformación final neta originada por la totalidad de las cargas
Viviendas y oficinas	$\Delta_{l(V)} \leq \ell / 360$ (voladizos $\ell / 180$)	$\Delta_{fnet(TC)} \leq \ell / 300$ (voladizos $\ell / 150$)
Comercio, recreación e institucional	$\Delta_{l(V)} \leq \ell / 360$ (voladizos $\ell / 180$)	$\Delta_{fnet(TC)} \leq \ell / 240$ (voladizos $\ell / 120$)
Construcciones industriales o rurales con bajo factor de ocupación	-	$\Delta_{fnet(TC)} \leq \ell / 200$ (voladizos $\ell / 100$)
siendo: ℓ la luz de cálculo de la viga; $\Delta_{l(V)}$ la deformación instantánea producida por las cargas variables; $\Delta_{fnet(TC)}$ la deformación final neta producida por la totalidad de las cargas.		

Figura A VI.4. Captura Reglamento CIRSOC 601 (2016). Fuente: INTI - CIRSOC.

$$\frac{l}{360} = \frac{5}{384} * \frac{q^* l^4}{E * I} \Rightarrow l = \sqrt[3]{\frac{384}{5} \frac{E * I}{q^* 360}}$$

Para ello se define la carga que actúa siendo:

$$\text{Sobrecarga de uso} = 5 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Peso propio tabla} = 3,9 \frac{kN}{m^3} * 0,03 m * 0,15 m = 0,01755 kN/m$$

$$q_t = \left(5 \frac{kN}{m^2} * 0,15 m \right) + 0,01755 \frac{kN}{m} = 0,7676 kN/m$$

Entonces,

$$\frac{l}{360} = \frac{5}{384} * \frac{q^* l^4}{E * I} \Rightarrow l = \sqrt[3]{\frac{384}{5} \frac{6.000.000 kN/m^2 * (33,75/10^8) m^4}{0,7676 kN/m * 360}} = 0,8256 m = 82,564 cm$$

Por lo tanto la longitud máxima que pueden adquirir los listones utilizados para el tablero es de 82,564 centímetros, siendo esta, a su vez, la separación entre tirantes.

- IV. En cuanto al cálculo de la parte donde se instalan los servicios, a las cargas estudiadas en el apartado anterior se le agrega la carga de peso propio por los módulos de servicios, aplicadas solo en el área delimitada por los módulos, donde se propone el módulo de mayor peso, resultando:

$$\frac{l}{360} = \frac{5}{384} * \frac{q^* l^4}{E * I} \Rightarrow l = \sqrt[3]{\frac{384}{5} \frac{E * I}{q^* 360}}$$

Para ello se define la carga que actúa siendo:

$$\text{sobrecarga de uso} = 5 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Peso propio tabla} = 3,9 \frac{kN}{m^3} * 0,03 m * 0,15 m = 0,01755 kN/m$$

$$\text{Peso propio módulo} + \text{tanque de agua} = (1800 + 1000 Kg) * \frac{1}{6 m * 2,4 m} * \frac{10}{1000} = 1,944 kN/m^2$$

$$q_t = \left((5 + 1,944) \frac{kN}{m^2} * 0,15 m \right) + 0,01755 kN/m = 1,06 kN/m$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{384}{5} \frac{6.000.000 \text{ kN/m}^2 * (33,75/10^8) \text{ m}^4}{1,06 \text{ kN/m}^3 * 360}} = 0,7416 \text{ m} = 74,16 \text{ cm}$$

En este caso, la longitud máxima que pueden adquirir los listones utilizados para el tablero es de 74,16 centímetros, siendo esta, a su vez, la separación entre tirantes.

2.1.1. TIRANTES

Para los tirantes solamente se verifica si la deformación admisible cumple. Las dimensiones utilizadas, utilizando medidas comerciales, según Tabla A VI.2, se consideran las diferentes separaciones, tanto para el muelle como el área de servicios.

Tabla A VI.2. Medidas comerciales sobre las tablas de Pino Elliotis. Fuente: Forestal Dorado.

Espesor (pulgadas)	Ancho (pulgadas)	Largo (pies)
2	4-8	8-18
3	6-12	8-18

Se define a la tabla con dimensiones de 3"= 6 cm de espesor, un ancho de 15 centímetros y una longitud de 140 centímetros (Si bien el ancho máximo del muelle es de 180 centímetros, la longitud entre apoyo de los tirantes es de 140 centímetros), separados cada 75 centímetros, por lo que:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{6 \cdot (12 \text{ cm})^3}{12} = 864 \text{ cm}^4$$

Cargas que intervienen:

- *Sobrecarga de uso* = $5 \text{ kN/m}^2 * \frac{0,75 \text{ m}}{2} = 1,875 \text{ kN/m}$
- *Sobrecarga tablero* = $3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{3}{100} \text{ m} * \frac{0,75 \text{ m}}{2} = 0,0439 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- *Carga propio tirantes* = $3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{6}{100} \text{ m} * \frac{12}{100} \text{ m} = 0,0281 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- $q_t = 1,875 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,0439 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,0281 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 1,9470 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Los tirantes más solicitados serán aquellos que concurren dos tableros, es decir que la carga será duplicada,

$$q_t = 2 * \left(1,875 \text{ kN/m} + 0,0439 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) + 0,0281 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 3,8658 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

La máxima luz que se tiene en el muelle para los tirantes es de 1,40 metros, por lo que para el cálculo de la flecha será la siguiente:

$$f_{adm} = \frac{140}{360} = 0,3889$$

$$f = \frac{5}{384} * \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} * \frac{3,8658 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * (1,4 \text{ m})^4}{6.000.000 \text{ kN/m}^2 * (864/10^8) \text{ m}^4} = 0,00373 \text{ m} = 0,373 \text{ cm} < 0,3889 \text{ cm}$$

Por lo tanto, verifica que la flecha calculada sea menor a la flecha admisible.

En tanto que en el área de servicios se utiliza, dado que existen diferentes disposiciones de vigas, se proponen diversas separaciones según la disposición de vigas. En la imagen A VI.1 se visualiza lo explicado

- a. Zona A: Longitud de tirantes de 320 centímetros, en este sector afectan las cargas debida a los módulos. Debido a la luz y las cargas que interactúan, el material de los tirantes será de H°A°, por lo que:

Se define los tirantes de dimensiones de 15 centímetros de alto, un ancho de 15 centímetros y una longitud de 320 centímetros, separados cada 50 centímetros, por lo que:

Cargas que intervienen:

- $Sobrecarga\ de\ uso = 5\ \frac{kN}{m^2} * \frac{0,5\ m}{2} = 1,25\ \frac{kN}{m}$
- $Carga\ tablero = 3,9\ \frac{kN}{m^3} * \frac{3}{100}\ m * \frac{0,5\ m}{2} = 0,0293\ \frac{kN}{m}$
- $Carga\ ppio\ tirantes = 25\ \frac{kN}{m^3} * \frac{15}{100}\ m * \frac{15}{100}\ m = 0,5625\ \frac{kN}{m}$
- $Carga\ módulos = 1,94\ \frac{kN}{m^2} * \frac{0,5\ m}{2} = 0,4861\ \frac{kN}{m}$
- $q_t = 1,25\ \frac{kN}{m} + 0,0293\ \frac{kN}{m} + 0,5625\ \frac{kN}{m} + 0,4861\ \frac{kN}{m} = 2,3279\ \frac{kN}{m}$

Los tirantes más solicitados serán aquellos que concurren dos tableros, es decir que la carga será duplicada,

- $q_t = 2 * \left(1,25\ \frac{kN}{m} + 0,0293\ \frac{kN}{m} + 0,4861\ \frac{kN}{m}\right) + 0,5625\ \frac{kN}{m} = 4,0932\ \frac{kN}{m}$

$$q_u = 1,2 * \left[2 * (0,0293 + 0,4861) + 0,5625\ \frac{kN}{m}\right] + 1,6 * 1,25\ \frac{kN}{m} = 5,91\ \frac{kN}{m}$$

$$M_u = 5,91\ \frac{kN}{m} * \frac{(3,2\ m)^2}{8} = 7,57\ kNm$$

$$V_u = 5,91\ \frac{kN}{m} * \frac{3,2\ m}{2} = 9,46\ kNm$$

Dimensionamiento tirantes:

En la Tabla A VI.3 se muestran los parámetros de los tirantes de H°A° mientras que en la Tabla A VI.4 el procedimiento para el dimensionamiento de los tirantes.

Tabla A VI.3. Parámetros tirantes de H°A°.

Parámetros Tirantes	
f'c [MPa]	30
fy [MPa]	420
h [cm]	15
b [cm]	15
Eh [MPa]	25742,9602
Eace [MPa]	200000
Recub	4,1
β_1	0,85

Tabla A VI.4. Dimensionamiento de los tirantes de H°A°.

Esfuerzos		Corte	
Mu [kNm]	7,57	Φ	0,75
Vu [kN]	9,46	Caso	
Flexión (Armadura a T)		Vn	12,61
de [m]	0,109	Vc	14,93
Mn [MNm]	0,00841	Vn-Vc	-2,31
mn [MNm]	0,157263	Vs	Arm Mín
we	0,175341	Av min	1,223
a [m]	0,022485	Av/s [cm ² /m]	1,223
c [m]	0,026453	S (Ø6) [cm]	46,25
ϕ [rad/m]	0,113410	S (Ø8) [cm]	82,23
ξ_{te} [ad]	0,009362	S (Ø10) [cm]	128,48
Kc	0,2427	Smax [cm]	5,45
ARM A COMP	NO	Tn	0,771
As min	0,545	tlim	4,564
As	2,048		
As def	2,048	Elegida	6 mm
		Separaciones máximas	5,45 cm
			40 cm
Elegida	12 mm	Separación	5,00 cm
	2 barras		
	2,262		
sep. entre barras	4,40 cm		

Resultando una de $As_{nec} = 2,048 \text{ cm}$, lo cual se cubre con $2\phi 12 \text{ mm}$ ($As=2,262 \text{ cm}^2$). Se adoptan estribos de 6 mm cada 5 cm. Figura A VI.6

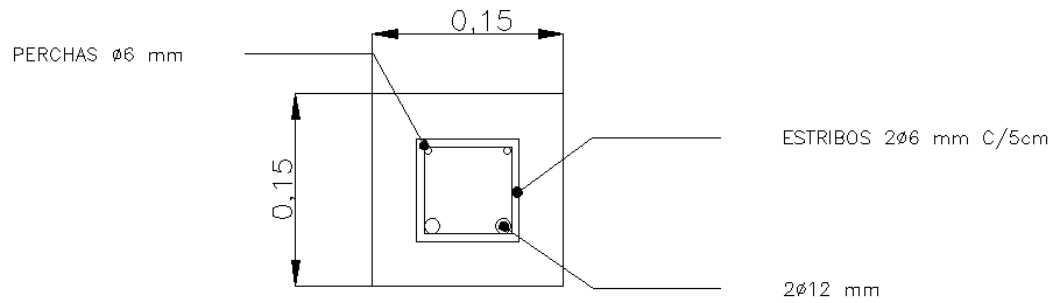


Figura A VI.6. Armadura tirante. Fuente: Elaboración propia.

- b. Zona B: Longitud de tirantes de 140 centímetros, en este sector no afecta las cargas debida a los módulos.

Se define a la tabla con dimensiones de $3'' = 6 \text{ cm}$ de espesor, un ancho de 15 centímetros y una longitud de 120 centímetros, separados cada cm, por lo que:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{6 \cdot (12 \text{ cm})^3}{12} = 864 \text{ cm}^4$$

Cargas que intervienen:

- $\text{Sobrecarga de uso} = 5 \text{ kN/m}^2 \cdot \frac{0,75 \text{ m}}{2} = 1,875 \text{ kN/m}$
- $\text{Carga tablero} = 3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \frac{3}{100} \text{ m} \cdot \frac{0,75 \text{ m}}{2} = 0,0439 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- $\text{Carga propio tirantes} = 3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \frac{6}{100} \text{ m} \cdot \frac{12}{100} \text{ m} = 0,0281 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- $q_t = 1,8750 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,0439 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,0281 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 1,9470 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Los tirantes más solicitados serán aquellos que concurren dos tableros, es decir que la carga será duplicada,

- $q_t = 2 \cdot \left(1,8750 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0,0439 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) + 0,0281 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 3,8658 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,8658 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1,2^4}{6.000.000 \text{ kN/m}^2 \cdot (864/10^8) \text{ m}^4} = 0,00373 \text{ m} = 0,201 \text{ cm} < 0,333 \text{ cm}$$

Se verifica que la flecha calculada es menor a la flecha admisible.

- c. Zona C: Longitud de tirantes de 200 cm, en este sector no afecta las cargas debida a los módulos

Se define a la tabla con dimensiones de $3'' = 6 \text{ cm}$ de espesor, un ancho de 15 centímetros y una longitud de 200 centímetros, separados cada 50 centímetros, por lo que:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{6 \cdot (15 \text{ cm})^3}{12} = 1687,5 \text{ cm}^4$$

Cargas que intervienen:

- $Sobrecarga\ de\ uso = 5\ kN/m^2 * \frac{0,5\ m}{2} = 1,25\ kN/m$
- $Carga\ tablero = 3,9\ \frac{kN}{m^3} * \frac{3}{100}m * \frac{0,5\ m}{2} = 0,0293\ \frac{kN}{m}$
- $Carga\ ppio\ tirantes = 3,9\ \frac{kN}{m^3} * \frac{6}{100}m * \frac{15}{100}m = 0,0351\ \frac{kN}{m}$
- $q_t = 1,2500\ \frac{kN}{m} + 0,0293\ \frac{kN}{m} + 0,0351\ \frac{kN}{m} = 1,3144\ \frac{kN}{m}$

Los tirantes más solicitados serán aquellos que concurren dos tableros, es decir que la carga será duplicada,

$$q_t = 2 * \left(1,25\ kN/m + 0,0293\ \frac{kN}{m}\right) + 0,0351\ \frac{kN}{m} = 2,5936\ \frac{kN}{m}$$

$$f = \frac{5}{384} * \frac{q_t l^4}{E I} = \frac{5}{384} * \frac{2,5936\ \frac{kN}{m} * 2^4}{6.000.000\ kN/m^2 * (1687,5/10^8)\ m^4} = 0,00534\ m = 0,534\ cm < 0,556\ cm$$

Se verifica que la flecha calculada es menor a la flecha admisible.

2.2. VIGAS

Se colocan vigas prefabricadas de hormigón entre pilotes con el fin de sostener el tablero del muelle de madera. La luz de las vigas es igual a la distancia entre pilotes, la cual es 7,5 metros. Se propone una sección de vigas de base de 20 centímetros y altura de 50 centímetros.

Cabe destacar que se debe considerar baranda, materializadas de aluminio, las cuales deben soportar 1 kN/m perpendicular a su plano. La misma tendrá 1 metro de altura.

- $Sobrecarga\ de\ uso = 5\ kN/m^2 * \frac{1,8\ m}{2} = 4,5\ kN/m$
- $Carga\ tablero = 3,9\ \frac{kN}{m^3} * \frac{3}{100}m * \frac{1,8\ m}{2} = 0,1053\ \frac{kN}{m}$
- $Carga\ ppio\ tirantes = \frac{11}{2} * 3,9\ \frac{kN}{m^3} * \frac{6}{100}m * \frac{15}{100}m = 0,154\ \frac{kN}{m} * \frac{1,4\ m}{7,5\ m} = 0,0288\ \frac{kN}{m}$
- $Carga\ ppio\ vigas = 25\ \frac{kN}{m^3} * [(0,5\ m * 0,2\ m) + (2 * 0,1\ m * 0,35)] = 4,25\ \frac{kN}{m}$
- $Carga\ ppio\ baranda = 2\ \frac{Kg}{m} = 0,02\ \frac{kN}{m}$

$$q_u = 1,2 * \left[0,1053 + \frac{0,154 * 1,4/2}{7,5} + 4,25 + 0,02\right] + 1,6 * 4,5 = 12,47\ \frac{kN}{m}$$

$$M_u = 12,47\ \frac{kN}{m} * \frac{(7,5\ m)^2}{8} = 85,13\ kNm; \quad V_u = 12,47\ \frac{kN}{m} * \frac{7,5\ m}{2} = 45,40\ kNm$$

$$Carga\ a\ cada\ pilote_{serv} = (4,5 + 0,1053 + 0,0288 + 4,25 + 0,02)\ \frac{kN}{m} * \frac{7,5\ m}{2} = 33,39\ kN$$

$$Carga\ a\ cada\ pilote_{serv} = 2 * \left[(4,5 + 0,1053 + 0,0288 + 4,25 + 0,02)\ \frac{kN}{m} * \frac{7,5\ m}{2}\right] = 66,78\ kN$$

En la Tabla A VI.5 se muestran los parámetros de las vigas 07 a 18 de H°A° mientras que en la Tabla A VI.6 el procedimiento para el dimensionamiento de las vigas.

Tabla A VI.5. Parámetros Vigas del 07 a 18.

Parámetros Viga 07 a 18	
f'c [MPa]	30
fy [MPa]	420
h [cm]	50
b [cm]	20
Eh [MPa]	25742,9602
Eace [MPa]	200000
Recub	4,1
β_1	0,85

Tabla A VI.6. Dimensionamiento Vigas del 07 a 18.

Esfuerzos		Corte	
Mu [kNm]	87,57	Φ	0,75
Vu [kN]	46,71	Caso	
Flexión (Armadura a T)		Vn	62,27
de [m]	0,459	Vc	83,80
Mn [MNm]	0,09730	Vn-Vc	-21,53
mn [MNm]	0,076976	Vs	Arm Mín
we	0,080817	Av min	1,630
a [m]	0,043641	Av/s [cm ² /m]	1,630
c [m]	0,051342	S (Ø6) [cm]	34,69
ϕ [rad/m]	0,058431	S (Ø8) [cm]	61,67
ξ_{te} [ad]	0,023820	S (Ø10) [cm]	96,36
Kc	0,1119	Smax [cm]	22,95
ARM A COMP	NO	Tn	0,678
As min	3,060	Tlim	4,564
As	5,299	Elegida	6 mm
As def	5,299	Separaciones máximas	22,95 cm 40 cm
		Separación	22,00 cm
Elegida	16 mm 3 barras 6,032		
sep. entre barras	3,50 cm		

Resultando una de $As_{nec} = 5,299 \text{ cm}^2$, lo cual se cubre con $3\phi 16 \text{ mm}$ ($As=6,032 \text{ cm}^2$). Se adoptan estribos de 6 mm cada 20 cm. Figura A VI.7

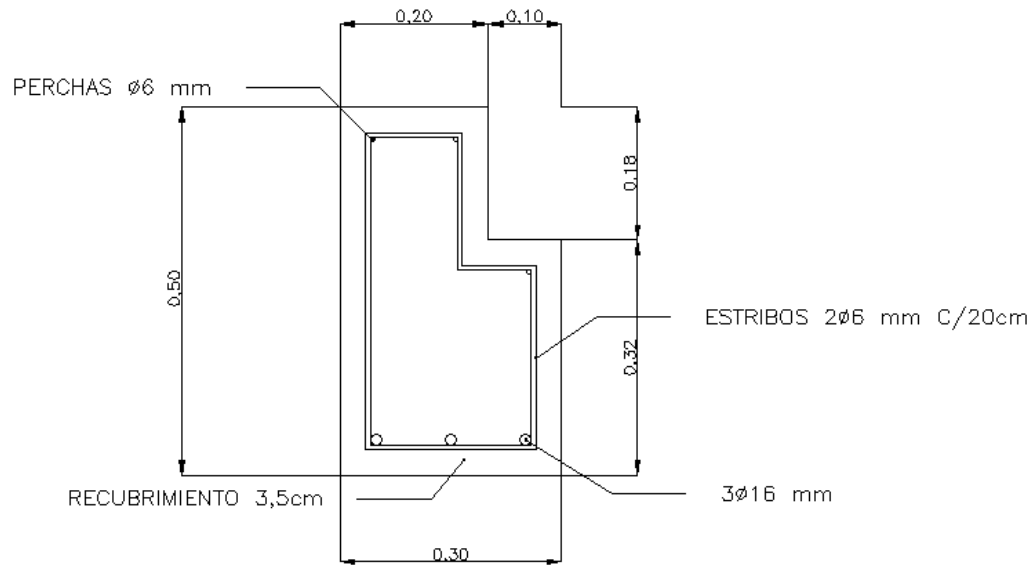


Figura A VI.7. Armadura Viga. Medidas en metros. Fuente: Elaboración propia.

En la figura A VI.8 se observa como es la disposición final de los tableros.

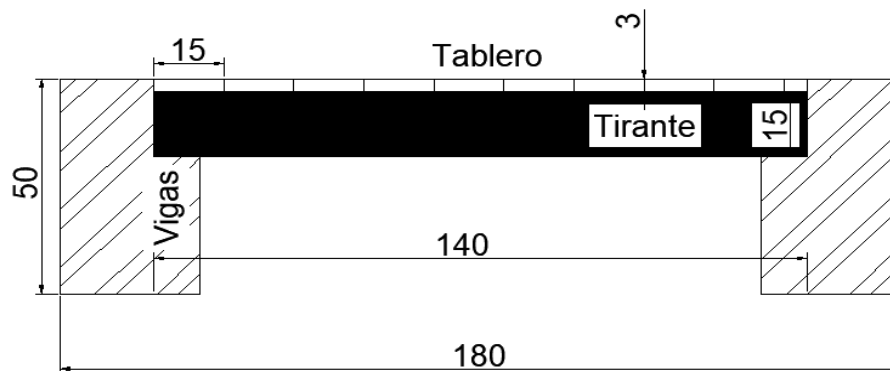


Figura A VI.8. Disposición del tablero. Medidas en centímetros. Fuente: Autoría propia.

En cuanto a los módulos de servicios:

a. Vigas 19 y Viga 24

La luz de las vigas es igual a la distancia entre pilotes, la cual es 7,5 metros. Se propone una sección de vigas de base de 20 centímetros y altura de 50 centímetros, ya que se considera el espesor del tablero.

- $Sobrecarga \text{ de uso} = 5 \text{ kN/m}^2 * \frac{3,3 \text{ m}}{2} = 8,25 \text{ kN/m}$
- $Carga \text{ tablero} = 3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{3}{100} \text{ m} * \frac{3,3 \text{ m}}{2} = 0,19 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- $Carga \text{ ppio tirantes} = \frac{16}{2} * 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{15}{100} \text{ m} * \frac{15}{100} \text{ m} = 4,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{3,2 \text{ m}}{7,5 \text{ m}} = 1,92 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

- $Carga\ ppio\ vigas = 25 \frac{kN}{m^3} * \left[(0,5\ m * 0,2\ m) + \left(0,2 * \left(\frac{0,5-0,15}{100} \right) \right) \right] = 4,25 \frac{kN}{m}$
- $Sobrecarga\ de\ uso = 1,94\ kN/m^2 * \frac{3,3\ m}{2} = 3,2083\ kN/m$

$$q_u = \left[1,2 * (0,19 + 1,92 + 4,25 + 0,02 + 3,2083) \frac{kN}{m} \right] + 1,6 * 8,25 \frac{kN}{m} = 24,710 \frac{kN}{m}$$

$$M_u = 24,710 \frac{kN}{m} * \frac{(7,5\ m)^2}{8} = 173,74\ kNm$$

$$V_u = 24,710 \frac{kN}{m} * \frac{7,5\ m}{2} = 92,661\ kNm$$

En la Tabla A VI.7 se muestran los parámetros de las vigas 13 y 18 de H°A° mientras que en la Tabla A VI.8 el procedimiento para el dimensionamiento de las vigas.

Tabla A VI.7. Parámetros vigas 19 y 24 de H°A°

Parámetros Viga 19 y 24	
f'c [MPa]	30
fy [MPa]	420
h [cm]	50
b [cm]	20
Eh [MPa]	25742,9602
Eace [MPa]	200000
Recub	4,1
β1	0,85

Tabla A VI.8. Dimensionamiento de vigas 19 y 24 de H°A°

Esfuerzos	
Mu [kNm]	173,74
Vu [kN]	92,661
Flexión (Armadura a T)	
de [m]	0,459
Mn [MNm]	0,19304
mn [MNm]	0,152714
we	0,169635
a [m]	0,091603
c [m]	0,107768
ϕ [rad/m]	0,027838
ξ_{te} [ad]	0,009777
Kc	0,2348
ARM A COMP	NO
As min	3,060
As	11,123
As def	11,123
Elegida	20 mm
	4 barras
	12,566
sep. entre barras	7,93 cm

Base de 40 cm

Corte	
Φ	0,75
Caso	
Vn	123,55
Vc	83,80
Vn-Vc	39,75
Vs	39,75
Av min	1,630
Av/s [cm2/m]	2,062
Av/s dis[cm2/m]	2,062
S (Ø6) [cm]	27,43
S (Ø8) [cm]	48,76
S (Ø10) [cm]	76,19
Smax [cm]	22,95
Tn	1,346
τ_{lim}	4,564
Elegida	6 mm
Separaciones máximas	22,95 cm
	40 cm
Separación	22,00 cm

Resultando una de $A_{s_{nec}} = 11,123 \text{ cm}^2$ lo cual se cubre con $4\phi 20 \text{ mm}$ ($A_s=12,566 \text{ cm}^2$) . Se adoptan estribos de 6 mm cada 20 cm. Cabe destacar que en la armadura se distribuye en los 40 centímetros que tiene de base la viga. Figura A VI.9.

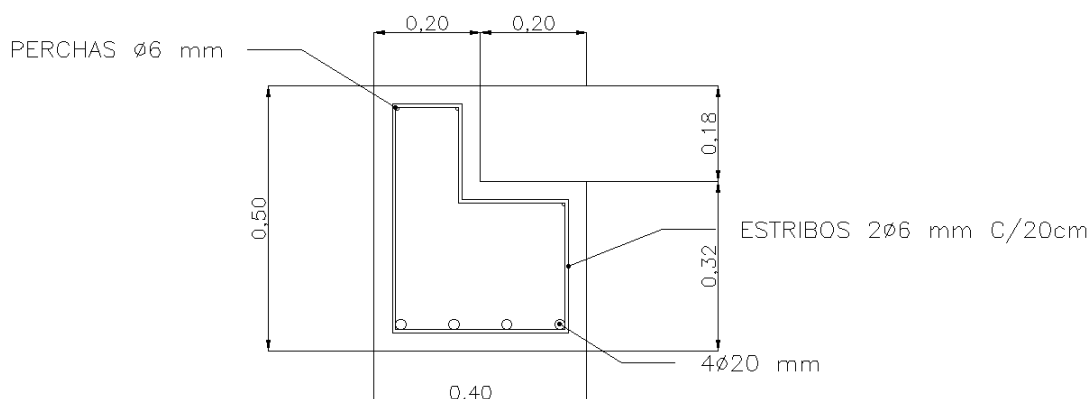


Figura A VI.9. Disposición de armadura Vigas 19 y 24. Fuente: Autoría propia.

b. Viga 20

Además de la carga calculada en las vigas 19 y 24 , intervienen (no se calcula el peso propio de la viga, ya que se considera en las vigas 19 y 24 y no tiene carga proveniente de los módulos):

- *Sobrecarga de uso* = $5 \text{ kN/m}^2 * \frac{1,4 \text{ m}}{2} = 3,5 \text{ kN/m}$
- *Carga tablero* = $3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{3}{100} \text{ m} * \frac{1,4 \text{ m}}{2} = 0,0819 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- *Carga propio tirantes* = $\frac{11}{2} * 3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{6}{100} \text{ m} * \frac{12}{100} \text{ m} = 0,1544 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{1,2 \text{ m}}{7,5 \text{ m}} = 0,0247 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$q_u = \left[1,2 * (0,0819 + 0,0247) \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right] + 1,6 * 3,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 5,698 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{u \text{ tot tramo}} = 24,710 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 5,698 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 30,408 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_u = 30,408 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{(7,5 \text{ m})^2}{8} = 213,81 \text{ kNm}$$

$$V_u = 30,408 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{7,5 \text{ m}}{2} = 114,030 \text{ kNm}$$

En la Tabla A VI.9 se muestran los parámetros de las viga 20 de H°A° mientras que en la Tabla A VI.10 el procedimiento para el dimensionamiento de las viga.

Tabla A VI.9. Parámetros vigas 20 de H°A°

Parámetros Viga 20	
f'c [MPa]	30
fy [MPa]	420
h [cm]	47
b [cm]	20
Eh [MPa]	25742,9602
Eace [MPa]	200000
Recub	4,1
β1	0,85

Tabla A VI.10. Dimensionamiento de viga 20 de H°A°.

Esfuerzos		Corte	
Mu [kNm]	213,81	Φ	0,75
Vu [kN]	114,030	Caso	
Flexión (Armadura a T)		Vn	152,04
de [m]	0,429	Vc	78,32
Mn [MNm]	0,23756	Vn-Vc	73,72
mn [MNm]	0,215135	Vs	73,72
we	0,252676	Av min	1,630
a [m]	0,127527	Av/s [cm ² /m]	4,091
c [m]	0,150032	Av/s dis[cm ² /m]	4,091
ϕ [rad/m]	0,019996	S (Ø6) [cm]	13,82
ξ_{te} [ad]	0,005578	S (Ø8) [cm]	24,57
Kc	0,3497	S (Ø10) [cm]	38,39
ARM A COMP	NO	Smax [cm]	21,45
As min	2,860	Tn	1,772
As	15,485	τ_{lim}	4,564
As def	15,485	Elegida	6 mm
		Separaciones máximas	21,45 cm 40 cm
		Separación	13,00 cm
Elegida	20 mm 5 barras 15,708		
sep. entre barras	5,45 cm		

Base de 40 cm

Resultando una de $As_{nec} = 15,485 \text{ cm}^2$ lo cual se cubre con $5\phi 20 \text{ mm}$ ($As=15,708 \text{ cm}^2$) . Se adoptan estribos de 6 mm cada 13 cm. Cabe destacar que en la armadura se distribuye en los 40 centímetros que tiene de base la viga. Figura A VI.10.

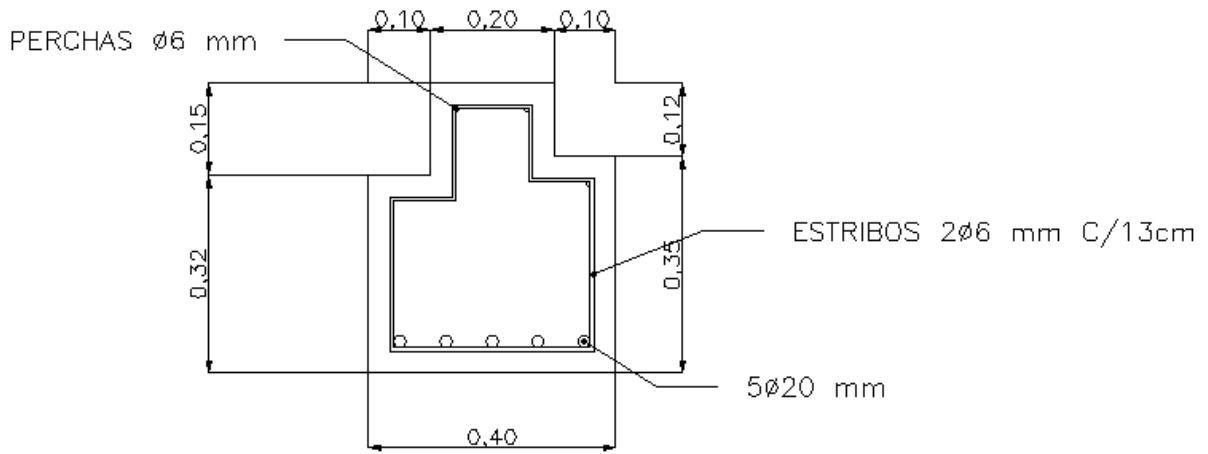


Figura A VI.10. Disposición de armadura Vigas 20. Fuente: Autoría propia.

c. Viga 21

No tiene carga proveniente de los módulos:

- Sobrecarga de uso = $5 \text{ kN/m}^2 * \frac{1,4 \text{ m}}{2} = 3,5 \text{ kN/m}$
- Carga tablero = $3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{3}{100} \text{ m} * \frac{1,4 \text{ m}}{2} = 0,0819 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- Carga ppio tirantes = $\frac{11}{2} * 3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{6}{100} \text{ m} * \frac{12}{100} \text{ m} = 0,1544 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{1,2 \text{ m}}{7,5 \text{ m}} = 0,0247 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- Carga ppio vigas = $25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * [(0,47 \text{ m} * 0,2 \text{ m}) + (0,2 * (0,47 - 0,12))] = 4,10 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$q_u = \left[1,2 * (0,0819 + 0,0247 + 4,1) \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right] + 1,6 * 3,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 10,648 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{u \text{ tot tramo}} = 2 * 10,648 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 21,296 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_u = 21,296 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{(7,5 \text{ m})^2}{8} = 149,74 \text{ kNm}$$

$$V_u = 21,296 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{7,5 \text{ m}}{2} = 79,859 \text{ kNm}$$

En la Tabla A VI.11 se muestran los parámetros de la viga 21 de H°A° mientras que en la Tabla A VI.12 el procedimiento para el dimensionamiento de la viga.

Tabla A VI.11. Parámetros vigas 21 de H°A°

Parámetros Viga 21	
f'c [MPa]	30
fy [MPa]	420
h [cm]	47
b [cm]	20
Eh [MPa]	25742,9602
Eace [MPa]	200000
Recub	4,1
β_1	0,85

Tabla A VI.12. Dimensionamiento de viga 21 de H°A°.

Esfuerzos		Corte	
Mu [kNm]	149,74	Φ	0,75
Vu [kN]	79,859	Caso	
Flexión (Armadura a T)		Vn	106,48
de [m]	0,429	Vc	78,32
Mn [MNm]	0,16637	Vn-Vc	28,15
mn [MNm]	0,150667	Vs	28,15
we	0,167082	Av min	1,630
a [m]	0,084327	Av/s [cm ² /m]	1,563
c [m]	0,099209	Av/s dis[cm ² /m]	1,630
ϕ [rad/m]	0,030239	S (Ø6) [cm]	34,69
ξ_{te} [ad]	0,009973	S (Ø8) [cm]	61,67
Kc	0,2313	S (Ø10) [cm]	96,36
ARM A COMP	NO	Smax [cm]	21,45
As min	2,860	Tn	1,241
As	10,240	τ_{lim}	4,564
As def	10,240	Elegida	6 mm
		Separaciones máximas	21,45 cm
			40 cm
		Separación	21,00 cm
Elegida	20 mm		
	4 barras		
	12,566		
sep. entre barras	7,93 cm		

Base de 40 cm

Resultando una de $As_{nec} = 10,24 \text{ cm}^2$ lo cual se cubre con $4\phi 20 \text{ mm}$ ($As=12,566 \text{ cm}^2$). Se adoptan estribos de 6 mm cada 20 cm. Cabe destacar que en la armadura se distribuye en los 40 centímetros que tiene de base la viga.

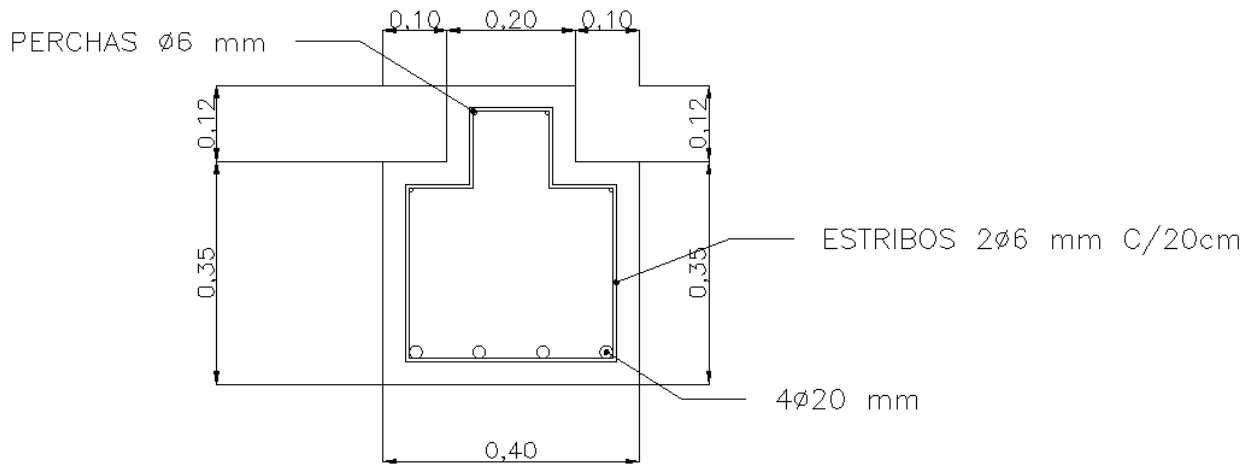


Figura A VI.10. Disposición de armadura Vigas 21. Fuente: Autoría propia.

d. Viga 22

No tiene carga proveniente de los módulos:

- Sobrecarga de uso = $5 \text{ kN/m}^2 * \frac{1,4 \text{ m}}{2} = 3,5 \text{ kN/m}$
- Sobrecarga de uso = $5 \text{ kN/m}^2 * \frac{2,2 \text{ m}}{2} = 5,5 \text{ kN/m}$
- Carga tablero = $3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{3}{100} \text{ m} * \frac{1,4 \text{ m}}{2} = 0,0819 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- Carga tablero = $3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{3}{100} \text{ m} * \frac{2,2 \text{ m}}{2} = 0,13 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- Carga ppio tirantes = $\frac{11}{2} * 3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{6}{100} \text{ m} * \frac{12}{100} \text{ m} = 0,1544 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{1,2 \text{ m}}{7,5 \text{ m}} = 0,0247 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- Carga ppio tirantes = $\frac{16}{2} * 3,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * \frac{6}{100} \text{ m} * \frac{15}{100} \text{ m} = 0,281 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{2 \text{ m}}{7,5 \text{ m}} = 0,0749 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- Carga ppio vigas = $25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * [(0,47 \text{ m} * 0,2 \text{ m}) + (0,1 * (0,47 - 0,12)) + (0,1 * (0,47 - 0,18))] = 4,03 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$$q_u = \left[1,2 * (0,0819 + 0,13 + 0,0247 + 0,0749 + 4,03) \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right] + 1,6 * (3,5 + 5,5) \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 19,573 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_u = 19,511 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{(7,5 \text{ m})^2}{8} = 137,62 \text{ kNm}$$

$$V_u = 19,511 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * \frac{7,5 \text{ m}}{2} = 73,397 \text{ kNm}$$

En la Tabla A VI.13 se muestran los parámetros de las viga 22 de H°A° mientras que en la Tabla A VI.14 el procedimiento para el dimensionamiento de la viga.

Tabla A VI.13. Parámetros vigas 22 de H°A°

Parámetros Viga 22	
f'c [MPa]	30
fy [MPa]	420
h [cm]	47
b [cm]	20
Eh [MPa]	25742,9602
Eace [MPa]	200000
Recub	4,1
β_1	0,85

Tabla A VI.14. Dimensionamiento de viga 22 de H°A°.

Esfuerzos		Corte	
Mu [kNm]	137,62	Φ	0,75
Vu [kN]	73,397	Caso	
Flexión (Armadura a T)		Vn	97,86
de [m]	0,429	Vc	78,32
Mn [MNm]	0,15291	Vn-Vc	19,54
mn [MNm]	0,138475	Vs	19,54
we	0,152074	Av min	1,630
a [m]	0,076752	Av/s [cm ² /m]	1,084
c [m]	0,090297	Av/s dis[cm ² /m]	1,630
ϕ [rad/m]	0,033224	S (Ø6) [cm]	34,69
ξ_{te} [ad]	0,011253	S (Ø8) [cm]	61,67
Kc	0,2105	S (Ø10) [cm]	96,36
ARM A COMP	NO	Smax [cm]	21,45
As min	2,860	Tn	1,141
As	9,320	τ_{lim}	4,564
As def	9,320	Elegida	6 mm
		Separaciones máximas	21,45 cm
			40 cm
		Separación	21,00 cm
Elegida	20 mm		
	4 barras		
	12,566		
sep. entre barras	7,93 cm		

Base de 40 cm

Resultando una de $As_{nec} = 9,32 \text{ cm}^2$ lo cual se cubre con $4\phi 20 \text{ mm}$ ($As=12,57 \text{ cm}^2$) . Se adoptan estribos de 6 mm cada 20 cm. Cabe destacar que en la armadura se distribuye en los 40 centímetros que tiene de base la viga. Figura A VI.11.

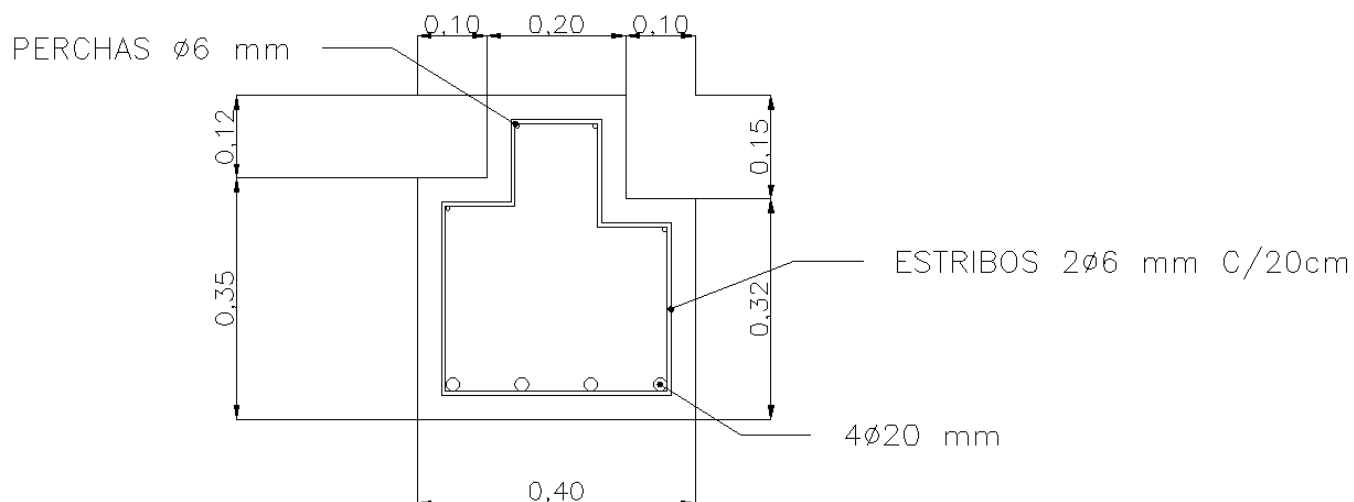


Figura A VI.11. Disposición de armadura Vigas 22. Fuente: Autoría propia.

e. Viga 17

En la Tabla A VI.15 se muestran los parámetros de las viga 23 de H°A° mientras que en la Tabla A VI.16 el procedimiento para el dimensionamiento de la viga.

Tabla A VI.15. Parámetros vigas 23 de H°A°

Parámetros Viga 23	
f'c [MPa]	30
fy [MPa]	420
h [cm]	50
b [cm]	20
Eh [MPa]	25742,9602
Eace [MPa]	200000
Recub	4,1
β_1	0,85

Tabla A VI.16. Dimensionamiento de viga 23 de H°A°.

Esfuerzos		Base de 40 cm	Corte	
Mu [kNm]	237,33		Φ	0,75
Vu [kN]	126,577		Caso	
Flexión (Armadura a T)			Vn	168,77
de [m]	0,459		Vc	83,80
Mn [MNm]	0,26370		Vn-Vc	84,97
mn [MNm]	0,208611		Vs	84,97
we	0,243465		Av min	1,630
a [m]	0,131471		Av/s [cm2/m]	4,408
c [m]	0,154672		Av/s dis[cm2/m]	4,408
ϕ [rad/m]	0,019396		S (Ø6) [cm]	12,83
ξte [ad]	0,005903		S (Ø8) [cm]	22,81
Kc	0,3370		S (Ø10) [cm]	35,64
ARM A COMP	NO		Smax [cm]	22,95
As min	3,060		Tn	1,838
As	15,964		Tlim	4,564
As def	15,964		Elegida	6 mm
			Separaciones máximas	22,95 cm
				40 cm
Elegida	20 mm		Separación	12,00 cm
	6 barras			
	18,850			
sep. entre barras	3,96 cm			

Resultando una de $As_{nec} = 15,964 \text{ cm}^2$ lo cual se cubre con $6\phi 20 \text{ mm}$ ($As=18,85 \text{ cm}^2$) . Se adoptan estribos de 6 mm cada 12 cm. Cabe destacar que en la armadura se distribuye en los 40 centímetros que tiene de base la viga. Figura A VI.12.

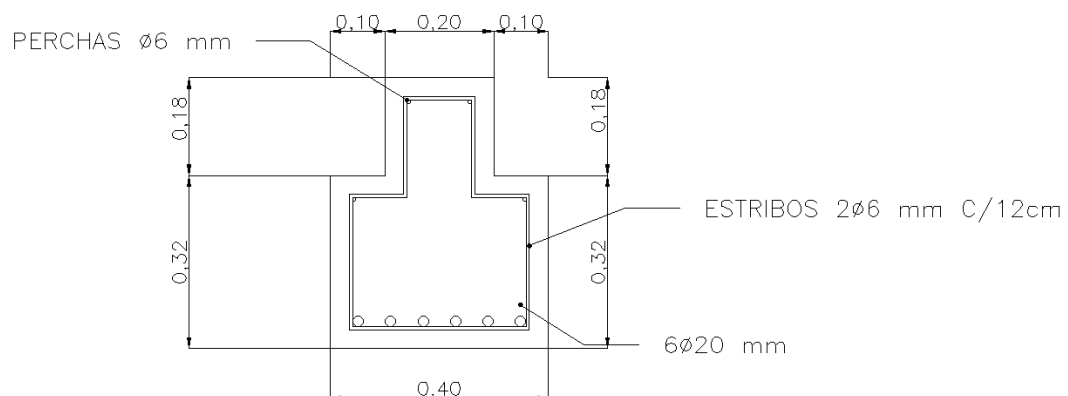


Figura A VI.12. Disposición de armadura Vigas 23. Fuente: Autoría propia.

2.3. RAMPAS

2.3.1. RAMPA FIJA

La rampa fija tiene una longitud de 22,5 metros y tiene apoyos intermedios cada 7,5 metros. Los apoyos intermedios se materializan como vigas ménsulas vinculadas a los pilotes. Con el fin de continuar y no interrumpir con la materialidad del muelle fijo, la rampa está compuesta por dos vigas de hormigón de sección 20x50 cm y listones de madera que conforman la losa, tal como en el muelle fijo.

Con respecto a las tablas de madera del tablero, como se vió anteriormente la longitud máxima dada por la deformación admisible es de 1 metros por lo que se colocan tirantes de las mismas dimensiones que en el muelle, cada 75 centímetros apoyados en las vigas principales.

2.3.1.1. TABLERO

Se utiliza la misma disposición que se utiliza en el muelle, siendo la separación entre tirantes adoptada de 100 centímetros. La cantidad de tablas entre tirantes demanda será de $75/15 \text{ cm} = 5 \text{ tablas}$.

2.3.1.2. VIGAS

Se utiliza la misma disposición que se utiliza en el muelle, siendo la separación entre tirantes adoptada de 75 centímetros. La cantidad de tirantes será de $1 + 750/0,75 \text{ cm} = 11 \text{ tirantes}$. Se realiza el procedimiento para la obtención de la carga hacia cada viga.

Cargas permanentes:

- $Carga \text{ tablero} = 3,9 \frac{kN}{m^3} * 0,03 \text{ m} * \frac{1,2 \text{ m}}{2} = 0,0702 \frac{kN}{m} * \frac{7,5 \text{ m}}{2} = 0,2633 \text{ kN}$
- $Carga \text{ tirante} = \frac{11}{2} * 3,9 \frac{kN}{m^3} * 0,06 \text{ m} * 0,12 \text{ m} * \frac{1,2 \text{ m}}{2} = 0,092664 \text{ kN}$
- $Carga \text{ Ppio Viga} = 25 \frac{kN}{m^3} * 0,5 \text{ m} * 0,2 \text{ m} * \frac{7,5 \text{ m}}{2} = 9,375 \text{ kN}$
- $Baranda = 0,02 \frac{kN}{m^3} * \frac{7,5 \text{ m}}{2} = 0,075 \text{ kN}$
- $Carga \text{ total} = 0,2633 \text{ kN} + 0,0927 \text{ kN} + 9,375 \text{ kN} + 0,075 \text{ kN} = 9,8059 \text{ kN}$

Sobrecargas:

- $5 \frac{kN}{m^2} * \frac{1,2 \text{ m}}{2} * \frac{7,5 \text{ m}}{2} = 11,25 \text{ kN}$

Total en Estado Límite de Servicio

- $9,8059 \text{ kN} + 11,25 \text{ kN} = 21,056 \text{ kN}$

Total en Estado Límite Último

- $1,2 * 9,8059 \text{ kN} + 1,6 * 11,25 \text{ kN} = 29,7671 \text{ kN}$

2.3.1.3. VIGA MÉNSULA

Estas vigas se apoyan en ménsulas las cuales transmiten la carga a los pilotes, se calculan a continuación las cargas de cada extremo.

- $\text{Carga ppio ménsula al pilote} = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 0,3 \text{ m} * 0,2 \text{ m} * 1,2 \text{ m} = 1,8 \text{ kN}$

Total en Estado Límite de Servicio

- $11,6059 \text{ kN} + 11,25 \text{ kN} = 22,8559 \text{ kN}$

Total en Estado Límite Último

- $1,2 * 11,6059 \text{ kN} + 1,6 * 11,25 \text{ kN} = 31,9271 \text{ kN}$

Carga final a los pilotes :

- $\text{Pilotes extremos (ELS)} = 22,8559 \text{ kN}$
- $\text{Pilotes extremos (ELU)} = 31,9271 \text{ kN}$
- $\text{Pilotes intermedios (ELS)} = 45,7118 \text{ kN}$
- $\text{Pilotes intermedios (ELU)} = 63,8542 \text{ kN}$

En la Tabla A VI.17 se muestran los parámetros de las vigas ménsula de H°A°. En cuanto al dimensionamiento de la viga ménsula resulta una armadura, la cual se calcula en la Tabla A VI.18.

Resultando una de $As_{nec} = 4,193 \text{ cm}$, lo cual se cubre con $3\phi 16 \text{ mm}$ ($As = 6,0319 \text{ cm}^2$). Se adoptan estribos de 6 mm cada 12 cm.

2.3.2. RAMPA MÓVIL

La rampa móvil corresponde a diseños comerciales de pasarelas de aluminio, a continuación se muestra en las Figuras A VI.13, cómo es el diseño de la rampa y su ficha técnica.

Ficha de datos

Material: Aleación de aluminio 6061 T6

Decoración: tarima exterior de WPC

Soldadura: Soldadura MIG

Ancho: 1,2 m --- 12 m de ancho se puede personalizar

Largo: 3m --- 36m de longitud se puede personalizar

Solicitud: Muelle flotante de aluminio, hormigón, acero, etc.

Figura A VI.13. Captura ficha técnica rampa móvil. Fuente: Sitio web Horizon-marina.

Puede soportar unos $4 \frac{kN}{m^2}$, y su peso ronda los $45 \frac{kg}{m^2}$, por lo que la carga que resiste cada viga ménsula es de $4,45 \frac{kN}{m^2} * \frac{\sqrt{2,24^2 m + 17,5^2 m}}{2} = 39,2552 \frac{kN}{m}$. El ancho de la rampa es de 1,2.

Finalmente, al pilote llega una carga de $47,11 \text{ kN}$ por la rampa móvil.

2.4. ESCALERA

La escalera corresponde a diseños comerciales de escalera de H°A°. Puede soportar unos $5 \frac{kN}{m^2}$, y su peso ronda los $5,5 \frac{kN}{m^2}$, por lo que la carga que resiste cada viga ménsula es de

$$5,3 \frac{kN}{m^2} * \frac{\sqrt{3,24^2 m + 5^2 m}}{2} = 16,09 \frac{kN}{m}.$$

La escalera tiene 0,75 metros de ancho.

Finalmente, al pilote llega una carga de $23,91 \text{ kN}$ debido a la escalera.

3. PILOTES

La estructura del muelle se compone de un sistema de pilotes prefabricados de hormigón hincados, responsables de transmitir al terreno las cargas verticales provenientes de la superestructura, las sobrecargas de uso y el peso propio de la estructura. Estos pilotes trabajan principalmente a compresión axial y son dimensionados para resistir los esfuerzos verticales actuantes.

Las acciones horizontales son las generadas por la corriente del río y de camalotes, que se consideran mediante un modelo equivalente a la carga ejercida por el flujo sobre una pantalla de 0,80 metros de altura de camalotes. Para resistir estos esfuerzos laterales y garantizar la estabilidad global del sistema, los pilotes se vinculan mediante cruces de San Andrés (arriostramientos diagonales) dispuestas entre pilotes, conformando pórticos arriostrados capaces de absorber y distribuir las fuerzas horizontales hacia el conjunto de la estructura y al suelo.

3.1. CARGAS DE LA SUPERESTRUCTURA

A continuación se confecciona la Tabla A VI.19, a partir de lo calculado en el punto 2 de este Anexo, la cual resume las cargas a considerar en cada pilote del muelle, en ambos estados. Además se considera tanto la situación sin considerar el peso propio del pilote, y la otra considerando el mismo.

Tabla A VI.19. Resumen de cargas a cada pilote del Muelle.

Pilotes en ELS				Pilotes en ELU			
Resumen Cargas (sin peso pilote)				Resumen Cargas (sin peso pilote)			
Pilote 1	80,50 kN	Pilote 7	57,30 kN	Pilote 1	120,28 kN	Pilote 7	80,52 kN
Pilote 2	66,78 kN	Pilote 8	90,69 kN	Pilote 2	93,64 kN	Pilote 8	127,34 kN
Pilote 3	66,78 kN	Pilote 9	90,69 kN	Pilote 3	93,64 kN	Pilote 9	127,34 kN
Pilote 4	136,74 kN	Pilote 10	66,78 kN	Pilote 4	199,03 kN	Pilote 10	93,64 kN
Pilote 5	112,49 kN	Pilote 11	66,78 kN	Pilote 5	157,49 kN	Pilote 11	93,64 kN
Pilote 6	112,49 kN	Pilote 12	66,78 kN	Pilote 6	157,49 kN	Pilote 12	93,64 kN
Pilote 15	91,19 kN	Pilote 17	83,30 kN	Pilote 15	126,68 kN	Pilote 17	120,22 kN
Resumen Cargas +peso ppio pilote			42,29 kN	Resumen Cargas +peso ppio pilote			50,74 kN
Pilote 1	122,78 kN	Pilote 7	99,58 kN	Pilote 1	171,03 kN	Pilote 7	131,26 kN
Pilote 2	109,07 kN	Pilote 8	132,97 kN	Pilote 2	144,38 kN	Pilote 8	178,08 kN
Pilote 3	109,07 kN	Pilote 9	132,97 kN	Pilote 3	144,38 kN	Pilote 9	178,08 kN
Pilote 4	179,03 kN	Pilote 10	109,07 kN	Pilote 4	249,77 kN	Pilote 10	144,38 kN
Pilote 5	154,78 kN	Pilote 11	109,07 kN	Pilote 5	208,23 kN	Pilote 11	144,38 kN
Pilote 6	154,78 kN	Pilote 12	109,07 kN	Pilote 6	208,23 kN	Pilote 12	144,38 kN
Pilote 15	133,48 kN	Pilote 17	125,59 kN	Pilote 15	177,42 kN	Pilote 17	170,96 kN

3.2. NIVEL DE FUNDACIÓN PILOTES

La profundidad y, por ende, la longitud de los pilotes del muelle fijo se analizan para el pilote del extremo del muelle más alejado de la costa, según el análisis de la capacidad de carga del suelo. Partiendo de la base del estudio de suelos visto en el Anexo IV, se tiene el valor de los N del ensayo SPT de todo el perfil estratigráfico, y los ángulos de fricción interna en las primeras profundidades del lecho.

El ángulo de fricción del suelo ronda entre los 32° y 37° para una profundidad de confinamiento de entre 1,00 metros y 11,00 metros. Como no contamos con los datos del ángulo phi en los estratos

posteriores a la profundidad de 4 metros, para determinar el ángulo de fricción interna se realiza una correlación según el número N del ensayo SPT, utilizando la siguiente ecuación de Peck y Hansen:

$$\phi = 27,1 + 0,3 \cdot N_{cor} - 0,00054 \cdot N_{cor}^2$$

Dicha ecuación se puede ver en el Anexo IV. En este caso, no se realizan reducciones del valor de phi por corte local ya que según los valores entre 32° y 37° no se producirá dicho tipo de rotura.

Comenzamos calculando la resistencia por punta del pilote basándonos en la estimación de los factores de capacidad de carga propuestos por Meyerhof según el ángulo de fricción interna del suelo, determinamos el valor del factor Nq para cada estrato considerado. Los mismos se pueden ver en la Tabla A VI.20 recuperada del libro “Fundamentos de ingeniería de cimentaciones de Braja M. Das (7ª edición)”⁽¹⁶⁾.

Tabla A VI.20. Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof.

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				

Luego, se calcula la presión “q” que depende del producto de la densidad del lecho del río y de la profundidad que se está analizando, a lo que se le suma la presión del agua que se encuentra por encima de ese nivel considerado. La densidad del lecho, según el Anexo IV, es de 18,15 kN/m³.

Con el factor de capacidad de carga Nq adoptado y la presión q variable en función de la profundidad analizada, se calcula la capacidad de carga por punta, producto de ambos valores. Finalmente, se calcula la resistencia por punta Qp, la cual se obtiene multiplicando la capacidad de carga por punta del suelo, por el área del pilote.

Dichos cálculos y valores obtenidos se muestran en la Tabla A VI.21, confeccionada sólo para dos estratos, según la ubicación que estamos calculando. En el estrato 1, se tiene en cuenta la erosión del mismo, por lo que a los 4 metros de profundidad inicial del estrato se le suman 1,51 metros de erosión.

El estrato 2 corresponde a un tipo de suelo distinto, por lo tanto se realiza la discretización en la profundidad de 9 metros. Aún así, se puede observar en el perfil estratigráfico, que los valores de N varían ampliamente, por lo que se opta por realizar un promedio de los mismos según el estrato que corresponda.

Tabla A VI.21. Resistencia por punta de los pilotes.

CAPACIDAD DE CARGA PILOTES								
Estrato	Espesor (m)	Profundidad (m)	N del SPT	Ángulo de fricción interna (Φ)	Nq	q (kN/m ²)	Capacidad de punta (kN/m ²)	Qp [KN]
E1	5,51 - 9,00 m	3,49	31,7	36,06	37,75	117,1	4421,8	556
E2	9,00 - 11,00 m	2,00	20,3	32,95	23,18	90,2	2089,8	263

En cuanto a la capacidad de carga por fricción lateral, se adopta el valor fijado de 40 kN/m² dado en el informe del Anexo IV. Seguidamente, este valor se multiplica por el área lateral del pilote para obtener la resistencia por fricción del pilote Qf.

Luego, se calcula la resistencia total sumando la obtenida por punta más la resultante por fricción acumulada en ambos estratos. Se utilizan coeficientes de seguridad de 1,5 para el Qf y 4 para el Qp, ya que usar un factor de seguridad global de 3 es muy conservador.

Se puede observar en la Tabla A VI.22 que, para el primer estrato, el Cmáx es levemente mayor que el del segundo estrato, siendo ambos valores mayores que la carga solicitante en servicio de 179,03 kN del último pilote (incluyendo el peso propio del mismo).

Tabla A VI.22. Resistencia por fricción y máxima capacidad de los pilotes.

CAPACIDAD DE CARGA PILOTES							
Estrato	Espesor (m)	Profundidad (m)	Capacidad por fricción lateral (kN/m ²)	Qf [KN]	Qf acum. [KN]	Qp [KN]	Cmáx [KN]
E1	5,51 - 9,00 m	3,49	40	175,24	175,24	556	256
E2	9,00 - 11,00 m	2,00	40	100,53	275,77	263	250

La mayor diferencia se destaca en la resistencia por punta Qp, lo cual se ve reflejado en los valores del ensayo SPT proporcionado. Esto significa que es conveniente que el nivel de fundación del pilote esté dentro del primer estrato. Pero la longitud empotrada en el suelo sería muy pequeña, por lo tanto, se decide fundar los pilotes a 10 metros de profundidad, siendo el hincado de los pilotes de 4,49 metros. El bulbo de presiones se desarrollará dentro del segundo estrato, pero al tener este una buena resistencia, no significa un problema. Además se cumple con la condición de que la punta del pilote debe ingresar por lo menos dos diámetros en el estrato resistente considerado, es decir, 0,80 metros.

En conclusión, el primer estrato tiene alta resistencia por punta pero baja por fuste, y el segundo estrato tiene baja resistencia por punta pero se tiene mayor resistencia acumulada por fuste. Por lo que la

decisión queda condicionada sólo a la longitud de hincado que queramos lograr. Para redondear las dimensiones del hincado del pilote, se adoptan 14,5 metros de longitud, quedando la parte hincada de 5 metros de profundidad, y la parte no confinada de 9,5 metros para el pilote más alejado de la ribera de la isla.

En la Tabla A VI.23, se muestra el nuevo cálculo para los 10,5 metros de profundidad, siendo el $C_{m\acute{a}x}$ de 226 kN, el cual continúa siendo mayor que la carga en servicio del pilote de 179,03 kN, por ende se verifica dicha profundidad, estando del lado de la seguridad.

Tabla A VI.23. Resistencia por fricción y máxima capacidad de los pilotes a 10,5 m.

CAPACIDAD DE CARGA PILOTES							
Estrato	Espesor (m)	Profundidad (m)	Capacidad por fricción lateral (kN/m ²)	Qf [KN]	Qf acum. [KN]	Qp [KN]	Cmáx [KN]
E1	5,51 - 9,00 m	3,49	40	175,24	175,24	556	256
E2	9,00 - 10,50 m	1,50	40	75,40	250,64	236	226

Finalmente, teniendo en cuenta la diferencia de +2 metros de los niveles del estudio de suelos respecto del nivel hidrométrico de Rosario, el nivel de fundación queda en -8,50 metros.

3.3. DIMENSIONAMIENTO PILOTES

La parte del pilote que no se encuentra confinada en el suelo, se comporta como un elemento comprimido susceptible al pandeo, por lo que se analiza como una columna de un sistema indesplazable, ya que los desplazamientos se encuentran restringidos por los tensores que se colocan entre los pilotes de forma transversal.

Se calcula la esbeltez de la parte del pilote que no se encuentra sumergida, y se compara con la esbeltez límite de los sistemas indesplazables para determinar si se es necesario considerar los efectos de segundo orden del pandeo. Para el cálculo de λ , se adopta un k de 0,8 que corresponde a un elemento apoyado-empotrado. El mismo se encuentra apoyado en las vigas y empotrado en el suelo. La longitud libre L_u es la suma entre los 6,4 metros del lecho y la erosión total obtenida anteriormente.

$$\lambda = \frac{k \cdot L_u}{r} = \frac{0,8 \cdot (5,9 + 3,51)m}{0,2m} = 31,89 < \lambda_{lim} = 34$$

Por lo tanto, no se consideran los efectos de segundo orden. Es decir, se dimensiona al pilote como una columna corta. Se adopta la cuantía mínima de 0,01 y se obtiene la siguiente armadura:

$$A_s = 0,01 \cdot \pi \cdot 20cm^2 = 12,57 cm^2$$

Se adoptan entonces 7 barras del diámetro 16, alcanzando un $A_s = 14,07 cm^2$.

La parte hincada del pilote de 5 metros de longitud, se encuentra en un suelo con un valor del ensayo SPT mayor a 4, por lo que no se considera el pandeo del pilote, ya que está confinado en un estrato resistente. Se coloca entonces armadura mínima. Según el reglamento CIRSOC 201-2005, apartado 10.8.4, “para un elemento comprimido que tenga una sección transversal mayor que la necesaria, se puede utilizar un área efectiva reducida $A_g \geq 50 \%$ del área total, con el fin de determinar la armadura mínima y la resistencia de diseño.”

$$\text{Es decir, } A_s = \max(0,01 \cdot A_{g \text{ nec}}; 0,005 \cdot A_{g \text{ adopt}}).$$

Para obtener la sección estáticamente necesaria, $A_{g \text{ nec}}$, se utiliza la expresión del ítem 10.3.6.2 del CIRSOC 201-2005 para columnas cortas:

$$\phi P_n = 0,80\phi \cdot \left[0,85f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \right]$$

teniendo en cuenta que $A_g = A_{g \text{ nec}}$ y que $A_{st} = 0,01 \cdot A_{g \text{ nec}}$, se despeja el área necesaria:

$$A_{g \text{ nec}} = \frac{P_u}{\phi 0,80 [0,85f'_c 0,99 + 0,01f_y]}$$

adoptando un hormigón H-30 antes determinado, un coeficiente de reducción $\phi = 0,65$ para columnas, y un valor de tensión de fluencia del acero de 42 kN/cm², se calcula el área necesaria:

$$A_{g \text{ nec}} = \frac{P_u}{0,65 \cdot 0,80 \cdot [0,85 \cdot 3 \cdot 0,99 + 0,01 \cdot 42]} = A_{g \text{ nec}} = 83,92 \text{ cm}^2$$

- $A_{g \text{ nec}} = 73,33 \text{ cm}^2 \rightarrow A_s = 0,01 \cdot A_{g \text{ nec}} = 0,73 \text{ cm}^2$
- $A_{g \text{ adopt}} = 1256,60 \text{ cm}^2 \rightarrow A_s = 0,005 \cdot A_{g \text{ adopt}} = 6,28 \text{ cm}^2$

Para un $A_s = 6,28 \text{ cm}^2$ alcanza con adoptar 5 barras del diámetro 16, pero se decide sobredimensionar para continuar con la armadura adoptada en la parte del pilote susceptible al pandeo, de 7 barras del diámetro 16, conformando una única disposición de armaduras en toda la longitud del pilote.

Por otro lado, para un pilote de diámetro 0,40 metros se recomienda no usar menos de 5 barras, ni usar un diámetro de barras menor a 16mm. Considerando la disposición elegida, se adoptan estribos de diámetro de 6mm con una separación calculada según el apartado 7.10.5. del CIRSOC 201-2005, en donde la mínima separación 12 veces el diámetro de la barra, dando como resultado 19 centímetros. Finalmente los estribos quedan de 1 del 6 c/19 cm. Figura A VI.14

Se realiza la verificación en estado último del pilote más solicitado por los apoyos de las rampas, con la armadura recientemente adoptada. Para ello se calcula el P_n con la misma fórmula para columnas cortas y se afecta por un coeficiente de reducción de la resistencia de 0,65.

$$0,65 \cdot P_n = 0,80 \cdot 0,65 \cdot \left[0,85 \cdot 3 \cdot (A_g - A_{st}) + 42 \cdot A_{st} \right]$$

$$P_n = 3007,73 \text{ kN}$$

$$P_d = P_n \cdot 0,65 = 1955,02 \text{ kN}$$

La resistencia del pilote es ampliamente mayor que el peor estado de sollicitación para el cual el P_u es de 249,77 kN, por lo tanto todos los pilotes verifican.

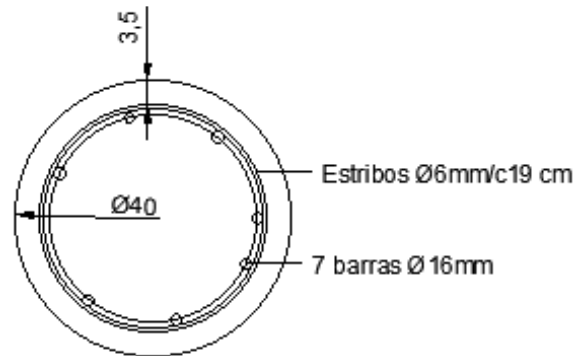


Figura A VI.14. Armadura pilote en estudio. Fuente: Elaboración Propia.

Se colocan cruces de San Andrés entre los pilotes de una misma progresiva, para soportar las fuerzas provenientes de la corriente del río. Las mismas están compuestas por tensores de hormigón. Se decide adoptar tensores de materialidad de hormigón en vez de acero para evitar la corrosión de este material, y darle un recubrimiento.

3.4. CÁLCULO DE CARGAS DEBIDO AL FLUJO

Respecto a las fuerzas horizontales aplicadas sobre los pilotes, las cuales se absorben mediante las cruces de San Andrés, se generan debido a la interposición de elementos que perturban al flujo, es por eso que se calcula con la fuerza del flujo las diferentes cargas por los siguientes elementos:

- Interferencia del pilote
- Camalotes
- Marinas
- Muelle Flotante

Se adjunta a continuación la Tabla A VI.24 que resume la obtención de las diferentes cargas.

Tabla A VI.24. Resumen Cargas horizontales

CARGAS HORIZONTALES			
CARGA DE FLUJO			
CORRIENTE			
exponente	m	0,167	
velocidad media	U	0,8	m/s
coeficiente de arrastre	CD	1,3	DE TABLA
viscosidad cinemática	v	0,00000101	
numero de reynolds	Re	3,96E+05	
rugosidad h°	ks	0,0035	
	ks/D	8,75E-03	
Pantalla (por metro)	Apf	0,4	m2
z [m]	u(z) [m/s]	Fd [kN]	Nivel carga [m]
1	0,684	0,122	4,8
2	0,768	0,153	3,8
3	0,821	0,175	2,8
4	0,862	0,193	1,8
5	0,894	0,208	0,8
6	0,922	0,221	-0,2
6,3	0,929	0,225	-0,85
CARGA POR CAMALOTES			
Profundidad	pc	0,8	m
Pantalla	Apf	6	m2
z [m]	u(z) [m/s]	Fd [kN]	Nivel carga [m]
0,8	0,659	1,693	4,9
CARGA POR MARINAS			
Flujo sobre marinas			
Extensión	e	31	m
Profundidad	p	1	m
Separación pilotes	dist	7,5	m
z [m]	u(z) [m/s]	Fd [kN]	Nivel carga [m]
1	0,684	2,280	4,8
Flujo sobre lanchas amarradas			
Manga	m	2,5	m
Profundidad	p	0,73	m
Pantalla	Apf	1,825	m2
Cantidad de lanchas		9	
Total			
z [m]	u(z) [m/s]	Fd [kN]	Nivel carga [m]
0,73	0,649	4,50	4,935
Por pilote			
Fuerza aplicada a la marina		Fd [kN]	Nivel carga [m]
		1,09	4,8

Resultando una carga máxima de 3 kN a cada pilote, los cuales serán tomados por las cruces.

4. DUQUE DE ALBA DE ATRAQUE Y AMARRE

Un duque de alba de atraque y amarre cumple la función de recibir y resistir los esfuerzos horizontales de las embarcaciones durante el amarre y las maniobras de aproximación al muelle. Está compuesto por una columna en la parte que se encuentra sumergida y al aire, que se funda sobre 3 pilotes capaces de generar una cupla resistente ante el momento que genera la carga de impacto del buque en la parte superior del duque.

4.1. CARGA DE IMPACTO

Como se indicó en el punto 4.4.6, se coloca una defensa de tipo botazo de caucho. Al interponerse entre el buque y el pilote una defensa, esta absorbe una parte de la energía cinética cedida al sistema de atraque, denominada E_f . Para la cuantificación de cuánto absorbe la defensa se utilizan las curvas Energía - Deformación y las curvas Reacción - Deformación del folleto comercial, adjunto en el Anexo VII, y así determinar la reacción que transmite al pilote.

Siguiendo el procedimiento explicado en la ROM 2.0⁽³⁾, se puede calcular E_f mediante 3 métodos: método estadístico, modelos matemáticos y modelos experimentales.

Se adopta calcularlo mediante un modelo matemático. Los modelos matemáticos son actualmente los más utilizados para la determinación de la energía cedida al sistema de atraque debido a que no es muy común en la actualidad disponer de registros fiables, completos y suficientes de energías cinéticas en un emplazamiento que permitan la aplicación de los modelos estadísticos y, por tanto, su extrapolación a nuevos emplazamientos con configuraciones físicas del sistema de atraque y características climáticas y operativas similares. Los modelos matemáticos pueden clasificarse en analíticos o numéricos.

El método analítico más ampliamente aceptado permite valorar la energía cinética cedida al sistema de atraque por un buque en un determinado emplazamiento mediante las siguientes formulaciones, diferenciadas en función del tipo de atraque y de las características de la maniobra de atraque desarrollada.

Se considera atraque lateral o de costado mediante traslación transversal preponderante en obras de atraque fijas discontinuas. En estos casos, la determinación de la energía cedida por un buque al sistema de atraque, E_f , podrá realizarse mediante la misma formulación utilizada para atraque transversal o lateral mediante traslación transversal predominante en obras de atraque fijas continuas, tomando en consideración las siguientes diferencias:

En obras de atraque fijas discontinuas, como es el caso de duques de alba, tanto la distancia entre el punto de impacto y el centro de gravedad del buque, R , como el ángulo formado entre el vector velocidad

de aproximación del buque y la línea que une el punto de impacto y el centro de gravedad del buque, ϕ , suelen ser menores que en obras de atraque fijas continuas, debido a la discontinuidad de la línea de atraque que reduce la posibilidad de que se produzca un contacto entre el casco del buque y la estructura de atraque, incluso con ángulos de aproximación elevados, y al descentramiento que suele producirse en este tipo de estructuras en el momento del impacto inicial entre el centro de gravedad del buque y el centro geométrico del sistema de atraque (Ver figura A VI.15).

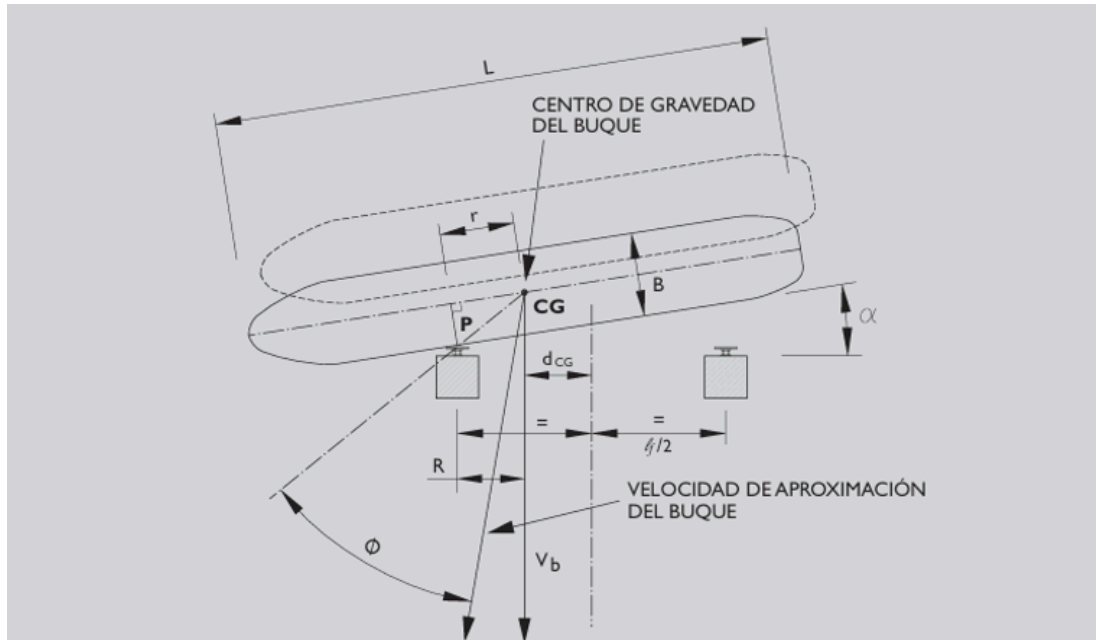


Figura A VI.15. Atraque lateral o de costado mediante traslación transversal preponderante a obras de atraque fijas discontinuas. Fuente: ROM 2.0-11

La energía cinética cedidas al sistema de atraque se calcula como:

$$E_f = E_b \cdot C_b = \left[\frac{1}{2} (C_m M_b) \cdot (V_b)^2 \right] C_e \cdot C_g \cdot C_c \cdot C_s = \left[\frac{1}{2} (C_m \Delta) \cdot (V_b)^2 \right] C_e \cdot C_g \cdot C_c \cdot C_s$$

siendo:

- E_b : Energía cinética desarrollada por el buque durante el atraque ($kN.m$).
- C_b : Coeficiente ($C_b = C_e C_g C_c C_s$) de atraque (adimensional).
- $C_m M_b$: Masa movilizada por el buque durante el atraque.
- M_b : Masa del buque ($M_b = \Delta/g$).
- Δ : Desplazamiento del buque en la condición de carga considerada (kN).
- g : Aceleración de la gravedad. ($9,8 \text{ m/s}^2$).
- C_m : Coeficiente de masa hidrodinámica (adimensional).
- V_b : Componente normal a la línea de atraque de la velocidad de aproximación del buque en el momento del impacto (m/s).
- C_e : Coeficiente de excentricidad (adimensional).
- C_g : Coeficiente geométrico del buque (adimensional).
- C_c : Coeficiente de configuración del atraque (adimensional).
- C_s : Coeficiente de rigidez del sistema de atraque (adimensional).

- C_g : Coeficiente geométrico del buque.

La menor excentricidad del punto de impacto en los atraques discontinuos supone que, en general, este punto se ubique en el tramo recto del casco del buque, por lo que puede adoptarse 1,0 como valor nominal del coeficiente en este tipo de atraques.

- C_c : Coeficiente de configuración del atraque.

La tipología discontinua del atraque también tiene influencia en el coeficiente de configuración del atraque, C_c , al no ser significativos los efectos amortiguadores del colchón de agua que queda atrapado entre el casco del buque y la estructura de atraque por la configuración abierta de este tipo de estructuras de atraque se adoptará 1,0 como valor nominal de C_c .

- M_b : Masa del buque.

Se tiene de dato el Tonelaje de Peso Muerto (TPM) del buque, que indica cuánto peso puede cargar un buque de forma segura. Se estima que el Peso en Vacío (Wlightship) es del 50% del TPM.

Además, se estima que el desplazamiento del buque operativamente no se hace al 100% sino al 80-90% del TPM. Se adopta un 85% del TPM en condición operativa.

$$M_b = 0,50 \cdot TPM + 0,85 \cdot TPM = 1,35 \cdot TPM$$

- C_m : Coeficiente de masa hidrodinámica.

El coeficiente de masa hidrodinámica tiene en cuenta el efecto producido por la masa de agua que se moviliza conjuntamente con el buque durante la maniobra de atraque y que da lugar a un aumento efectivo de la masa que interviene en la valoración de la energía de atraque. Se tiene que:

- $C_m = 1,5$: para resguardos brutos bajo quilla mayores que la mitad del calado estático del buque (Resguardo bruto $> 0,5 \cdot De$).
- $C_m = 1,8$: para resguardos brutos bajo quilla menores que 0,1 veces el calado estático del buque (Resguardo bruto $< 0,1 \cdot De$).
- Interpolan linealmente en el caso de valores intermedios del resguardo bruto.

Resguardo bruto bajo quilla = 0,3 m

Calado estático del buque = 1,5 m

Resguardo bruto bajo quilla 0,3 m = 0,2 $\cdot De$

Se adopta $C_m = 1,725$

- C_e : Coeficiente de excentricidad.

El coeficiente de excentricidad tiene en cuenta la proporción de energía cinética desarrollada por el buque que no puede transmitirse al sistema de atraque debido a que el punto de impacto no coincide con el centro de gravedad del buque. Por dicha razón, parte de la energía cinética desarrollada por el buque se disipa fundamentalmente por la rotación o guiñada del buque alrededor del punto de impacto.

El coeficiente de excentricidad se obtendrá mediante la formulación siguiente:

$$C_e = \frac{K^2 + R^2 \cos^2 \phi}{K^2 + R^2}$$

Siendo:

- K : Radio de giro del buque alrededor del eje vertical que pasa por su centro de gravedad. Este parámetro está relacionado con el momento de inercia del buque respecto a un eje vertical que pasa por su centro de gravedad.

Puede aproximarse por la función

$$K = (0,19.C_b + 0,11).L$$

siendo C_b el coeficiente de bloque del buque y L su eslora.

Se adopta $C_b = 0,45$ para buques tipo ferrys, y se tiene $L = 30\text{ m}$.

$$K = 5,87\text{ m}$$

- R : Distancia entre el punto de impacto y el centro de gravedad del buque, medida en la dirección de la línea de atraque. Los buques se amarran de manera que los pasajeros puedan descender por popa, por esto si la separación entre buques de alba es de 12 metros y la eslora es de 30 metros:

$$R = 3,00\text{ m}$$

- ϕ : Ángulo formado entre el vector velocidad de aproximación del buque y la línea que une el punto de impacto y el centro de gravedad del buque.
 - B : Manga del buque.

$$\phi = 90^\circ - \alpha - \arctan(B/2r)$$

siendo,

$$r = (R/\cos \alpha) + (B/2). \tan \alpha$$

- α : Ángulo de aproximación del buque al atraque. A falta de otros datos puede adoptarse como valor frecuente de este parámetro en este tipo de atraques 7° - 10° , considerándose los valores mayores del rango cuando la maniobra sea sin ayuda de remolcadores. Se toma $\alpha = 10^\circ$.

Resulta,

$$r = 3,53 \text{ y } \phi = 42^\circ$$

Se calcula el coeficiente de excentricidad y resulta:

$$C_e = 0,91$$

- C_s : Coeficiente de rigidez del sistema de atraque.

El coeficiente de rigidez del sistema de atraque tiene en cuenta la proporción de la energía cinética desarrollada por el buque absorbida por la deformación elástica del casco del buque y de la totalidad del mismo a lo largo de su eje longitudinal en el momento del impacto. La magnitud de este efecto depende de la rigidez relativa entre el buque y el sistema de atraque.

- $C_s = 0,9$, en el caso de sistemas de atraque muy rígidos o buques de gran eslora.
- $C_s = 1$, en el resto de los casos.

Se adopta $C_s = 1$.

$$E_f = E_b \cdot C_b = \left[\frac{1}{2} (Cm\Delta) \cdot (Vb)^2 \right] C_e \cdot C_g \cdot C_c \cdot C_s = \left[\frac{1}{2} (1,725 \cdot 67500kg) \cdot (0,2 \frac{m}{s})^2 \right] \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,91 =$$

$$E_f = 2119 J = 2,119 KNm$$

Se debe aumentar en un 25% como coeficiente de seguridad ante condiciones excepcionales.

$$E_f = 1,25 \cdot 2,119 kNm = 2,649 kNm$$

Para las defensas adoptadas, se ingresa a la curva de Energía - Deformación, ver Figura A VI.16, y se obtiene la deformación. La curva está dada para una Energía de 5,7 kNm.

$$E_f/E = \frac{2,649 kNm}{5,7 kNm} = 47\%$$

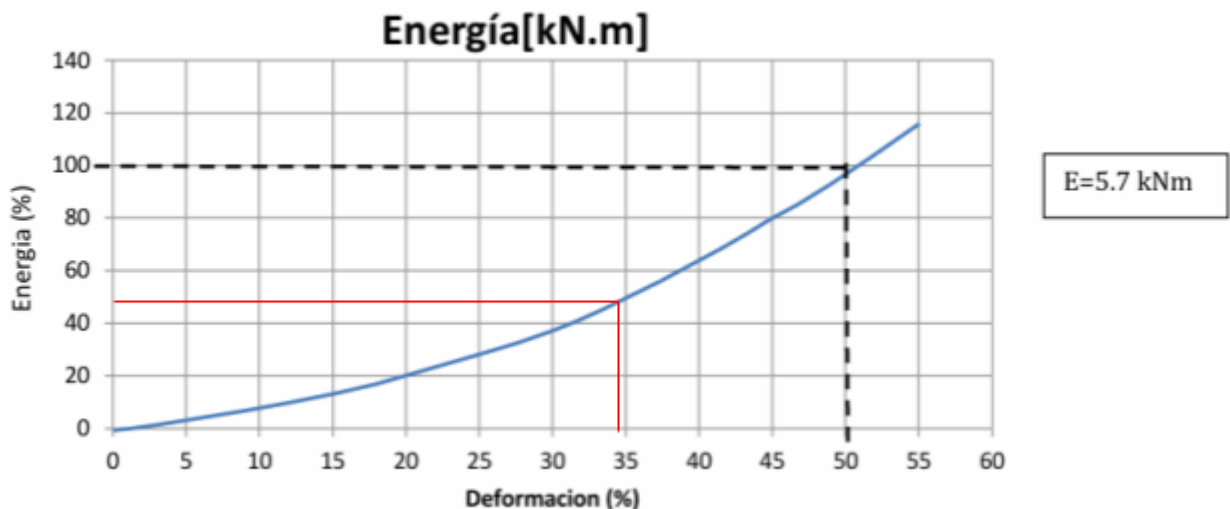


Figura A VI.16. Curva Energía-Deformación de la defensa. Fuente: Inbelt.

Para una energía de 2,956 kNm se tiene una deformación del 34,5%.

Se ingresa a la curva Deformación-Reacción, ver Figura A VI.17, y se obtiene la Reacción. La curva está dada para una Reacción de 153 kN.

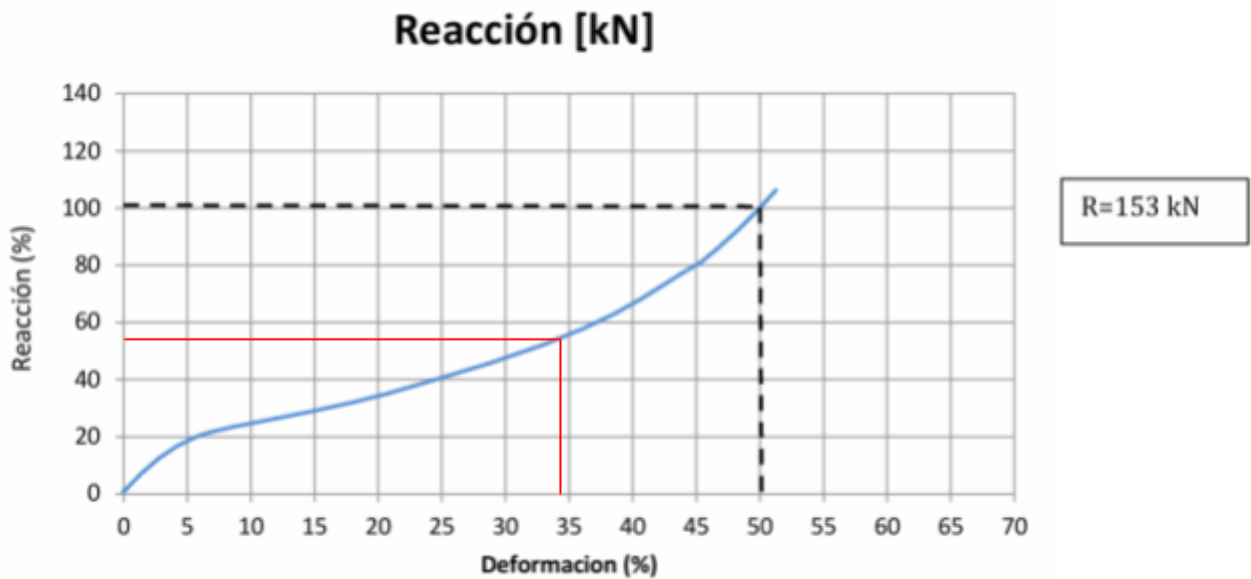


Figura A VI.17. Curva Energía-Deformación de la defensa. Fuente: Inbelt.

Se tiene una relación de reacción de 55% de 153 kN.

Resulta la carga de impacto sobre el duque de alba,

$$R = 84,15 \text{ kN}$$

4.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DEL DUQUE DE ALBA

La columna se encuentra sometida a flexocompresión debido al peso propio y a la carga de impacto.

Proponemos una altura de 10 metros y diámetro de 0,8 metros.

Se adopta la hipótesis de empotramiento perfecto entre el duque de alba y el cabezal del grupo de pilotes, lo que conduce a un cálculo del lado de la seguridad del momento flector requerido.

- $P_p = \gamma_H \cdot V_H = 25 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot \frac{(0,8 \text{ m})^2}{4} \cdot 10 \text{ m} = 125,7 \text{ kN}$
- $R = 84,15 \text{ kN}$

Luego las cargas requeridas son:

- $P_u = 1,4 P_p = 176 \text{ kN}$
- $M_u = 1,6 \cdot R \cdot H = 1,6 \cdot 84,15 \text{ kN} \cdot 10 \text{ m} = 240 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Se utilizan los diagramas de interacción de resistencia de secciones circulares sometidas a flexión compuesta recta, disposición de armadura como la indicada para

$$f'_c = 30 \text{ MPa}, f_y = 420 \text{ MPa}, \gamma = \frac{74}{80} = 92$$

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN III.15, $\gamma = 90$

- $\frac{\phi.P_n}{A_g} = \frac{P_u}{A_g} = 0,35 \text{ MPa}$
- $\frac{\phi.M_n}{A_g.h} = \frac{M_u}{A_g.h} = 3,3 \text{ MPa}$
- $\Rightarrow \rho_g = 0,02$

Armadura longitudinal:

$$A_s = \pi \cdot r^2 \cdot 0,02 = 100,53 \text{ cm}^2 \rightarrow 21 \text{ } \oslash \text{ } 25 (103,11 \text{ cm}^2)$$

Estribos:

$$d_b = 25 \text{ mm} \rightarrow d_{be} = 8 \text{ mm}$$

$$s_1 = 12 d_b = 12 \cdot 2,5 = 30 \text{ cm}$$

$$s_2 = 48 d_{be} = 48 \cdot 0,8 = 38,4 \text{ cm}$$

$$s_3 = b = 40 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \oslash 8 \text{ c}/30 \text{ cm}$$

En la Figura A VI.18 se puede observar la armadura resultante.

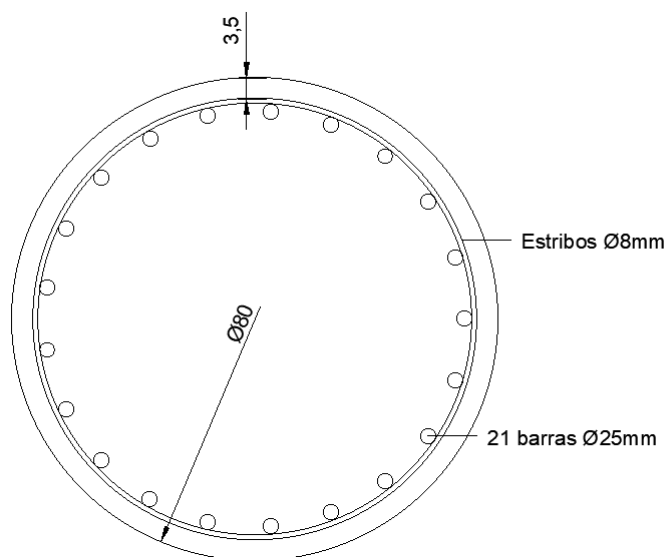


Figura A VI.18. Armadura columna. Fuente: Elaboración propia.

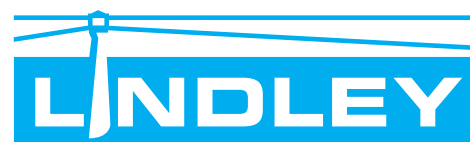
11.7. ANEXO VII

CATÁLOGOS



Marinas, Puertos Deportivos y Puertos Pesqueros

Catálogo
Equipamiento
Flotante



ÍNDICE

Quiénes Somos

• LINDLEY MARINAS	5
• EL GRUPO LINDLEY	7
• Equipamiento Flotante	9

Equipamiento y Soluciones

• Atenuadores de Ondulación	11
• Pantalanes de Flotación Continua	21
• Pantalanes de Acero	27
• Pantalanes de Aluminio	33
• Pantalanes de Madera	39
• Plataformas Flotantes	43
• Pasarelas y Controles de Accesos	47
• Servicios y Accesorios	55
• Sistemas de Amarre	63
• Hincas de Pilotes	69
• Marina Seca	75
• Proyectos Especiales	79
• Alquiler de Equipamiento	83
• Innovación, Calidad e Ingeniería	87



LINDLEY MARINAS



LINDLEY MARINAS es una empresa del GRUPO LINDLEY especializada en el diseño, suministro, instalación y mantenimiento de equipamiento flotante para marinas, puertos deportivos y puertos pesqueros.

La experiencia adquirida a lo largo de más de 35 años de actividad en el sector, el personal técnico y la estrecha colaboración con clientes y proveedores convierten a **LINDLEY MARINAS** en una compañía con características únicas, que ofrece una gama flexible y amplia de soluciones, productos y servicios, entre los que destacan:

- Equipamiento y Soluciones Flotantes
- Sistemas de Amarre
- Accesorios y Servicios
- Alquiler de Equipamiento
- Instalación, Montaje, Mantenimiento y Asistencia Técnica



EL GRUPO LINDLEY



El **GRUPO LINDLEY**, fundado en 1930, está integrado por las firmas LINDLEY MARINAS, especializada en marinas, puertos deportivos y puertos pesqueros; ALMARIN, en ayudas a la navegación; y ALMOVI, en equipamiento de elevación y manipulación de cargas para el sector marítimo e industrial.

Los servicios ofrecidos por el **GRUPO LINDLEY** cubren todo el proceso de suministro de un equipamiento: desde su diseño, fabricación y montaje hasta el servicio posventa en las diferentes áreas de actividad.

Cada empresa dispone de un equipo técnico altamente cualificado, capaz de proporcionar soluciones y servicios adecuados a sus clientes y nos satisface ser líderes en los diferentes mercados.



EQUIPAMIENTO FLOTANTE

El objetivo de LINDLEY MARINAS consiste en proporcionar las soluciones más avanzadas, incorporando tecnología, innovación y calidad a través de la fabricación propia, integración y distribución. El valor añadido reside en el acompañamiento durante el proyecto, así como en el servicio posventa.

Nuestro equipo técnico apoya al cliente durante todo el proceso, desde la selección del equipo hasta su instalación y posterior mantenimiento.

ATENUADORES DE OLEAJE



HORMIGÓN REFORZADO

QMF

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura	Hormigón marítimo con densidad 45N/mm², estanco, reforzado con armadura y malla de acero galvanizado
Núcleo	Poliestireno expandido con densidad de 15kg/m³
Defensas	Pino nórdico impregnado
Uniones	Semiflexibles; pernos, anillas y tuercas de acero galvanizado; bloques de elastómero marítimo
Flexibilidad	Construcción modular con dimensiones variables
Sistemas de Amarre	Cadenas, amarres elásticos, pilotes, perfiles metálicos o tirantes
Servicios	Conductos de PEAD en ambos lados
Sobrecarga	Superior a 5kN/m²

Accesorios y Opciones

Posibilidad de geometrías no lineares (30º, 45º y 60º).
Suelo de pino nórdico, madera exótica o composite.
Cornamusas y bolardos de aluminio o hierro fundido.
Defensas de elastómero marítimo.
Pigmentación de hormigón.
Cajas adicionales de conexión e inspección.

APLICACIONES

- Atenuación de oleaje en zonas costeras protegidas y estuarios para protección de dársenas y muelles
- Pasarelas-muelles en zonas desprotegidas

La gama QMF (Rompeolas Flotantes) está formada por pantalanés robustos, resistentes y seguros de hormigón reforzado con núcleo de poliestireno expandido.

Debido a su geometría, configuración, método constructivo y tipo de uniones, su principal uso es como atenuador de oleaje para la protección de dársenas y muelles.

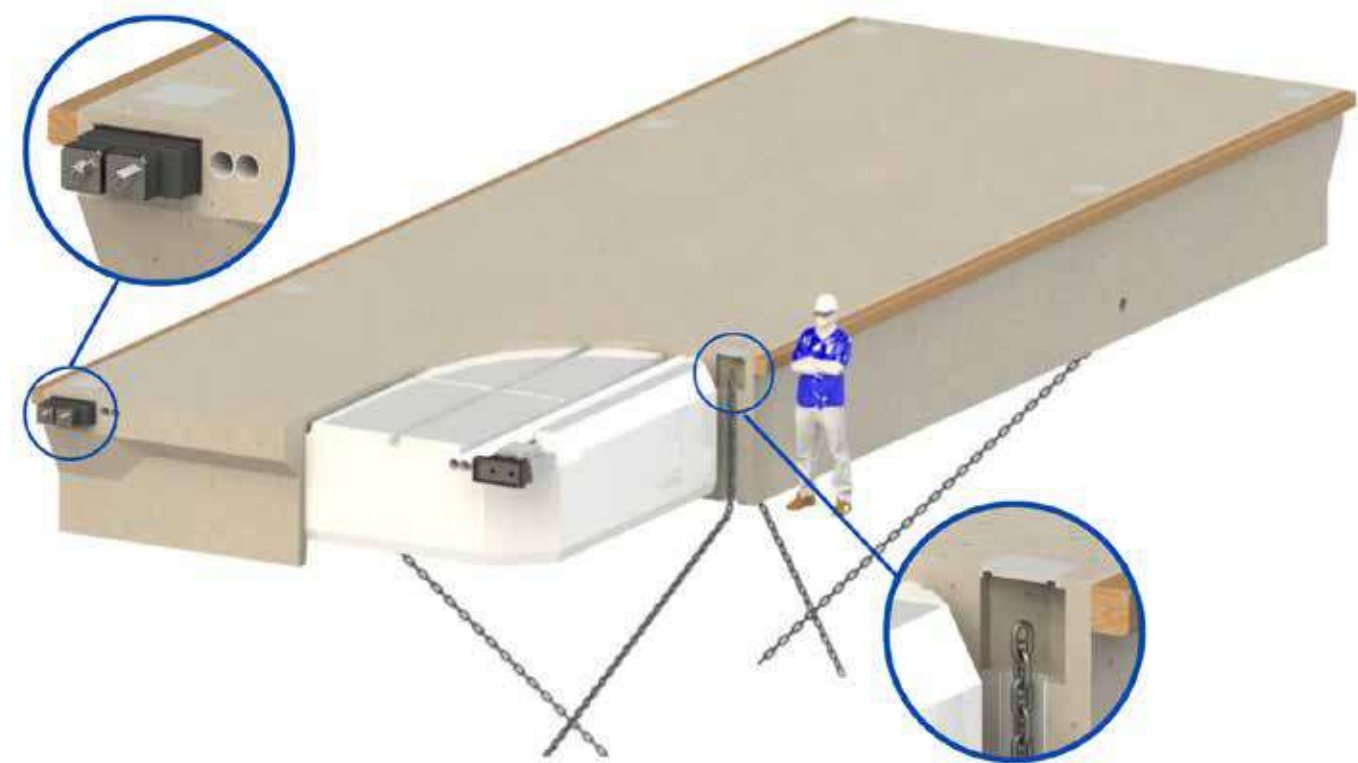
Las unidades son monolíticas y modulares construidas en piezas de 15 o 20 metros. Estas dimensiones reducen el número de amarres y de uniones necesarias, y tiene ventajas en cuanto al comportamiento general del sistema, reduciendo los costes de mantenimiento. Su anchura puede ser de 3, 4, 5 y 6 metros y su altura puede ser de 1,4 metros y 1,8 metros.



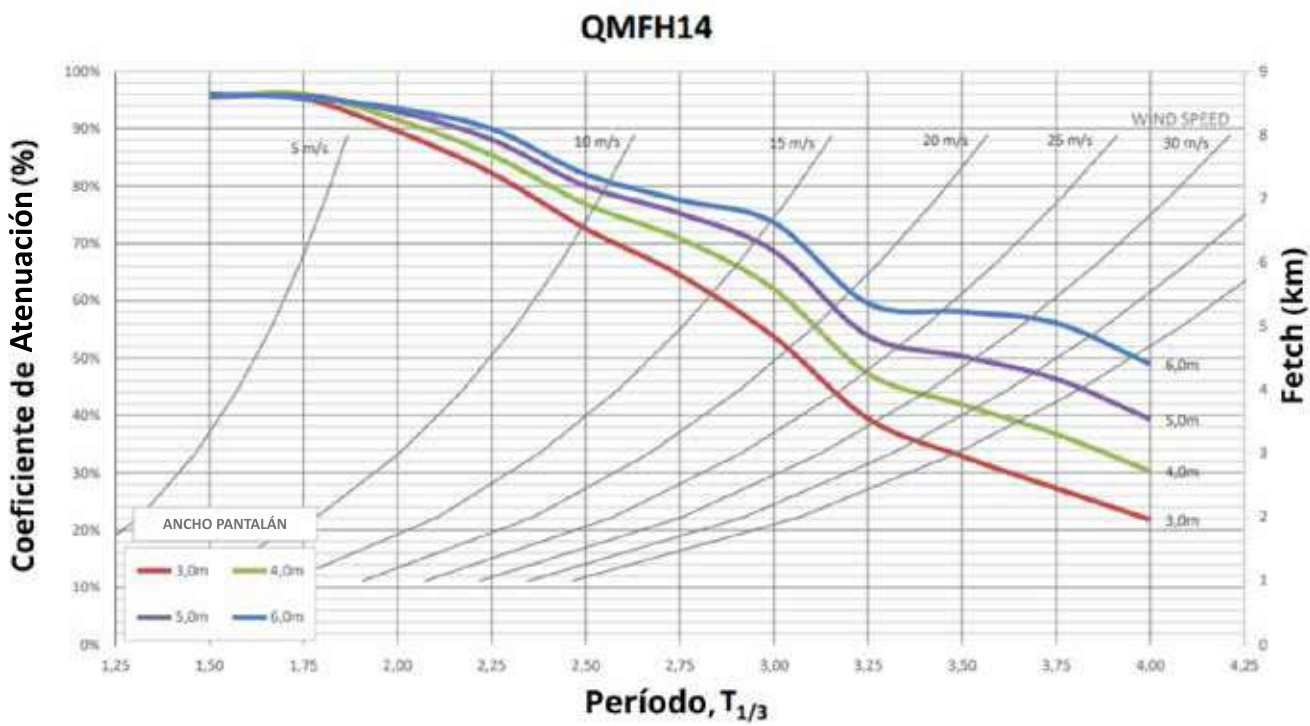
HORMIGÓN REFORZADO
QMF H14

H14	3015	3020	4015	4020	5015	5020	6015	6020
Longitud (m)	15,0	20,0	15,0	20,0	15,0	20,0	15,0	20,0
Ancho útil (m)	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0	6,0	6,0
Altura (m)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Peso (Ton)	30,0	37,0	35,0	44,0	44,0	55,0	50,0	62,0
Sobrecarga (kN/m²)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Francobordo mínimo (mm)	400	400	400	400	400	400	400	400
Francobordo medio (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600
Francobordo máximo (mm)	800	800	800	800	800	800	800	800
Resistencia uniones (kN)	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672

HORMIGÓN REFORZADO
QMF H14



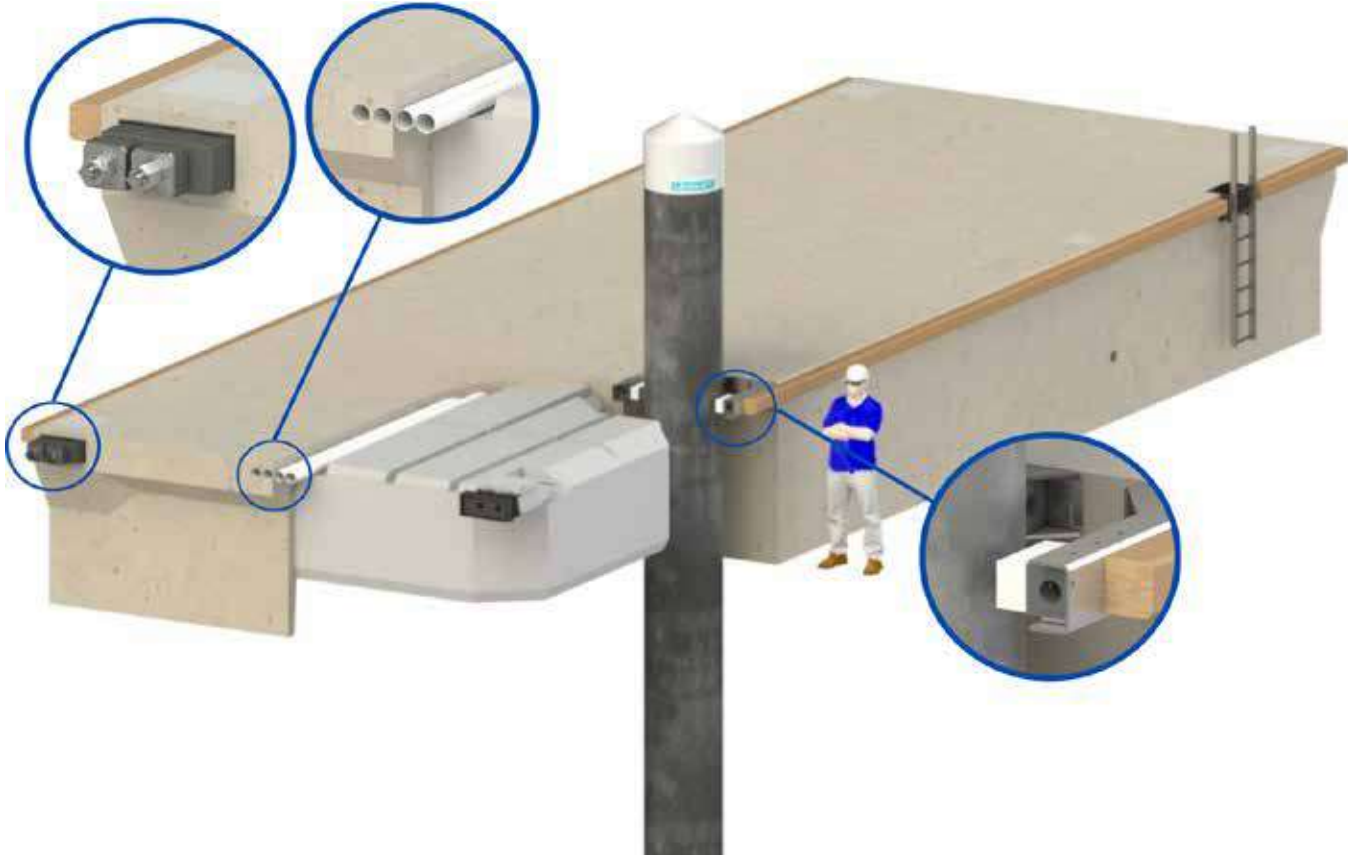
Curva de Atenuación



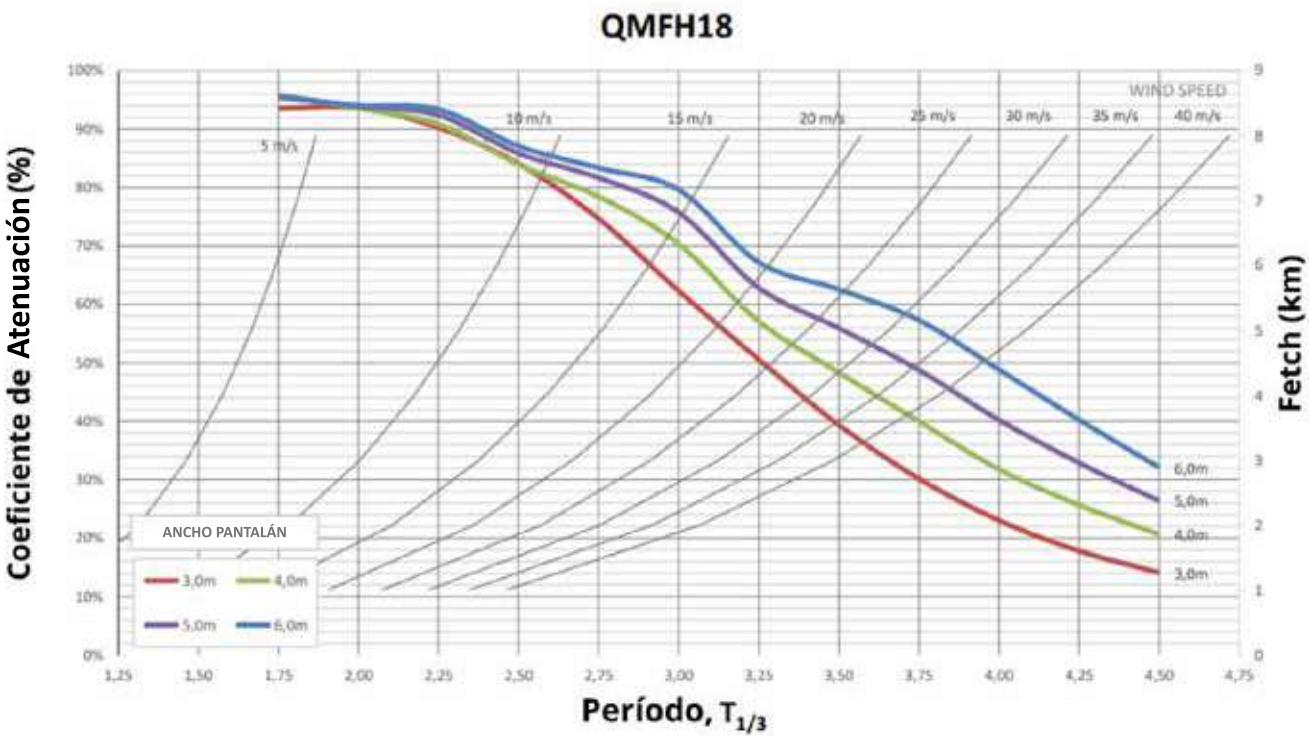
HORMIGÓN REFORZADO
QMF H18

H18	3015	3020	4015	4020	5015	5020	6015	6020
Longitud (m)	15,0	20,0	15,0	20,0	15,0	20,0	15,0	20,0
Ancho útil (m)	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0	6,0	6,0
Altura (m)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Peso (Ton)	35,0	59,0	41,0	51,0	51,0	64,0	57,0	71,0
Sobrecarga (kN/m²)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Francobordo mínimo (mm)	400	400	400	400	400	400	400	400
Francobordo medio (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600
Francobordo máximo (mm)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1200
Resistencia uniones (kN)	4x1218	4x1218	4x1218	4x1218	4x1218	4x1218	4x1218	4x1218

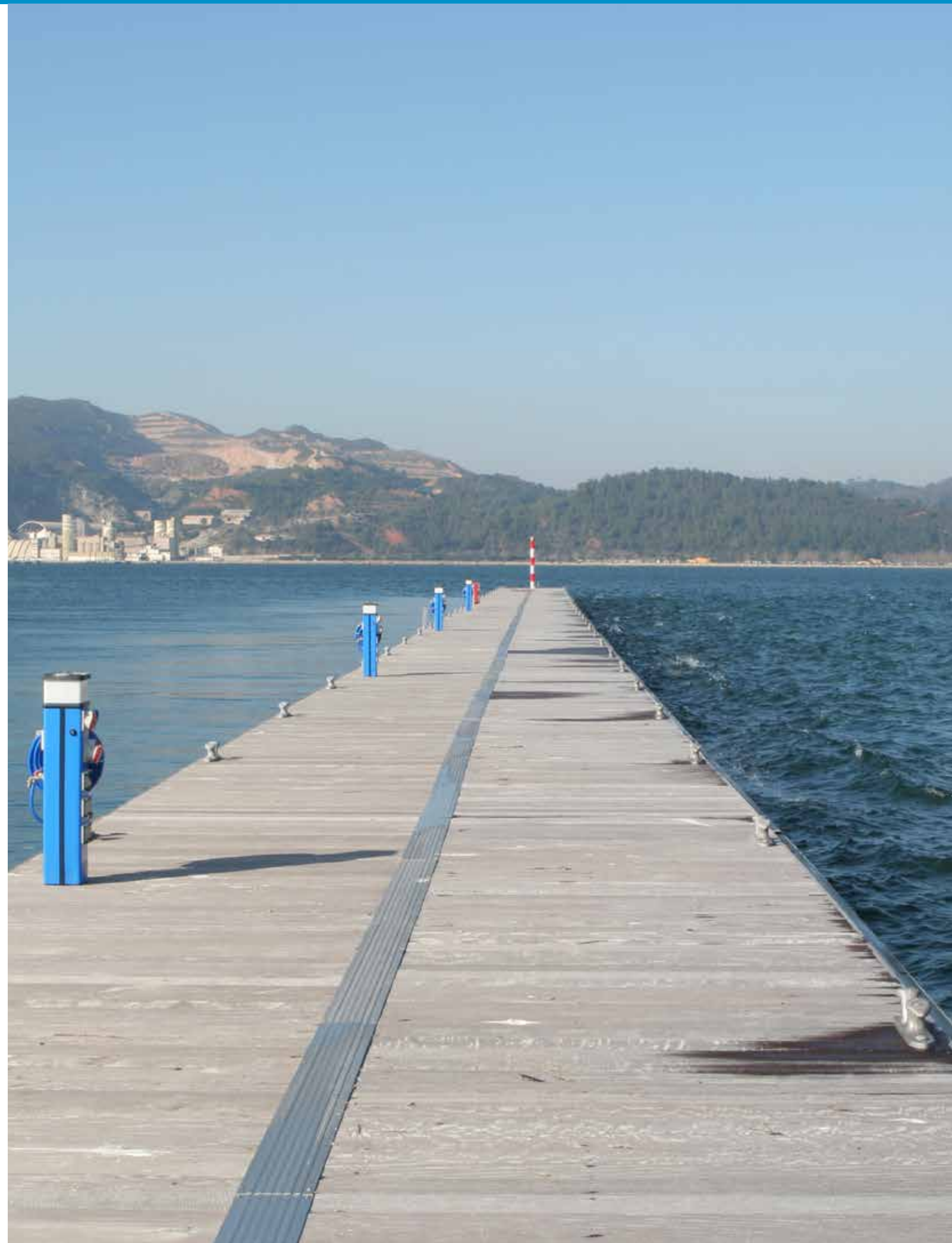
HORMIGÓN REFORZADO
QMF H18



Curva de Atenuación



HORMIGÓN REFORZADO QMF



PANTALANES DE FLOTACIÓN CONTINUA



HORMIGÓN REFORZADO

PFC

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura	Hormigón marítimo con densidad 45N/mm², estanco, reforzado con malla de acero galvanizado
Núcleo	Poliestireno expandido con densidad de 15kg/m³ revestido
Defensas	Pino nórdico impregnado
Uniones	Semiflexibles; pernos, anillas y tuercas de acero galvanizado; bloques de elastómero marítimo
Flexibilidad	Construcción modular con dimensiones variables
Sistemas de Amarre	Cadenas, amarres elásticos, pilotes, perfiles metálicos o tirantes
Servicios	Conductos de PEAD en ambos lados
Sobrecarga	Superior a 4kN/m²
Accesorios y Opciones	Suelo de pino nórdico, madera exótica o composite. Cornamusas y bolardos de aluminio o hierro fundido. Defensas de elastómero marítimo. Pigmentación de hormigón.



APLICACIONES

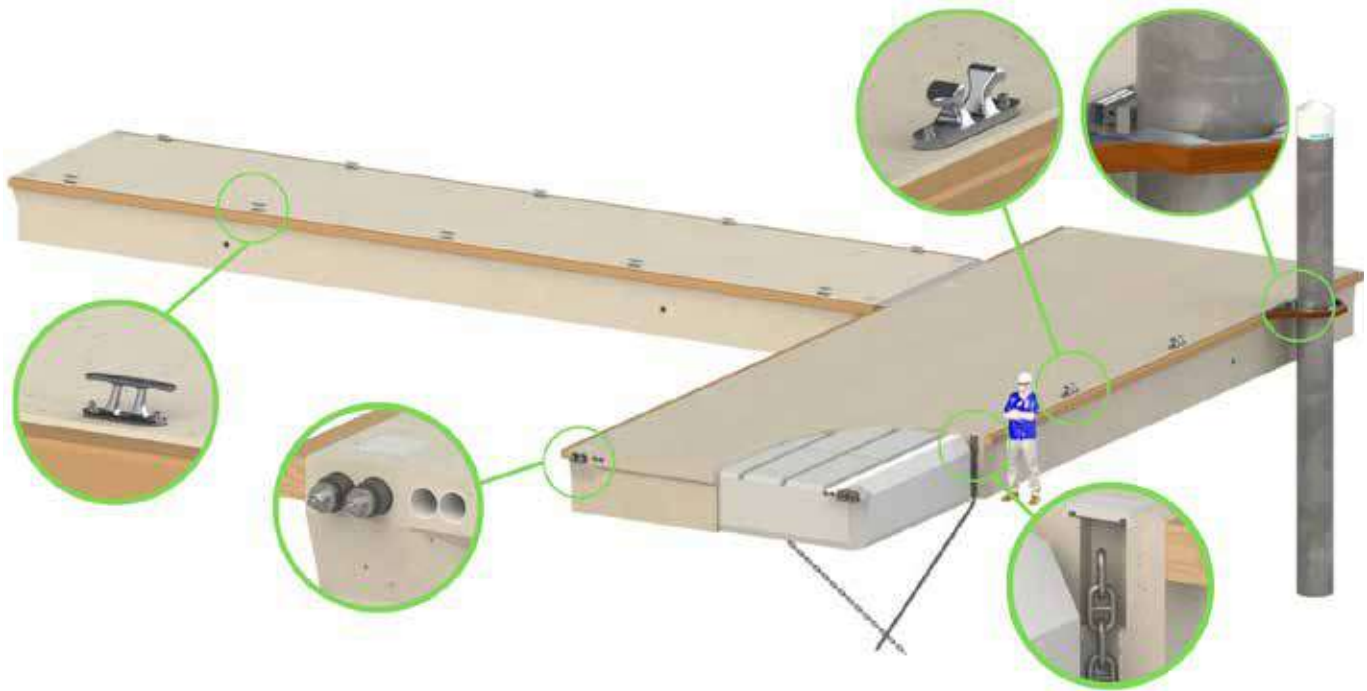
- Atraque y amarre de embarcaciones de grandes dimensiones
- Muelle para embarcaciones de pesca y embarcaciones pesadas
- Muelles marítimo-turísticos
- Pasarelas-muelle en zonas semiabrigadas

Lindley fabrica una amplia gama de pantalanes de flotación continua de hormigón marítimo reforzado con acero.

Estos elementos representan la última tecnología utilizada en la construcción de pantalanes de hormigón, siendo concebidos para amarrar embarcaciones pesadas y de grandes dimensiones;

son bastante robustos y estables, con una capacidad de sobrecarga elevada, requiriendo un mantenimiento reducido.

La configuración estándar se fabrica con conductos internos para la ubicación de cables eléctricos y tuberías para servicios de electricidad y agua.

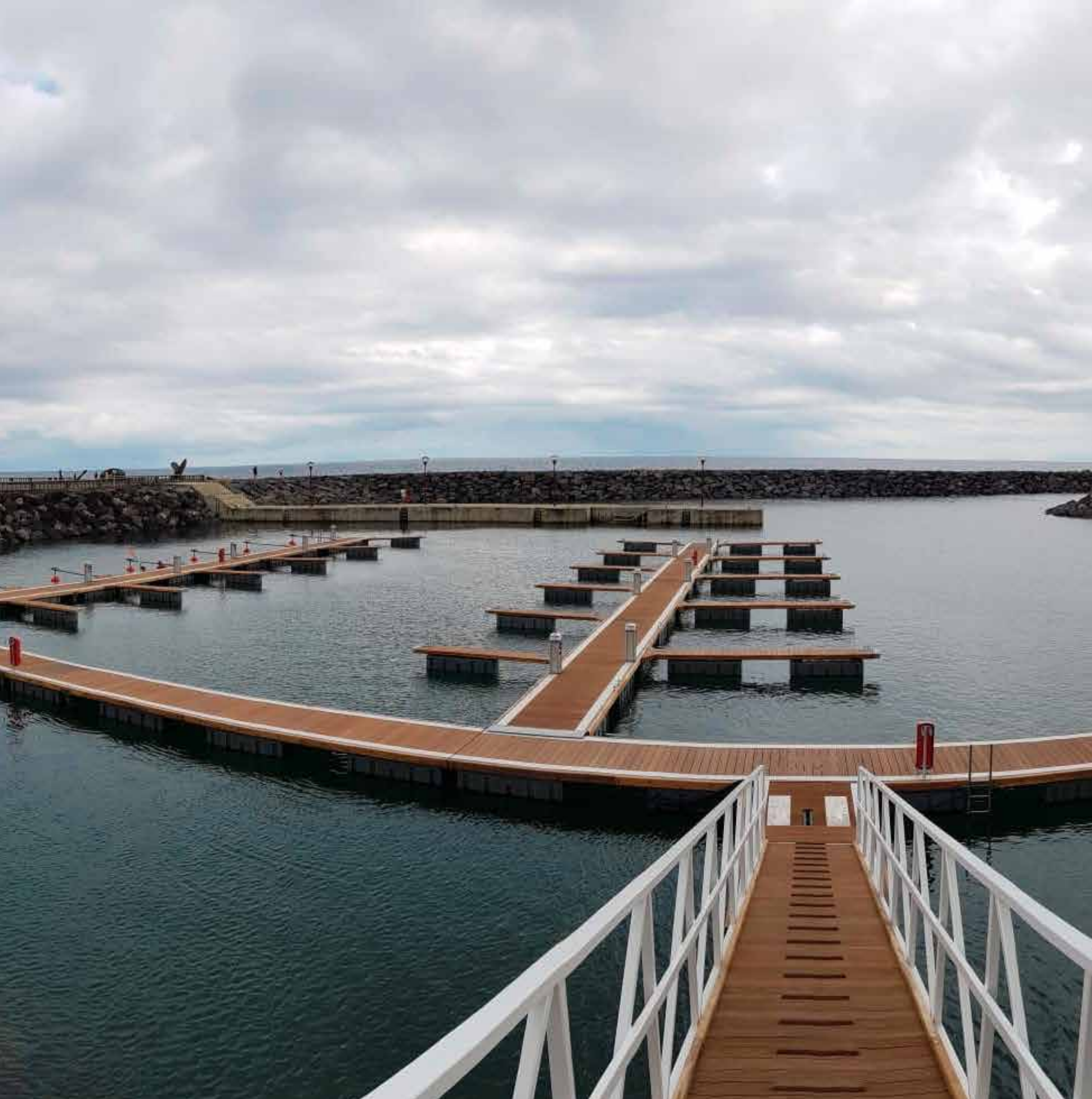


HORMIGÓN REFORZADO
PFC

H10	2412	2415	3012	3015	3020	4012	4015	4020	5012	5015	5020
Longitud (m)	12,0	15,0	12,0	15,0	20,0	12,0	15,0	20,0	12,0	15,0	20,0
Ancho útil (m)	2,4	2,4	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0
Altura (m)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Peso (Ton)	11,6	14,6	15,5	18,7	25,4	19,3	24,3	30,2	21,2	26,7	36,0
Sobrecarga (kN/m²)	4,6	4,6	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Francobordo mínimo (mm)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Francobordo medio (mm)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Resistencia uniones (kN)	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672	4x672



PANTALANES DE ACERO



ACERO GALVANIZADO

SAGRES, SAGRES+

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura y Cubierta	Estructura de acero galvanizado en caliente
Defensas	Madera exótica imputrescible o composite
Flexibilidad	Ajuste a lo largo del pantalán que permite la fijación de otros pantalanes, fingers y accesorios
Sistemas de Amarre	Cadenas, amarres elásticos, pilotes, perfiles metálicos o tirantes
Servicios	Fácil montaje y mantenimiento de la red de servicios de electricidad y agua
Sobrecarga	1,5kN/m², en la superficie entre conductos uniformemente distribuida
Accesorios y Opciones	Pintura epóxica sobre la galvanización. Conductos equipados con cintas o cadenas de PVC. Defensas de elastómero marítimo. Sobrecargas superiores a 2,5 kN/m² o 4 kN/m² mediante flotación adicional.

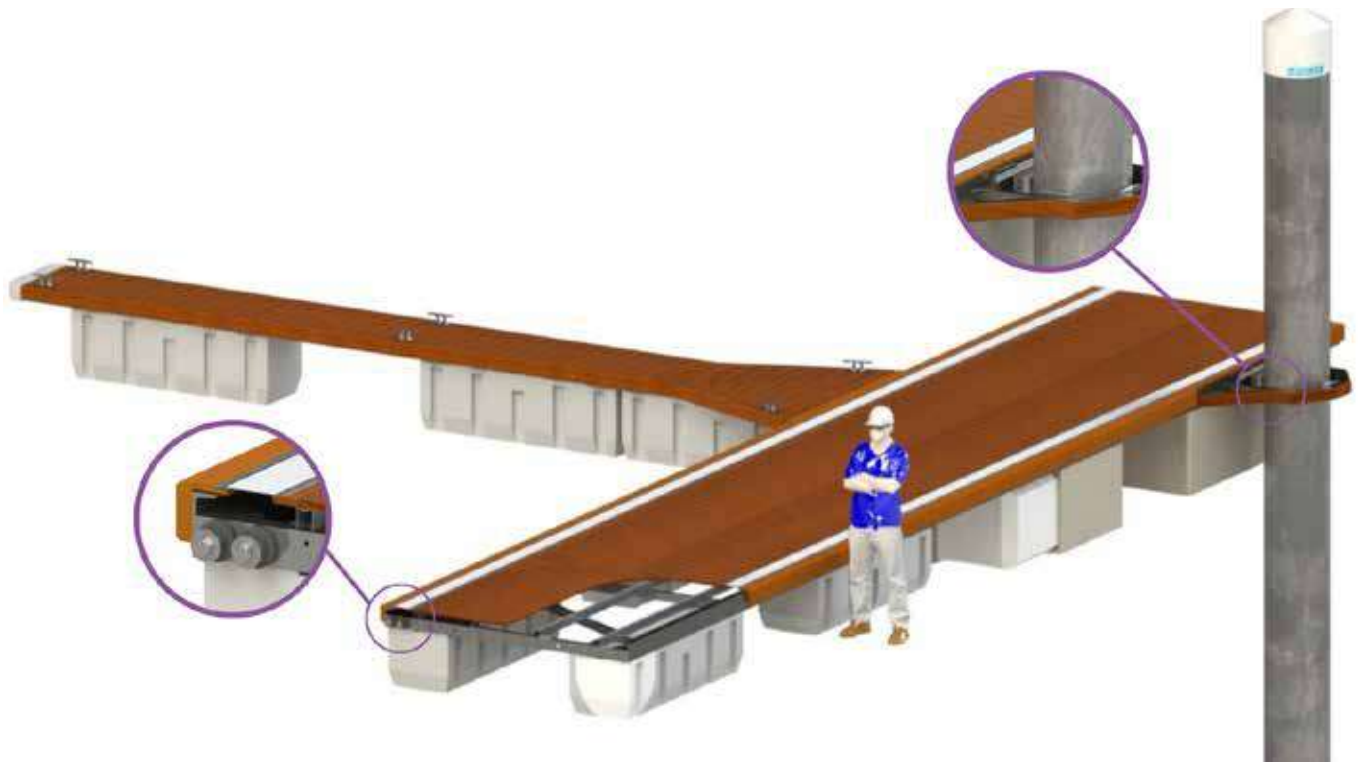
APLICACIONES

- Zonas semiprotegidas en dársenas abrigadas
- Pantalanes de amarre en marinas y puertos deportivos y muelles de pesca
- Muelles privados y públicos
- Embarcaderos



Los sistemas Sagres y Sagres+ están formados por pantalanes flotantes con estructura de acero galvanizado por inmersión en caliente, compuesto por unidades modulares y adecuados a condiciones meteorológicas exigentes; opcionalmente, y sujeto a las características específicas de cada aplicación, las estructuras pueden ser pintadas después de la galvanización. Los pantalanes se suministran con

conductos en ambos lados, cubiertos con tapas de aluminio anodizado. Estos sistemas se recomiendan para zonas semiprotegidas en dársenas abrigadas y han sido desarrollados gracias a la experiencia adquirida después de más de 35 años en la industria. Destacan por su estabilidad, resistencia y durabilidad.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura y Cubierta	Acero soldado, galvanizado por inmersión en caliente (BS.EN.150.1461:1999) Madera exótica imputrescible, tablas 145 x 21 mm, con tornillería de acero inoxidable; opcional en compuesto y enrejado
Sobrecarga	Pantalanes: Estándar de 1,5 kN/m² con opción de 2,5 kN/m²; Fingers: sobrecarga estándar de 1,0 kN/m².
Francobordo	500 mm sin carga
Calado	400 mm sin carga
Parámetros del Proyecto	Ondulación con altura significativa máxima de 400 mm (Sagres) y 500 mm (Sagres+). Viento con velocidad máxima de 47 m/s y velocidad media de 25 m/s. Carga lateral máxima de 1,25 kN/m (Sagres) y 1,50 kN/m (Sagres+). Distancia máxima entre pilotes: 25 m (Sagres) y 30 m (Sagres+)
Flotadores	Poliestireno expandido recubierto de hormigón reforzado con acero inoxidable o polietileno rotomoldeado relleno de poliestireno expandido
Uniones	Flexibles con bloques de elastómero atravesados por tornillos hexagonales M24, tuercas y frenos de sección; con dos o cuatro tornillos por conexión entre pantalanes; acero galvanizado o inoxidable.

ACERO REFORZADO GALVANIZADO

SAGRES HD

CARACTERÍSTICAS GENERALES

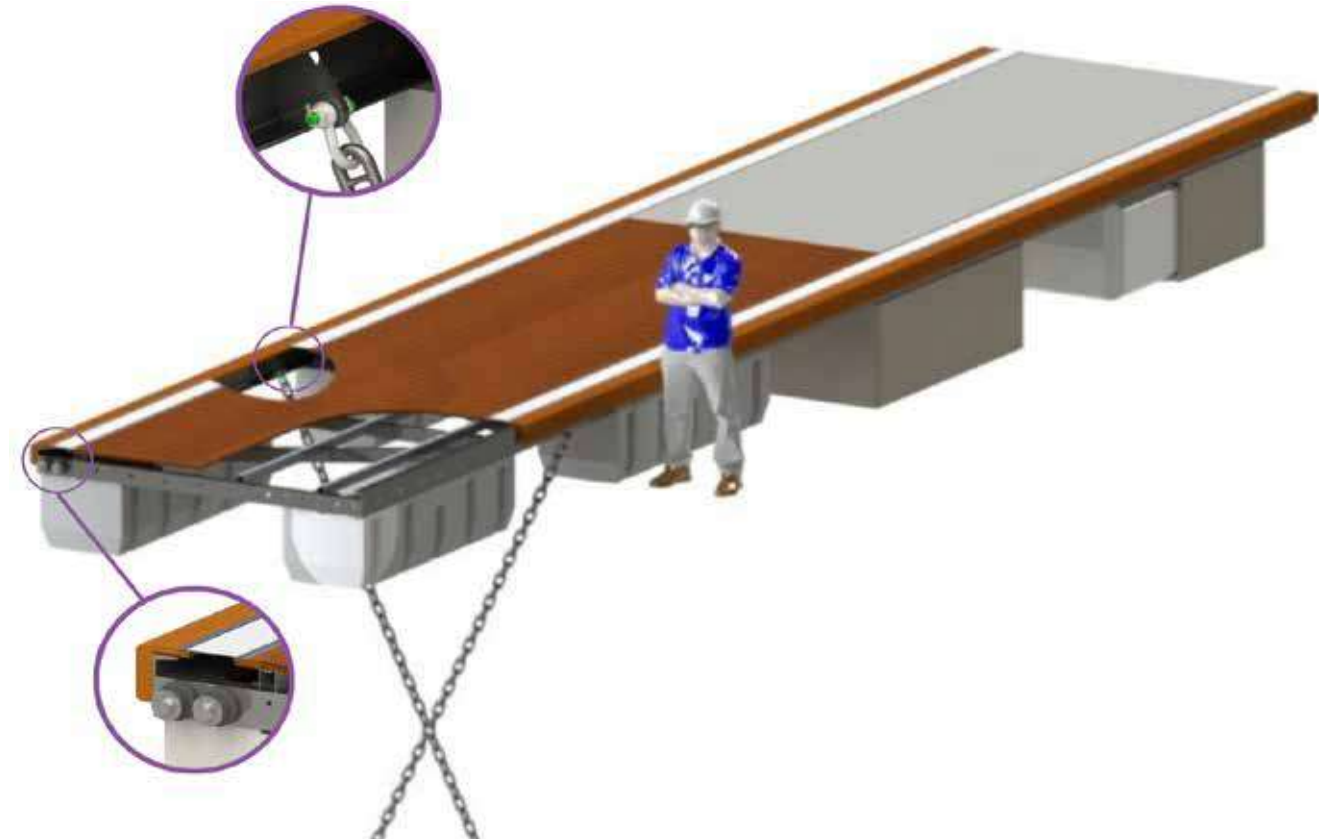
Estructura	Estructura reforzada de acero galvanizado en caliente
Cubierta y Defensas	Madera exótica imputrescible o composite
Flexibilidad	Ajuste a lo largo del pantalán que permite la fijación de otros pantalanes, fingers y accesorios
Sistema de Amarre	Cadenas, amarres elásticos, pilotes, perfiles metálicos o tirantes
Servicios	Fácil montaje y mantenimiento de la red de servicios de electricidad y agua
Sobrecarga	2,5 kN/m², uniformemente distribuida en la superficie entre conductos
Accesorios y Opciones	Pintura epóxica sobre la galvanización. Conductos equipados con cintas o cadenas de PVC. Preparado para la instalación de bolardos de amarre con capacidad de tracción hasta 10 T. Defensas de elastómero marítimo. Sobrecargas superiores mediante flotación adicional

APLICACIONES

- Zonas semiexpuestas en cuencas y estuarios
- Muelles para embarcaciones marítimo-turísticas y de pesca
- Muelles de abastecimiento de combustible
- Muelles para embarcaciones pesadas
- Pasarelas-muelle

El sistema Sagres HD está formado por pantalanes flotantes con estructura reforzada con alta resistencia y capacidad de sobrecarga, disponible en varias dimensiones y francobordos, con acabados según las gamas PFC, Sagres y Faro. Los pantalanes se suministran con conductos en ambos lados, cubiertos por tapas de aluminio anodizado.

Sagres HD es un sistema modular robusto y estable, con excelentes comportamientos a cargas alternadas, lo que la convierte en ideal y resistente para zonas donde las cargas resultantes de la acción del viento y ondulación son un factor crítico.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Estructura de acero macizo galvanizado por inmersión
Cubierta	Tablas de madera exótica imputrescible, exenta de mantenimiento, con densidad mínima de 1.100 kg/m², dimensiones normalizadas 145 x 21 mm, aplanadas y estriadas, fijadas con tornillos de acero inoxidable; dimensiones opcionales de 110 x 21 mm y 145 x 28 mm; material opcional en material compuesto y enrejado
Sobrecarga	Pantalanes: estándar de 2,5 kN/m², opción de 4,0 kN/m²
Francobordo	550 mm sin carga
Calado	400 mm sin carga
Parámetros del Proyecto	Ondulación con altura significativa máxima de 600 mm Viento con velocidad máxima de 47 m/s y velocidad media de 25 m/s Carga lateral máxima de 2,5 kN/m. Distancia máxima entre pilotes: 35 m
Flotadores	Poliestireno expandido recubierto de hormigón reforzado con acero inoxidable o polietileno rotomoldeado relleno de poliestireno expandido
Uniones	Flexibles con bloques de elastómero atravesados por tornillos hexagonales M24, tuercas y frenos de sección; con dos o cuatro tornillos para conexión entre pantalanes; acero galvanizado o inoxidable.

PANTALANES DE ALUMINIO



ALUMINIO MARÍTIMO

FARO, FARO+

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura	Estructura de aleación de aluminio marítimo. Material de elevada resistencia a la corrosión y con un acabado atractivo.
Cubierta y Defensas	Madera exótica imputrescible
Flexibilidad	Ajuste a lo largo del pantalán que permite la fijación de otros pantalanes, fingers y accesorios
Sistemas de Amarre	Cadenas, amarres elásticos, pilotes, perfiles metálicos o tirantes
Servicios	Fácil montaje y mantenimiento de la red de servicios de electricidad y agua
Sobrecarga	Uniformemente distribuida de 1,5 kN/m² en la superficie entre conductos
Accesorios y Opciones	Defensas de elastómero marítimo. Incorporación de barandillas. Sobrecargas superiores mediante flotación adicional

APLICACIONES

- Zonas abrigadas en dársenas y estuarios
- Muelles para embarcaciones ligeras de recreo y ocio
- Embarcaderos privados
- Zonas de elevada agresividad ambiental

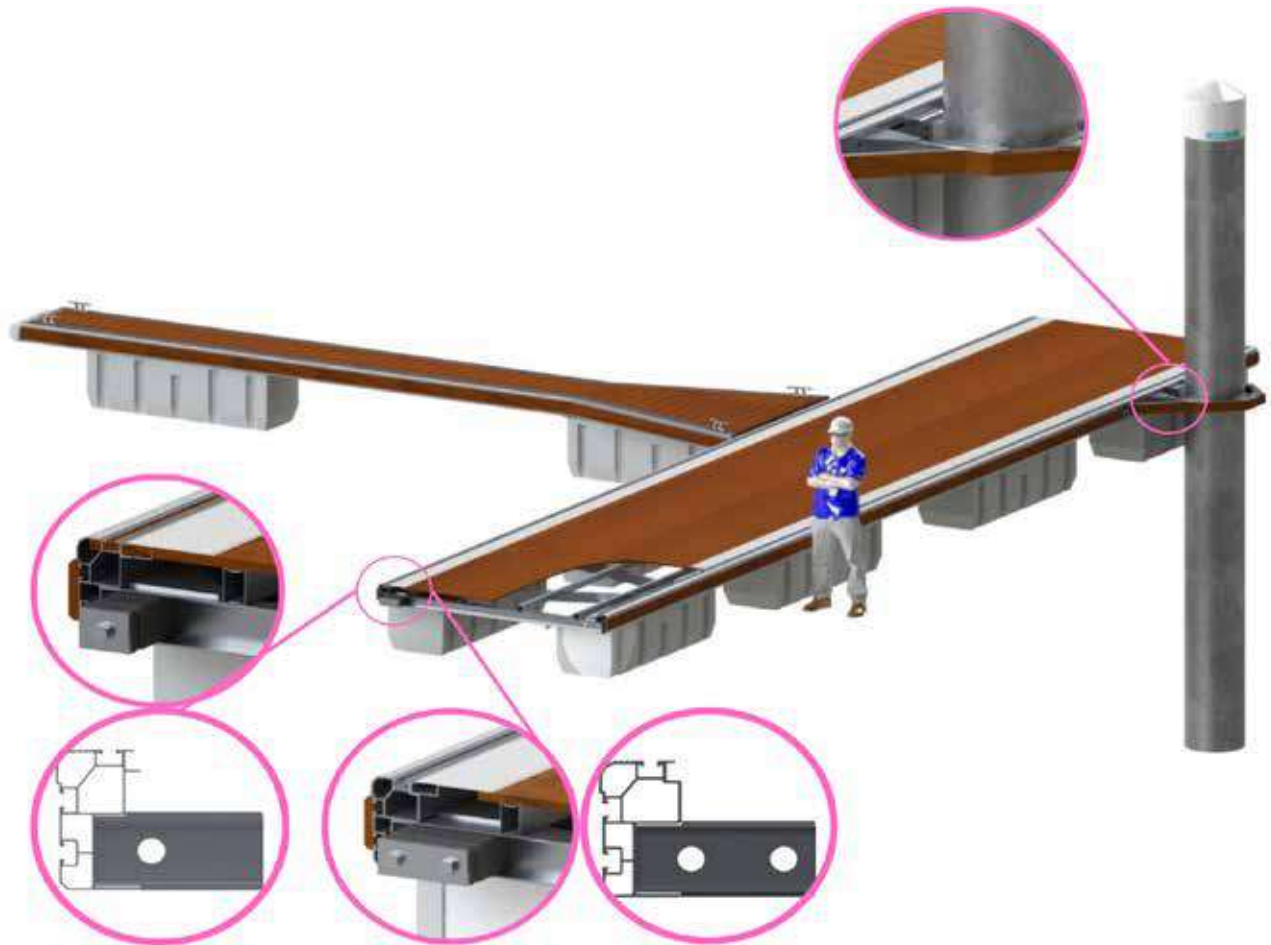


Los sistemas Faro y Faro+ están formados por pantalanes flotantes con una estructura con perfil especial de aleación de aluminio compuesto por unidades modulares.

Los pantalanes se suministran con conductos en ambos lados, con cubiertas de aluminio anodizado;

opcionalmente, estos conductos pueden ser equipados con cintas o cadenas de PVC.

Se recomiendan estos sistemas para instalaciones en zonas abrigadas en dársenas y estuarios, sujetos a baja fatiga. Es un equipo de fácil instalación, estable, flexible y resistente a la corrosión.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Soldada y arriostrada de aleación de aluminio del tipo A6082-T6 y A6005-T5. La gama Faro+ tiene estructura reforzada y perfil más robusto. Peso de la estructura con ancho de 2,5 m: 34,4 kg/m (Faro) y 45,6 kg/m (Faro+)
Cubierta	Tablas de madera exótica imputrescible, exenta de mantenimiento, con densidad mínima de 1.100kg/m², antideslizante, dimensiones normalizadas 145x21mm, aplanadas y estriadas, fijadas con tornillos de acero inoxidable; dimensiones opcionales de 110 x 21 mm y 145 x 28 mm; material opcional de material compuesto y enrejado
Sobrecarga	Pantalanes: sobrecarga estándar de 1,5 kN/m², entre conductos. Fingers: sobrecarga estándar de 1,0 kN/m²
Francobordo	500 mm sin carga
Calado	400 mm sin carga
Parámetros del Proyecto	Ondulación con altura significativa máxima de 250 mm (Faro) y 350 mm (Faro+). Viento con velocidad máxima de 40 m/s y velocidad media de 20 m/s. Carga lateral máxima de 0,25kN/m (Faro) y 0,50 kN/m (Faro+). Carga máxima sobre cornamusas de 25 kN (Faro) y 50 kN (Faro+). Distancia máxima entre pilotes: 20 m (Faro) y 24 m (Faro+)
Flotadores	Pantalanes: polietileno rotomoldeado rellenos de poliestireno expandido; sin necesidad de mantenimiento. Fingers: polietileno rotomoldeado rellenos de poliestireno expandido
Ligações	Flexíveis e silenciosas com blocos de elastómero atravessados por parafusos sextavados M24 em aço inoxidável, com porcas e freios

ALUMINIO MARÍTIMO REFORZADO

FARO HD

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura	Estructura con extensión reforzada de aleación de aluminio marítimo. Material de elevada resistencia a la corrosión y de acabado atractivo.
Defensas	Madera exótica imputrescible de composite
Flexibilidad	Ajuste a lo largo del pantalán que permite la fijación de otros pantalanés, fingers y accesorios
Sistemas de Amarre	Cadenas, amarres elásticos, pilotes, perfiles metálicos o tirantes
Servicios	Fácil montaje y mantenimiento de la red de servicios de electricidad y agua
Sobrecarga	Uniformemente distribuida de 2,0 kN/m² en la superficie entre conductos
Accesorios y Opciones	Incorporación de barandillas. Defensas de elastómero marítimo. Sobrecargas superiores mediante flotación adicional.

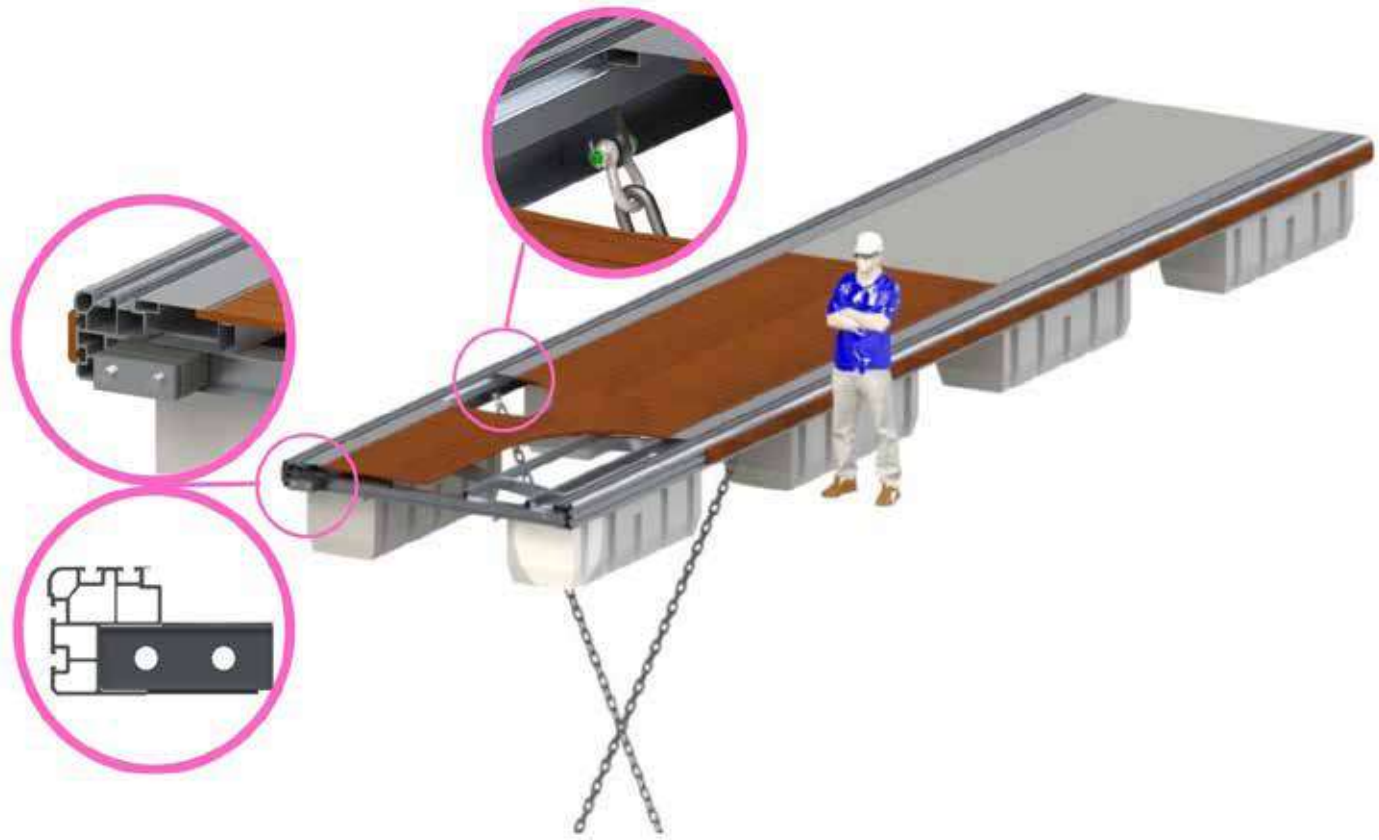
APLICACIONES

- Atraque de embarcaciones de media dimensión en zonas abrigadas
- Muelles marítimo-turísticos
- Estructuras fijas y pasarelas-muelles ligeros



El sistema Faro HD está formado por equipamiento flotante con estructura reforzada con aleación de aluminio marítimo. Se utiliza para el amarre de embarcaciones en dársenas semiprotegidas en zonas agresivas donde la corrosión es un factor crítico.

El pantalán se compone de conductos en ambos lados, con cubiertas de aluminio anodizado; opcionalmente, estos conductos pueden ser equipados con cintas o cadenas de PVC. Se caracterizan por su durabilidad, resistencia a la corrosión y robustez.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Cubierta	Tablas de madera exótica imputrescible, exenta de mantenimiento, con densidad mínima de 1.100 kg/m², antideslizante, dimensiones normalizadas 145 x 21 mm, aplanadas y estriadas, fijadas con tornillos de acero inoxidable; dimensiones opcionales de 110 x 21 mm y 145 x 28 mm; material opcional en material compuesto y enrejado
Estructura	Soldada y arriostrada con aleación de aluminio del tipo A6082-T6 y A6005-T5. Peso de la estructura con ancho de 2,5 m: 65,3 kg/m
Sobrecarga	Pantalanés: sobrecarga estándar de 2,0 kN/m², opcional de 2,5 kN/m², entre conductos. Fingers: sobrecarga estándar de 1,0 kN/m²
Francobordo	500mm sin carga
Calado	400mm sin carga
Parámetros del Proyecto	Ondulación con altura significativa máxima de 450 mm Viento con velocidad máxima de 42 m/s y velocidad media de 22m/s Carga lateral máxima de 0,75 kN/m Carga máxima sobre cornamusas de 75 kN Distancia máxima entre pilotes: 28 m
Flotadores	Pantalanés: polietileno rotomoldeado rellenos de poliestireno expandido; exentos de mantenimiento Fingers: polietileno rotomoldeado rellenos de poliestireno expandido
Uniones	Flexibles y silenciosas con bloques de elastómero atravesados por tornillos hexagonales M24 de acero inoxidable, con tuercas y frenos de sección

PANTALANES DE MADERA



PINO NÓRDICO REFORZADO

DOC-KIT

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura	Estructura de pino nórdico impregnado, con refuerzos de acero galvanizado o inoxidable
Flotadores	Polietileno rotomoldeado rellenos de poliestireno expandido
Defensas	Pino nórdico
Flexibilidad	Fácil transporte, montaje e instalación
Sistemas de Amarre	Fijación por muertos y cadenas, o cables de nailon y anclajes en tierra
Sobrecarga	Uniformemente distribuida en la superficie de 1 kN/m²
Accesorios y Opciones	Refuerzos de acero inoxidable. Pantalán con 4 x 2,2 metros. Sistemas de amarre por pilotes o vigas de pared. Fingers ligeros, utilizados en conjunto con los pantalanés flotantes para zonas individuales. Defensas de elastómero marítimo. Escalón rebajado para remos y kayaks. Flotadores rebajados para reducción del francobordo.

APLICACIONES

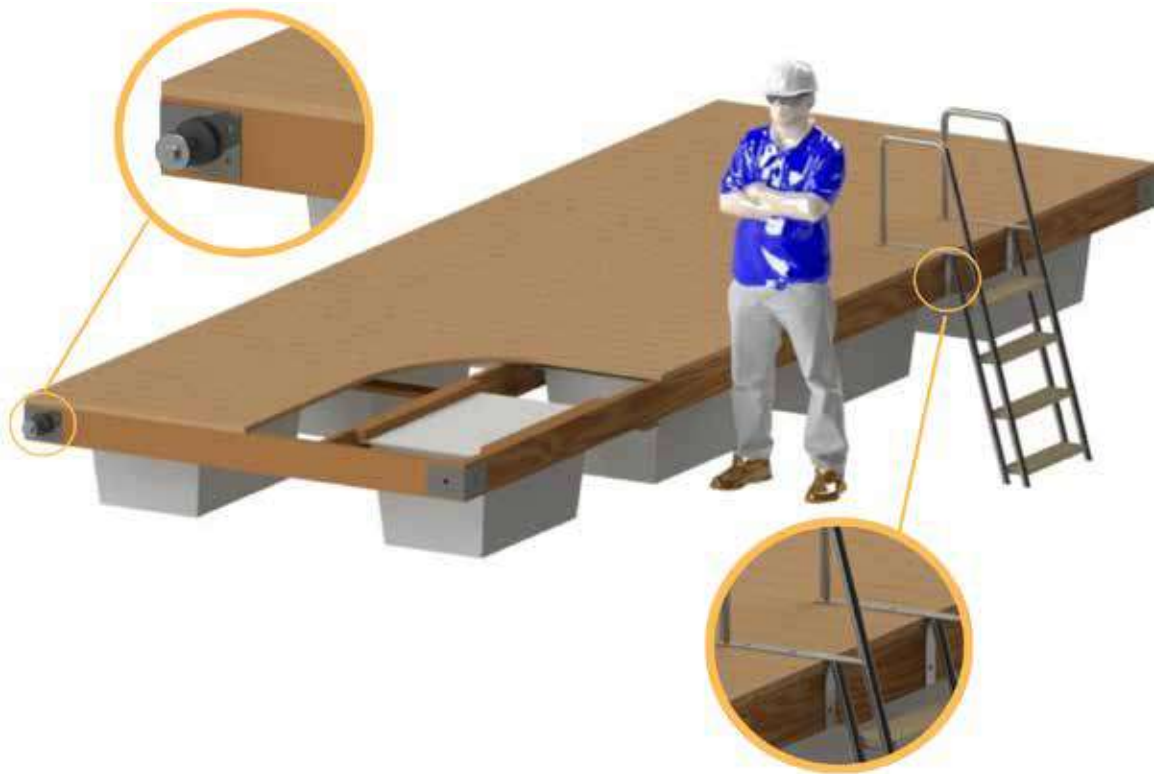
- Embarcaderos privados ligeros
- Muelles para remos y canoas
- Muelle para vela ligera
- Muelles en playas fluviales, ríos, lagos y embalses

El sistema Doc-Kit está formado por pantalanés flotantes con estructura de madera de pino nórdico integralmente diseñado y fabricado por Lindley.

El equipo estándar se suministra en un kit, siendo fácilmente transportado e instalado, y se destina

a zonas muy abrigadas, con corrientes reducidas y sin ondulación generada por el viento.

Completamente de madera tratada, es un sistema ecológico, económico, ligero y se integra perfectamente en el entorno.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Pino nórdico impregnado con refuerzos de acero galvanizado
Cubierta	Tablas de madera de pino nórdico con espesor de 25 mm, aplanadas y estriadas, fijadas con tornillos de acero inoxidable
Sobrecarga	100 kg/m² para una carga uniformemente distribuida en la superficie con 25% de reserva de flotación
Francobordo	450 mm sin carga
Calado	150mm sin carga
Parámetro del Proyecto	Zonas abrigadas con ondulación inferior a 150 mm y corrientes inferiores a 1 nudo
Flotadores	Polietileno rotomoldeado rellenos de poliestireno expandido
Uniones	Flexibles con bloques de elastómero y tornillos de acero galvanizado o inoxidable

EJEMPLOS DE CONFIGURACIONES

A	Disposición en T con pasarela de acceso
B	Disposición en I con pasarela de acceso
C	Combinación de pantalanés; con fingers para varios puntos de amarre
D	Sistema aislado

PLATAFORMAS FLOTANTES



POLIETILENO ROTOMOLDEADO

HYDROFLOAT

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura	Base de polietileno rotomoldeado con suelo antideslizante
Dimensiones	Longitud: 3,5 m Anchura: 1,5 m Altura: 38 cm
Flexibilidad	Fácil transporte y montaje
Mantenimiento	Reducida
Capacidad de carga	Hasta 700 kg
Peso	105 kg
Color	Disponible en azul y marrón

APLICACIONES

- Aparcamiento de motos de agua
- Aparcamiento de embarcaciones semirígidas ligeras

El sistema Hydrofloat está formado por equipamiento flotante con estructura de polietileno de alta densidad y suelo antideslizante, diseñado para permitir el aparcamiento seguro de las motos de agua en marinas, muelles y embalses.

Este equipamiento precisa de un mantenimiento reducido y amarre flexible perpendicular o paralelo al

muelle sin piezas fijas a su estructura. Con el uso de esta plataforma dispone de un acceso rápido y adecuado al agua; la plataforma está equipada de un sistema de absorción de impacto que proporciona un apoyo suave para la quilla y facilita la aproximación al estacionamiento. Se trata de un sistema de fácil instalación, ligero, resistente y versátil.



POLIETILENO INYECTADO

ALLFLOAT

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura	Base de polietileno inyectado con suelo antideslizante
Dimensiones	Elementos mini : 50 x 50 x 25 cm Elementos individuales : 50 x 50 x 40 cm Elementos dobles : 100 x 50 x 40 cm
Flexibilidad	Fácil transporte y montaje
Mantenimiento	Reducida
Capacidad de carga	Hasta 375 kg/m²
Peso	Elementos mini : 5,2 kg Elementos individuales : 6,0 kg Elementos dobles : 11,5 kg
Color	Disponible en azul, gris claro y negro

APLICACIONES

- Piscinas naturales, parques acuáticos
- Estacionamiento de embarcaciones semirígidas ligeras
- Instalaciones provisionales
- Acuicultura

El sistema Allfloat está formado por equipamiento modular flotante con estructura de polietileno de alta densidad inyectado, utilizado en aplicaciones temporales y en zonas de acceso acondicionado; a pesar de ser ligero, ha sido diseñado para soportar condiciones meteorológicas adversas.

Este equipo se caracteriza por precisar mantenimiento

reducido y por su prolongada vida útil. Los elementos mini cuentan con un francobordo rebajado para adaptarse a remo y kayaks.

Este equipamiento está certificado por las normas ISO9001 y aprobado por organismos de protección ambiental.



PASARELAS Y CONTROLES DE ACCESOS



ACERO, ALUMINIO Y PINO NÓRDICO

PASARELAS DE ACCESO

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura	Estructuras de estilo celosía con opciones de acero, aluminio o pino nórdico, sujeto a los requerimientos del cliente y de la aplicación
Cubierta	Madera exótica provista de tablas antideslizantes; opcionalmente de materiales composite
Flexibilidad	Compatibilidad adaptable a cada aplicación
Sobrecarga, Carga lateral	Uniformemente distribuida sobre la superficie de 2,5 kN/m²; carga horizontal de 1 kN/m aplicado sobre la barandilla lateral
Accesorios y opciones	Según el tipo de uso, las pasarelas pueden ser diseñadas para sobrecargas especiales, de 4 kN/m² para acceso no habilitado y 5 kN/m² para uso público. Capacidad de diseño y fabricación para atender requisitos especiales

Las pasarelas de acceso son una de las piezas fundamentales en una infraestructura náutica, pudiendo ser utilizadas para aplicaciones peatonales o para acceder a la instalación flotante.

Las infraestructuras pueden estar fabricadas de acero, aluminio o pino nórdico, en línea con las especificaciones de nuestra gama de equipamiento flotante Sagres, Faro y Dockit, respectivamente.



APLICACIONES

- Acceso al pantalán flotante en marinas, puertos deportivos y puertos de pesca
- Uniones peatonales

Lindley ha estado desarrollando métodos de cálculo y procesos de fabricación optimizados y probados en las pasarelas producidas en los últimos años. El rendimiento estructural está adecuadamente optimizado en términos de resistencia y deformación para las condiciones de carga definidas para cada proyecto. Nuestro equipo de ingenieros estudia el comportamiento de las estructuras en función de las especificaciones definidas para cada aplicación.

ACERO METALIZADO O GALVANIZADO

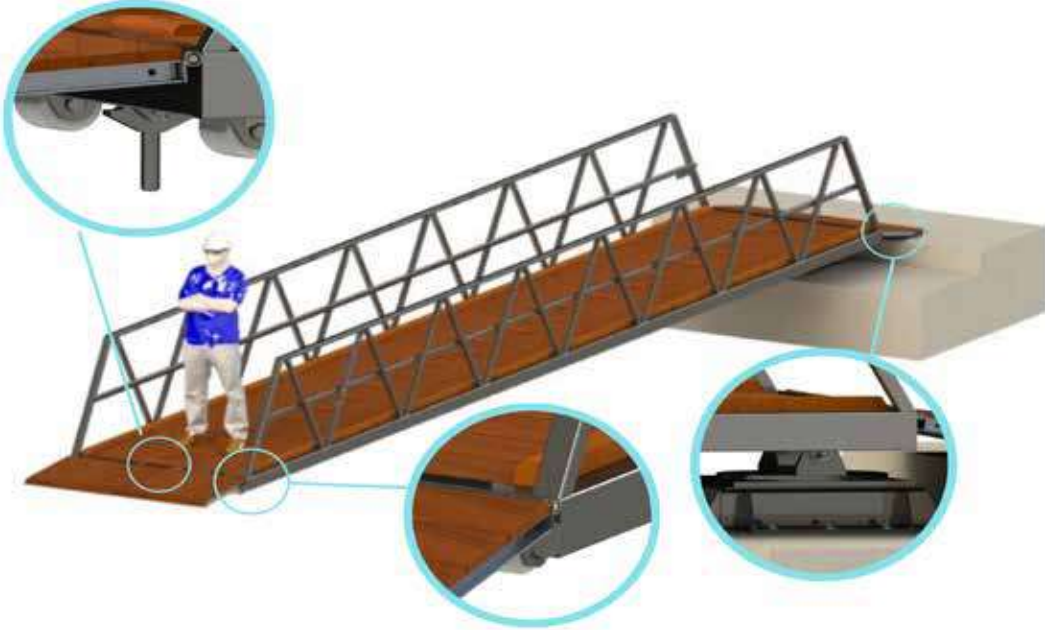
PASARELAS ALPS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Celosías con perfiles de acero decapado y metalizado o galvanizado en caliente pintado
Dimensiones	Fabricadas preferentemente con dimensiones estándar en longitudes de 8 a 20 m, y anchuras útiles de 1,0, 1,5, 2,0 y 2,5 m
Sobrecarga	Sobrecarga de 2,5 kN/m², 4 kN/m² o 5 kN/m²
Diseño y Fabricación	Capacidad de diseño y fabricación para responder a requisitos especiales, tanto en dimensiones como sobrecargas de uso

OPCIONES

Uniones	Tanto el extremo superior como el extremo inferior del puente se pueden suministrar con pivotes uniaxiales, biaxiales y rodillos, lo que permite movimientos angulares en los planos vertical y horizontal
Flotador de Soporte del Puente	Pueden tener flotación propia en el extremo inferior
Iluminación	Pueden ser suministrados con iluminación propia



ALUMINIO MARÍTIMO

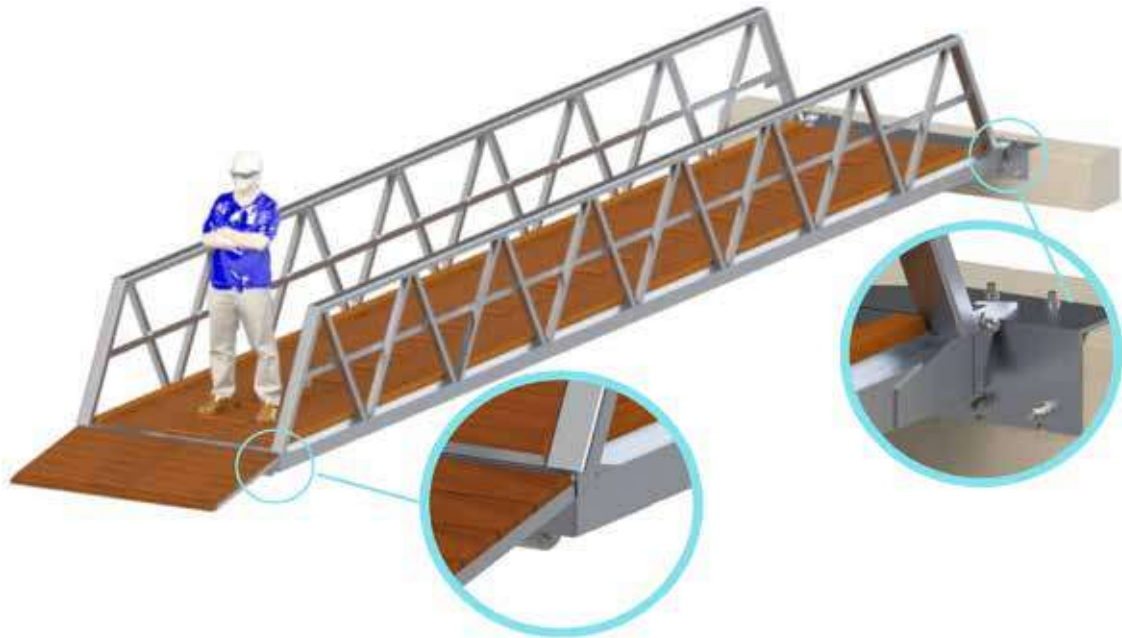
PASARELAS ALPF

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Celosía con perfiles de aluminio marítimo
Dimensiones	Fabricadas preferentemente con dimensiones estándar con longitudes de 8 a 20m, y anchuras útiles de 1,0, 1,5, 2,0 y 2,5 m
Sobrecarga	Sobrecarga de 2,5 kN/m², 4 kN/m² o 5 kN/m²

OPCIONES

Uniones	Tanto el extremo superior como el extremo inferior del puente se pueden suministrar con pivotes uniaxiales, biaxiales y rodillos, lo que permite movimientos angulares en los planos vertical y horizontal
Flotador de Soporte del Puente	Pueden tener flotación propia en el extremo inferior
Iluminación	Pueden ser suministrados con iluminación propia



PINO NÓRDICO

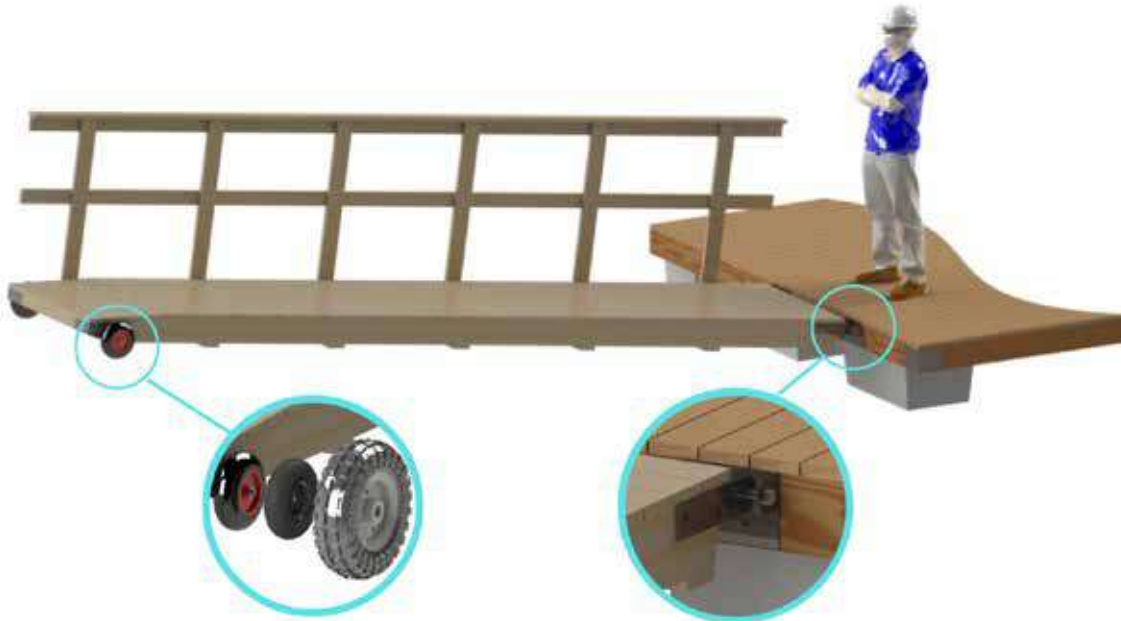
PASARELAS ALPD

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Madera de pino nórdico reforzado con acero
Dimensiones	Fabricadas preferentemente con dimensiones estándar con longitudes de 4 a 6 m, y anchuras útiles de 1,1 m
Sobrecarga	Sobrecarga normalizada uniformemente distribuida sobre la superficie de 1kN/m²

OPCIONES

Uniones	Tanto el extremo superior como el extremo inferior del puente se pueden suministrar con pivotes uniaxiales, biaxiales y rodillos, lo que permite movimientos angulares en los planos vertical y horizontal
Flotador de Soporte del Puente	Pueden tener flotación propia en el extremo inferior
Iluminación	Pueden ser suministrados con iluminación propia





PUERTAS DE ACCESO ALAC

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estructura	Reforzadas con tratamiento anti-corrosivo y su acabado coincide con los puentes
Composición	Puerta y protecciones laterales con paneles de policarbonato
Flexibilidad	Lindley recomienda a sus clientes la solución adecuada para cada aplicación

APLICACIONES

- Control de acceso en puertos deportivos, puertos de pesca y muelles privados

OPCIONES

Automatización	Pueden ser automatizadas, a través de un brazo y un cerrojo eléctricos; en este caso, el control de acceso realiza a través de un lector de tarjetas magnéticas, teclado o bloqueo con muelle
Acabado	Con paneles de rejilla galvanizada, vidrio templado o chapa perforada, según los requisitos del cliente
Accesorios	Iluminación propia, sistema CCTV, puerta de barrido o corredera, con hoja simple o doble



ACCESORIOS Y SERVICIOS



ACCESORIOS Y SERVICIOS

TORRETAS DE SERVICIOS

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones	Base, altura y anchura variables en función de la aplicación; alturas entre 500 mm y 1500 mm
Acabado	Acabado exterior con material anticorrosivo (plástico prensado, aluminio pintado o acero inoxidable)
Servicios	Electricidad: combinaciones de tomas eléctricas monofásicas y/o trifásicas de 16 A a 250 A Agua: combinaciones de salidas de agua de 1/2" a 1", incluyendo manguera con soporte apropiado
Protección	Equipadas con interruptor diferencial y un interruptor para la prevención de sobrecargas
Color	Gama y patrones diversificados
Fabricación	Proveedor certificado CE
Accesorios y Opciones	Control de consumos a través de contadores y lectores analógicos o digitales, asociados a sistemas de tarjetas de crédito o fichas. Integración en sistemas de gestión global de la infraestructura

APLICACIONES

- Estructuras fijas en tierra
- Pantalanes flotantes
- Muelles de combustible y de servicios
- Campings y zonas de autocaravanas
- Espacios de ocio



ACCESORIOS Y SERVICIOS

TORRETAS PARA MEGAYATES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Chasis interno de aluminio marítimo y recubrimiento de aluminio marítimo pintado o de acero inoxidable
Material	Aluminio marítimo pintado o de acero inoxidable
Potencia	Tomas CEI309 o Marechal entre 16 A y 600A, monofásicas y/o trifásicas
Estanqueidad	IP65



TORRETAS EV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Acero galvanizado pintado Protección contra sobrecarga Iluminación LED
Fabricación	Proveedor certificado ISO9001, CE
Opcional	También está disponible como una unidad de alta velocidad con una o dos salidas IEC 62196, proporcionando una carga monofásica o trifásica desde 3,6 kW a 22 kW.



WALLPOD

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Acabado	Disponible en una amplia variedad de colores
Estructura	Material anticorrosivo (fibra, acero inoxidable o aluminio)
Capacidad	16amp (3.6kW) o 32amp (7.2 kW) Esta unidad también proporciona una toma doméstica IP65 de 13amp





ACCESORIOS Y SERVICIOS TORRETAS DE EMERGENCIA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Classic: Carcasa interna de acero galvanizado y carcasa extena de aluminio
	Quantum: Cuerpo de aluminio extruido anodizado
Fabricación	Proveedor certificado ISO9001, CE
Opcional	Boya con retinida, extintor de polvo químico y caja de primeros auxilios, linterna de emergencia y sirena



ESCALERAS DE EMERGENCIA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dimensiones	Disponible en varios tamaños y configuraciones
Estructura	Material anticorrosivo (fibra, acero inoxidable o aluminio)
Instalación	Fijación lateral o superior mediante tornillería de acero inoxidable





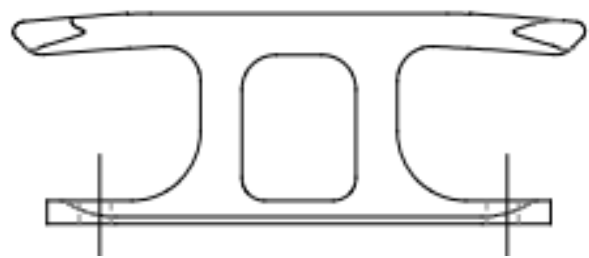
ACCESORIOS Y SERVICIOS

CORNAMUSAS Y BOLARDOS

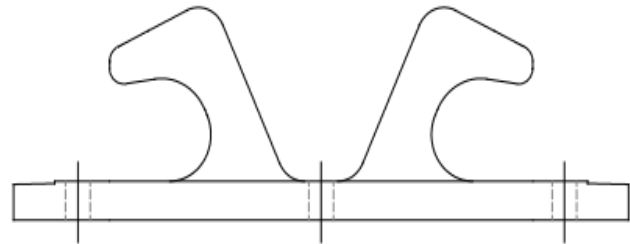
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estructura	Aluminio fundido
Instalación	Fijación por medio de tornillería de acero inoxidable

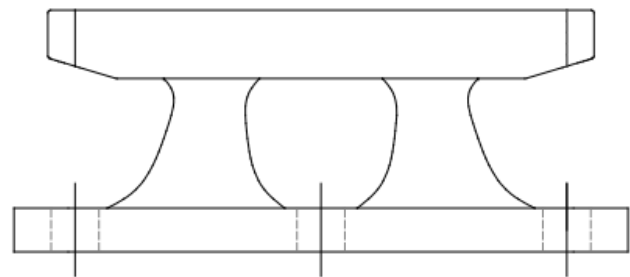
CORNAMUSAS DE 3T



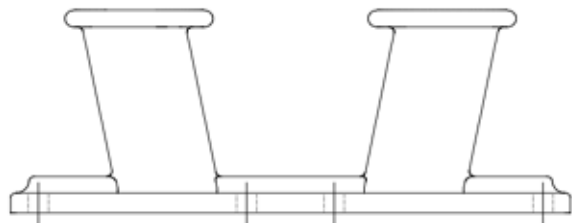
BOLARDOS DE 5T



CORNAMUSAS DE 8T



BOLARDOS DE 10T



SISTEMAS DE AMARRE





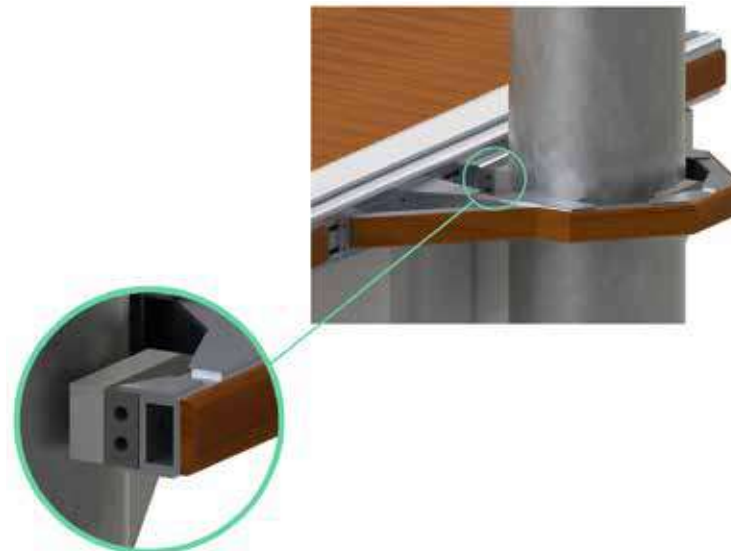
SISTEMAS DE AMARRE

ANILLAS PARA PILOTES

El sistema de amarre a través de anillas para pilotes está formado por una anilla que rodea el pilote, fijándolo así al pantalán y acompañándolo en la variación de la marea.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Dimensiones** Disponibles en varios tamaños
- Estructura** Pilotes de acero de calidad X50 o superior, diámetros de 340 a 610 mm, movimiento longitudinal y espesor mínimo de 10 mm.

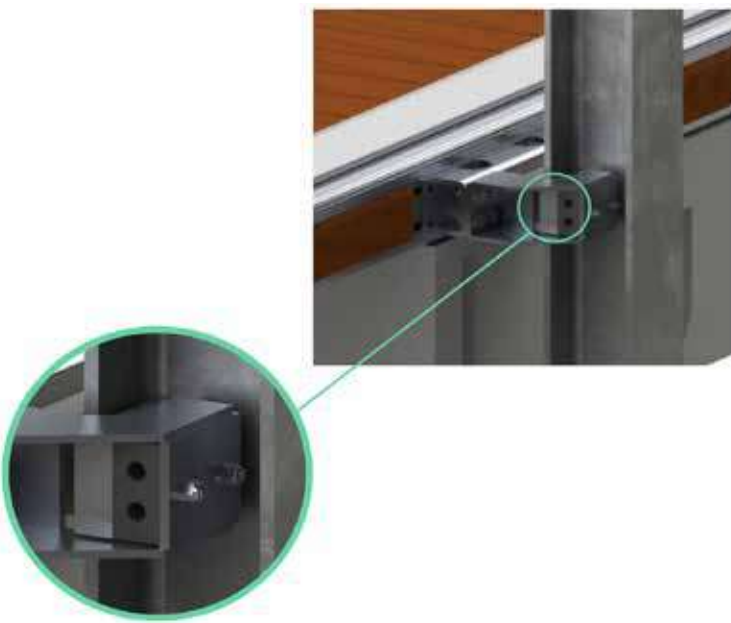


VIGAS DE PARED

Los sistemas de amarre a través de vigas de pared de acero galvanizado HEB pueden estar fijadas al muelle con anclajes químicos. Las abrazaderas de las vigas de pared están equipadas con material de baja fricción y con sistemas de amortiguación de impacto, así como un dispositivo de ajuste para minimizar cualquier holgura.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Dimensiones** Disponibles en varios tamaños
- Estructura** Vigas HEB (160-220) de acero





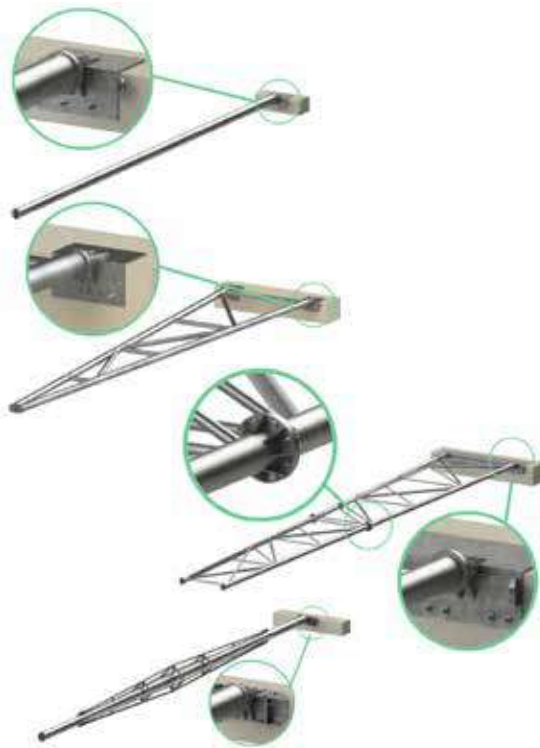
SISTEMAS DE AMARRE BIELAS DE ANCLAJE

Las bielas de anclaje pueden ser de forma tubular, en ‘A’ o entramados y operan bajo compresión-tensión, manteniendo el pantalán posicionado a cierta distancia. Un conjunto de cabos de bloqueo cruzados aseguran la rigidez del conjunto y lo mantienen en paralelo a tierra. Los sistemas de amarre de este tipo están normalmente calculados para resistir corrientes con una velocidad máxima de hasta 3 m/s (aprox. 6 nudos).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dimensiones Disponibles en varios tamaños

Estructura Componentes metálicos de acero tratados por inmersión en caliente, posteriormente pintados, o de aluminio marítimo, dotados de flotación propia



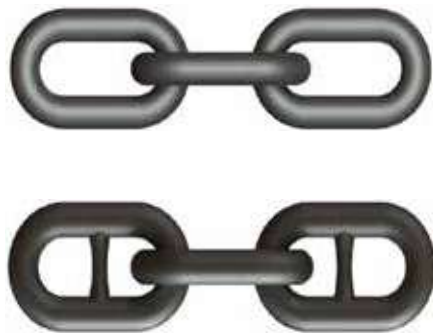
CADENAS Y AMARRES ELÁSTICOS

El sistema de amarre a través de cadenas o amarres elásticos proporciona el amortiguamiento en el movimiento de los pantalanes.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dimensiones Disponibles en varios tamaños

Estructura Cadenas metálicas de eslabón abierto o cerrado galvanizadas por inmersión en caliente o pintura epóxica de alquitrán
Pieza con material específicamente desarrollado para absorber estiramientos regulares sin deformación permanente



MUERTOS DE HORMIGÓN Y ANCLAJES

Las cadenas o amarres elásticos se conectan a muertos de hormigón armado o anclajes fijos al fondo.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dimensiones Disponibles en varios tamaños y pesos

Estructura Los muertos son de hormigón armado con refuerzo gaviola y ojal.
Los anclajes son de hierro fundido o acero y pueden tener diferentes configuraciones.



HINCA DE PILOTES





HINCA DE PILOTES

LINDLEY dispone actualmente de medios propios certificados para ejecutar trabajos de colocación de pilotes metálicos tanto en suelos arenosos y fangosos como en aplicaciones más exigentes como superficies de arcilla y roca.

Mediante el uso de equipamiento modular transportable por vía terrestre, con bajo coste de movilización, es posible llevar a cabo obras de

este tipo recurriendo a sistemas certificados por las autoridades competentes.

La operación consta de tres etapas:

- Montaje del pantalán flotante
- Preparación de los tubos metálicos
- Hinca de pilotes

CARACTERÍSTICAS GENERALES

PLATAFORMA HINCA DE PILOTES METÁLICOS	
Pantalán flotante	12x7,5m
Cabrestante	8.000 Kg
Central hidráulica	
Cabrestante de maniobra	2.000kg
Capacidad elevación máxima	4.500kg
Velocidad capacidad elevación máxima	20m por min.
Martillo para clavar en arena y barro	2.000kg/3.200kg/4.500kg
Broca para perforar rocas	1.500kg
Límite de hinca	Cota prefedinida
Capacidad máxima de hinca	70 diámetros

APLICACIONES

- Amarre de pasarelas y pantalanes en suelos arenosos, fangosos, arcillosos y rocosos
- Apoyo de estructuras fijas sobre el agua





OPERACIÓN

Montaje de la Plataforma Flotante

La plataforma de pilotaje está formada por módulos que son transportados a la obra en camión. Una vez en la zona de ejecución de los trabajos, los módulos son premontados y colocados en el agua por medio de una grúa telescópica; con el pantalán ya flotando, se afinan las conexiones y se procede al montaje de la torre y del equipamiento hidráulico.

Preparación de los Tubos Metálicos

Los tubos metálicos para los pilotes se descargan en el terraplén junto al agua, permitiendo la colocación progresiva para la plataforma flotante, a medida que se ejecutan los trabajos de fijación.

Hinca de Pilotes

La hinca de pilotes se realiza según un programa de trabajo definido con el cliente, procediendo a un posicionamiento preliminar con ayuda de topografía y alineamiento de la torre para garantizar su posición y verticalidad. La incrustación en suelos arenosos, fangosos y de arcilla fina se realiza con un martillo de caída libre; en los casos en que sea necesario añadir tubería, los tramos serán soldados de extremo a extremo. Al finalizar la fijación, la parte superior del pilote se corta según la cota de coronamiento, minimizando el intercambio de gases y la corrosión interna. En situaciones donde el tipo de suelo exija métodos más robustos podrá ser necesario el uso de trepanado.



MARINA SECA



MARINA SECA

Lindley dispone de una completa gama de equipamientos para varada y estacionamiento de embarcaciones, así como estructuras para marina seca. Gracias a la experiencia acumulada durante años de actividad y también de la de sus socios, nuestros técnicos ofrecen a sus clientes un servicio integral, que incluye asesoramiento en la selección del equipamiento más adecuado según las necesidades de cada proyecto, montaje e instalación 'llave en mano', formación del personal y servicio posventa de alta calidad. Trabajamos exclusivamente con equipamientos de máxima calidad, garantizando de esta manera una relación duradera con nuestros clientes al maximizar el retorno de su inversión.

TRAVELIFTS



FORKLIFTS



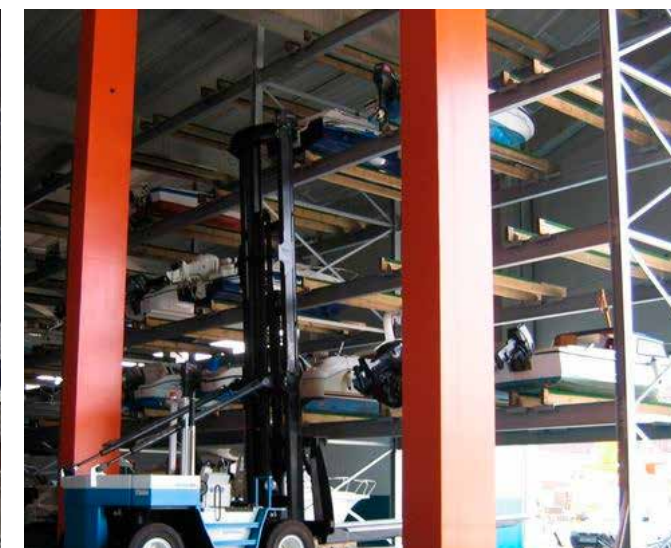
REMOLQUES HIDRÁULICOS



PUNTALES DE VARADA



ESTANTERÍAS



PROYECTOS ESPECIALES



PROYECTOS ESPECIALES

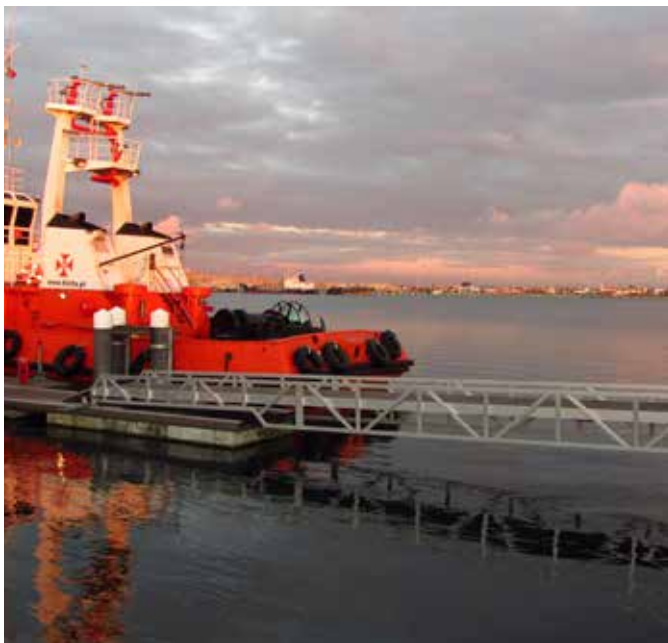
Uno de los factores diferenciales de LINDLEY MARINAS, fruto de la experiencia tras muchos años dedicados al diseño, fabricación e instalación de equipamiento flotante, reside en la flexibilidad en el desarrollo de soluciones adaptadas a los requisitos específicos de cada aplicación.

Esta característica ha comportado que hayamos ido desarrollando proyectos especiales que nos permiten mostrar un currículo relevante de soluciones variadas.

PASEOS Y PUENTES PEATONALES



PANTALANES DE TRABAJO



PLATAFORMAS DE BOMBEO



EMBARCADEROS FLUVIALES Y MARÍTIMO-TURÍSTICOS



PROYECTOS ESPECIALES

MUELLES PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA



PANTALANES PARA REMO Y CANOAS



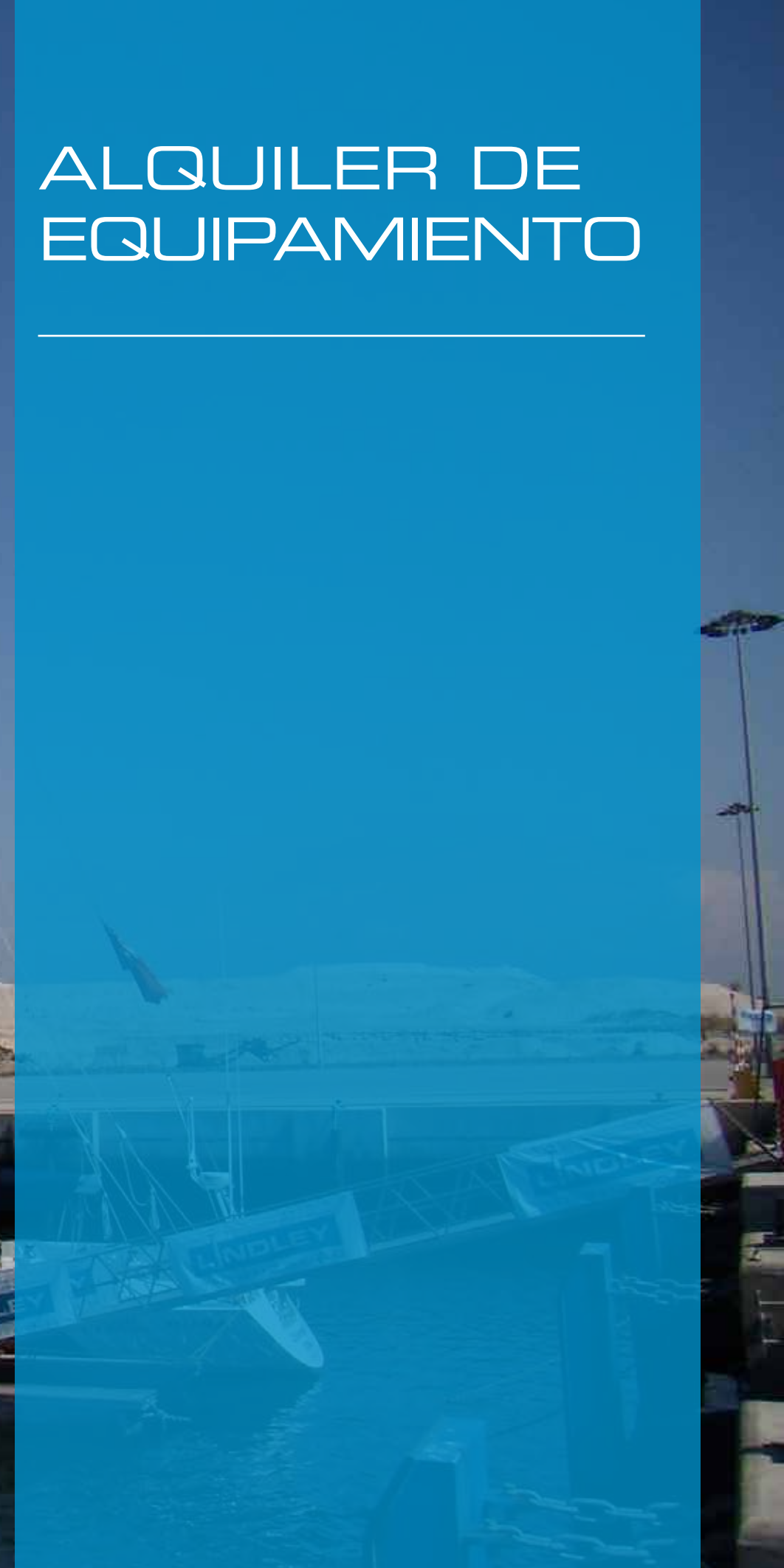
PISCINAS FLOTANTES



RAMPAS DE VELA



ALQUILER DE EQUIPAMIENTO



ALQUILER DE EQUIPAMIENTO

LINDLEY dispone de soluciones y equipamiento para alquiler temporal destinado a eventos y pruebas deportivas.

A través de nuestra gama estándar es posible crear soluciones flotantes para recibir embarcaciones y navegantes, con la máxima seguridad, ajustándose a las necesidades de cada zona y aplicación.

Puede consultarnos a través de:

T: +351 21 469 2024 | +351 91 879 81 23

E: geral@lindley.pt



INNOVACIÓN, CALIDAD E INGENIERÍA



INNOVACIÓN Y CALIDAD

El control de la calidad de los equipamientos fabricados consiste en una prioridad para Lindley. La empresa mantiene una estricta supervisión en la calidad de la mano de obra, de la materia prima y en la trazabilidad de los productos de su producción para comprobar su evolución a lo largo de su vida útil.

En su compromiso con la calidad, Lindley cuenta con el certificado ISO9001:2015 emitido por SGS. El cumplimiento de procedimientos normalizados permite uniformizar el rigor en sus actividades y promueve un progreso constante en las diferentes actividades de la empresa.

Lindley tiene permiso de construcción, concretamente del IMPIC de Portugal, en la 3ª Categoría - Obras

Hidráulicas, lo que permite a la compañía realizar obras en el ámbito de obras fluviales y explotaciones hidráulicas, obras portuarias, dragados, reparaciones y tratamientos superficiales en estructuras metálicas. Las subcategorías del permiso se encuadran en la clase 5 del IMPIC, habilitando la empresa a realizar autónomamente obras cuyo valor total puede alcanzar hasta los 2,65m€.

Lindley es miembro colectivo de PIANC - The World Association for Waterborne Transport Infrastructure, organización que proporciona recomendaciones para las infraestructuras en puertos y vías navegables. Lindley participa regularmente en encuentros técnicos, seminarios y conferencias.

INGENIERÍA

Lindley cuenta con el *know-how* y experiencia del Grupo Lindley, un holding con más de 90 años de actividad en la fabricación de soluciones para el sector marítimo-portuario. Este valor añadido se refleja en el diseño y el control de soluciones para sus clientes. Los productos fabricados en serie están sujetos a revisiones periódicas para actualizar sus diseños y procedimientos.

En Lindley se desarrollan equipamientos de forma continuada con tal de usar los materiales más eficientes para cada aplicación. Antes de adoptar nuevos diseños

o materiales, las soluciones son verificadas a través de distintos métodos, como pruebas físicas en nuestras instalaciones, en el entorno marítimo y también con ensayos de las propiedades de los materiales en el laboratorio.

Todos los nuevos diseños se crean a partir de herramientas de diseño tridimensional con un posterior análisis estructural. El uso de las últimas tecnologías, materiales innovadores y la dedicación de un personal cualificado son las bases que garantizan el suministro de productos de alta calidad al mercado.



26/01/2016 Empresas titulares de alvará de empreiteiro de obras públicas - Consultar - IMPIC - Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção



Empresas titulares de alvará de empreiteiro de obras públicas

Alvará 62351 - PUB
Data de inscrição 05/06/2009
Classe Máxima 5
NIF/NIPC 500012261
Denominação AHLERS LINDLEY, LDA.
Morada ESTRADA MANIQUE EDF MICAL
ALCOITÃO
2649-502 ALCABIDECHE
Concelho Cascais
Distrito Lisboa
País PORTUGAL
Telefone 214692024 214692024
Fax 214692174 214692174
E-mail geral@lindley.pt

HABILITAÇÕES

Descrição	Classe
3ª Categoria - Obras hidráulicas	
1.ª - Obras fluviais e aproveitamentos hidráulicos.	5
2.ª - Obras portuárias	5
5.ª - Dragagens	5
5ª Categoria - Outros trabalhos	
9.ª - Reparaciones e tratamientos superficiales em estruturas metálicas	5

Impresso a partir do portal do IMPIC, www.impic.pt, em 26/01/2016 14:39



GRUPO
LINDLEY



Ayudas a la Navegación
Tel.: (+34) 933 601 101 · www.almarin.es



Elevación de Cargas
Tel.: (+351) 214 690 341 · www.almovi.pt



Marinas y Puertos Deportivos
Tel.: (+351) 214 692 024 · www.lindley.pt





www.grupolindley.com



Ahlers Lindley, Lda.

Edifício MICAL
Estrada de Manique, 1896
2645-550 Alcabideche
+351 21 469 20 24
geral@lindley.pt
www.lindley.pt



Almarin, Equipos y Servicios Portuarios, S.L

C/Costa Brava 25-29
08030 Barcelona
+34 93 360 11 01
info@almarin.es
www.almarin.es



Lindley BR Soluções Portuárias Ltda.

Largo de São Francisco de Paula 26,
Sala 907,
20051- 070 Centro,
Rio de Janeiro - RJ - Brasil
+55 21 3942 8828
geral@lindley.pt
www.lindley.com.br

Rúa Cronista Rodríguez Elías, 2,
36209 Vigo (España)
(+34) 986 906 770
info@almarin.es
www.almarin.es

GRUPO
LINDLEY
ESTABLISHED 1930



Características técnicas de defensas

Botazo ID200x200

Inbelt

Biedma 7257 – 2000 Rosario – Argentina

www.inbelt.com.ar

Tel/Fax: 0054 341 4574657

e-mail: inbelt@inbelt.com.ar

	Hoja técnica de defensas	Pág: 2 de 7
	DEPARTAMENTO INGENIERÍA	Fecha: 24/10/24
Descripción: Botazo Modelo: ID 200x200		
CONTENIDO Principales características de los botazos3 Dimensiones principales.....4 Curvas y valores característicos.....5 Compuesto6 Anexo 1 – Certificados calidad7		
CONFECCIONO: <i>Ing. Carlos Villalba</i>		

Descripción: Botazo
Modelo: ID 200x200

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS BOTAZOS

- Se utilizan para proteger tanto las embarcaciones como los muelles, de pequeño tamaño.
- Amplia gama de tamaños estándar
- Excelente desempeño
- Instalación en muelles muy simple
- Se pueden hacer prácticamente en cualquier largo, luego cortarse y taladrarse para adaptarse a cada aplicación.



Defensa ID 150 x 370 con inserto metálico

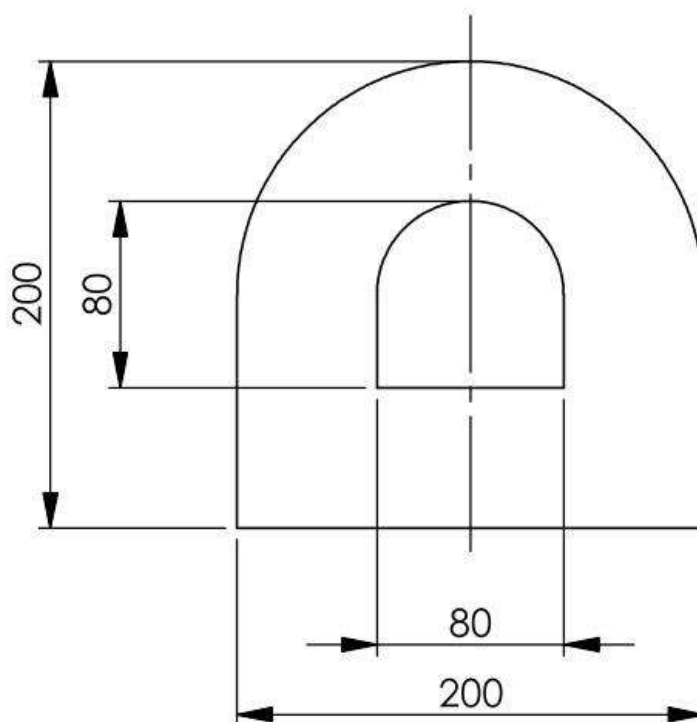


Defensa ID 200 x 200 sin inserto metálico, con acero de anclaje



Descripción: Botazo
Modelo: ID 200x200

DIMENSIONES PRINCIPALES



Peso 34 kg/m

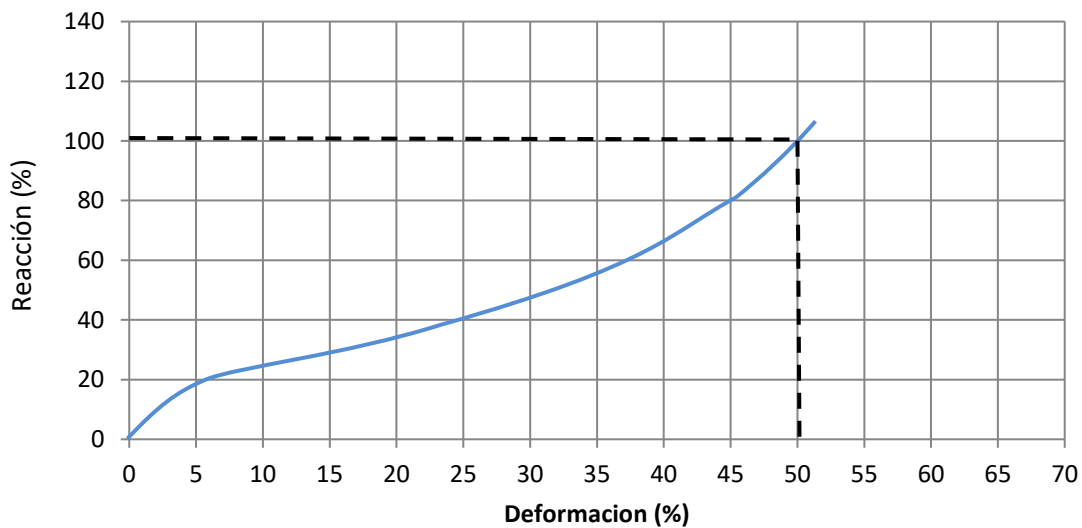
**Descripción:** Botazo**Modelo:** ID 200x200

CURVAS Y VALORES CARACTERÍSTICOS

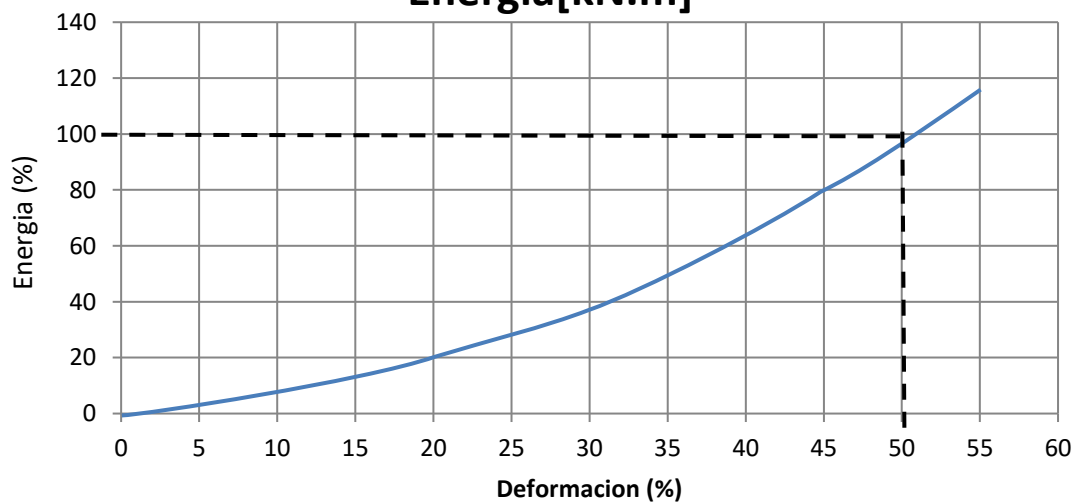
Defensa	Reacción	Energía
Botazo DD 300x300 – valores por metro	153 kN	5.7 kNm

Valores para una deflexión del 50%, Tolerancias generales +/- 20%

Reacción [kN]



Energía[kN.m]





Descripción: Botazo
Modelo: ID 200x200

COMPUESTO

COMPUESTO RubberShift 63A-D

Material diseñado exclusivamente para uso en defensas, que brinda excelentes propiedades mecánicas en conjunto con una baja deformación remanente por compresión.

Posee aditivos especiales para el uso de piezas a la intemperie, que le confieren protección tanto al ambiente como a rayos UV.

PROPIEDADES

ENSAYO	RESULTADO	NORMA	UNIDAD
Reometría (T90 a 150º)	15	ASTM D-2084	Minutos
Dureza	65 +/-5	ASTM D-2240	Shore A
Densidad	1.18	DIN 53473 (método A)	g/cm ³
Resistencia a la abrasión	100	DIN 53516	mm ³
Resiliencia	35	DIN 53512	%
Resistencia a la tracción	208	ASTM D-412	Kg /cm ²
Módulo al 100%	44	ASTM D-412	Kg /cm ²
Módulo al 300%	163	ASTM D-412	Kg /cm ²
Elongación porcentual a la rotura	450	ASTM D-412	%
Resistencia al desgarro	88	ASTM D-624 (C)	KN/m
Compresion Set (22h/70°C)	9	ASTM D-395 (método B)	%



Descripción: Botazo
Modelo: ID 200x200

ANEXO 1 – CERTIFICADOS CALIDAD

Certificado

Normativa de aplicación **ISO 9001:2015**

Nº registro certificado 01 10006 2029887

Titular del certificado: **Inbelt S.R.L.**
Biedma 7257
2000 Rosario, Santa Fe
Argentina

Ámbito de aplicación: Diseño, fabricación y comercialización de recubrimientos anticorrosivos y anti abrasivos en elastómeros, chapas anti abrasivas, cerámicas y sus combinaciones.
Fabricación y comercialización de recubrimientos de piezas industriales para siderurgia, industrias químicas y petroquímicas, empresas cerealeras, unidades portuarias, aplicaciones navales e industria minera.
Diseño, fabricación y comercialización de protecciones en chapa de acero anti desgaste y chapas bimetálicas para usos generales.

Validez: Este certificado es válido desde 2020-10-26 hasta 2023-10-25
Primera certificación 2017

2020-12-15

TÜV Rheinland Argentina S.A.
Av. Cabildo 642 2º Piso – 1024

www.tuv.com



TÜVRheinland®
Precisely Right.

CONFECCIONO: Ing. Carlos Villalba

Oficina 3.0

F/C



3 m 2,4 m 2,3 m
LARGO ANCHO ALTO INTERIOR

PESO 700 kg



Puerta de acceso de 0,8 x 2 m con cerradura.



Ventana proyectante de 1 x 0,9 m en frente.



Aire acondicionado split de 2900 frigorías frío/calor.

INSTALACIONES

ELÉCTRICAS

- Sistema eléctrico 220V a la vista en cablecanal, con circuito independiente.
- Tablero de control equipado con disyuntor y llave térmica.
- Caja de conexión exterior.

ESTRUCTURA

EXTERIOR Paredes en chapa pre-pintada blanca n° 25, techo en chapa galvanizada n° 25.

INTERIOR Chapa prepintada blanca n° 25 en paredes y techo. Piso multilaminado fenólico 18 mm.

AISLACIÓN Poliuretano inyectado de 50 mm en paredes y techo.

Sanitario 3.0



3 m 2,4 m 2,3 m
LARGO ANCHO ALTO INTERIOR

PESO 1100 kg



Puerta de acceso de 0,8 x 2 m con cerradura.



Dos ventanas corredizas de 0,6 x 0,4 m.

INSTALACIONES

ELÉCTRICAS

- Sistema eléctrico 220V a la vista en cablecanal, con circuito independiente.
- Tablero de control equipado con disyuntor y llave térmica.
- Caja de conexión exterior.

SANITARIAS

- Tres lavatorios pedestal con grifería.
- Tres inodoros con mochila.

ESTRUCTURA

EXTERIOR Paredes en chapa pre-pintada blanca n° 25, techo en chapa galvanizada n° 25.

INTERIOR Chapa prepintada blanca n° 25 en paredes y techo. Piso multilaminado fenólico 18 mm.

AISLACIÓN Poliuretano inyectado de 50 mm en paredes y techo.