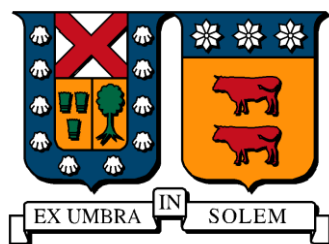


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAÍSO – CHILE



**PROPUESTA DE DISEÑO PARA UN MUELLE DE
SERVICIO Y ATRAQUE PARA EL TERMINAL DE
QUINTERO**

GABRIEL ALEJANDRO GONZÁLEZ DÍAZ

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
MECÁNICO**

PROFESOR GUÍA: RAFAEL MENA YANSSEN

PROFESOR CORREFERENTE: UDO RHEINSCHMIDT

MARZO - 2021

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida.

*Mi padre por aconsejarme, ayudarme a encontrar y descubrir mis habilidades,
facilitándome siempre las herramientas necesarias para lograr mis objetivos,
y por su gran esfuerzo para yo poder obtener mi carrera universitaria.*

*Mi madre por su constante apoyo y preocupación para yo crecer como persona,
haciéndome sentir acogido y protegido siempre. También por ayudarme
a encontrar la pasión por el arte del dibujo y las manualidades.*

*A mi hermano, por asignarme el rol de hermano mayor, lo cual también me hizo
desarrollar y entender de mejor manera lo que es la responsabilidad.*

*A mi polola, por ser una fiel compañera en todo momento, apoyándome,
aconsejándome y por hacer de mí una mejor persona, dando siempre
todo el amor posible.*

*A mis amigos de la universidad, por hacer de todo este proceso un momento
único, al punto de no querer que termine esta etapa.*

*A mis amigos del colegio, por estar siempre conmigo, intentando siempre no
perder el contacto.*

*A ENAP, por darme la oportunidad de realizar este trabajo de título y ayudarme
con el término de esta etapa universitaria.*

Resumen

La presente memoria propone el diseño mecánico de un muelle de servicio de un proyecto en etapa conceptual para el reemplazo del terminal multiboya (o multicrudo) por un muelle de servicio que posea tres sitios de atraque de forma lateral en el Terminal de Quintero de ENAP, ubicado en la bahía de Quintero, región de Valparaíso.

Para estudiar este caso se inicia una recopilación y estudio de información proporcionada por ENAP y por propia búsqueda para contextualizar el estado actual del terminal de Quintero. Al finalizar el estudio de la información, conociendo el contexto, se define como base el Terminal Cabo Negro de Punta Arenas. Con esto ya establecido se busca la ubicación preliminar, para esto se utiliza el conocimiento del calado de cada embarcación crítica en cada sitio y la barimetría de la bahía. Finalmente se fija el muelle que pase por la zona actual de terminal multiboyas en paralelo aproximadamente 400 metros al muelle RPC.

Siguiendo los lineamientos del Terminal Cabo Negro, se logra dimensionar y estimar la geometría de los principales elementos que conforman el muelle, resultando en un largo total del puente de acceso de 1150 metros aproximadamente. Luego de esto se generan los planos de detalles.

Se realiza la cubicación del muelle, con ayuda del software SolidWorks, en donde se hizo un modelo 3D. Se asignan los costos estimados para los dos principales materiales que conforman el proyecto; acero A36 y hormigón armado H40. Finalmente se obtiene la inversión del costo de infraestructura, la cual es aproximadamente \$100.000.000 USD.

Nomenclatura y Definiciones

LPG: Gas licuado

TMQ: Terminal de Quintero

Cabotaje: En referencia a la navegación, es el transporte de carga y pasajeros entre puertos de un mismo país, navegando relativamente cerca de la costa.

Fondeo: Maniobra para inmovilizar una embarcación al fondo usando un ancla.

Acoderamiento: Asegurar o sujetar con codera o cuerda gruesa la dirección de un barco o buque fondeado.

Lastre: Toma de agua en estanques al interior del casco de un buque para mejorar su estabilidad.

DWT: Capacidad de carga máxima sin riegos de una embarcación.

Calado: Altura de la parte sumergida del barco.

Manga: Ancho del barco.

Eslora: Longitud del barco.

Desplazamiento: Peso del buque para una condición determinada de carga.

Paramento: Cada una de las caras de todo elemento constructivo vertical, como paredes o lienzos de muros.

Trasdós: Cara del muro de contención que está en contacto con el material contenido.

Superestructura de un muelle: Parte superior externa del muelle, donde suelen ubicarse elementos como defensas y puntos de amarre.

Batimetría: Estudio de las profundidades marinas.

Contenido

Introducción	1
Objetivos	2
Objetivo general de estudio	2
Objetivos específicos de estudio	2
1. Antecedentes Generales	3
1.1. Antecedentes de la Empresa	3
1.1.1. Modelo de negocio de ENAP.....	3
1.2. Situación Actual.....	4
1.2.1. Recepción y entrega de crudo	4
1.2.2. Equipos y sistema operativo de multiboya.....	4
1.3. Información respecto al terreno y el clima.....	6
2. Marco Teórico.....	7
2.1. Clasificación de los muelles de atraque	7
2.1.1. De acuerdo con su orientación	7
2.1.2. De acuerdo con su impacto de la dinámica costera.....	8
3. Análisis funcional de muelles en Chile.....	11
3.1. Terminal Marítimo de Cabo Negro (ENAP).....	11
3.2. Puerto de San Antonio	14
3.3. Muelle Puerto Ventanas	15
3.4. Puerto Caldera.....	16
4. Requerimientos de ENAP para el muelle a diseñar	17
4.1. Recepción de buques.....	17
4.2. Sitios de atraque.....	17
4.3. Equipos y ductos más importantes.....	18
5. Criterios para el diseño de muelles y componentes	19
5.1. Geometría general del muelle	19
5.2. Duques de alba.....	20
5.3. Postes de amarre	20
5.4. Ductos de transporte de agua y productos.....	21
6. Planteamiento de alternativas.....	21
7. Selección de alternativa	22

8. Desarrollo de Diseño Muelle	23
8.1. Puente de acceso	23
8.2. Geometría de los sitios de atraque	25
8.3. Jackets.....	27
8.4. Duque de alba	30
8.5. Poste de amarre	30
8.6. Ductos	32
8.7. Planos de detalle	33
9. Estimación de costos.....	34
10. Conclusiones.....	36
11. Referencias.....	38
Anexo A.....	40
Anexo B.....	42
Anexo C	44
Anexo D.....	49

Introducción

Hoy en día en Chile, gran parte del comercio internacional se transfiere vía marítima, debido a la apertura de nuestro país al negocio con otros países mediante los acuerdos de libre mercado, siendo la base de un notorio crecimiento del comercio exterior de Chile. Por otra parte, este crecimiento también da lugar al aumento de las posibilidades de accidentes, contaminación y catástrofes portuarias, como suele ser el más común el derrame de petróleo.

Para ENAP la recepción y entrega del cabotaje marítimo en el Terminal Quintero constituye un aspecto crítico de sus operaciones, razón por la cual desea estudiar un mejoramiento de las instalaciones y operaciones mediante un anteproyecto de construcción que se adecuan a las necesidades de confiabilidad, seguridad y capacidad exigidas actualmente.

De esta forma, se busca definir y estimar los requerimientos de construcción de un muelle para la sustitución de su sistema actual de multiboyas, estudiando y definiendo los requerimientos de diseño mecánico y estructural, así como la estimación de inversión para ejecutar los cambios necesarios en las instalaciones actuales.

Objetivos

Buscar satisfacer los nuevos requerimientos, como a su vez, mejorando la seguridad del actual Terminal Marítimo de Quintero de ENAP para el servicio y atraque de buques.

Objetivo general de estudio

Proponer el diseño de un muelle de servicio y atraque según las especificaciones preliminares definidas por ENAP.

Objetivos específicos de estudio

- Identificar los requerimientos técnicos del actual Terminal de Quintero.
- Investigar el estado del arte sobre el diseño general de obras portuarias construidas en Chile, contrastando geometrías, justificación y condiciones de contorno, como también los equipos necesarios de un determinado terminal.
- Identificar las variables críticas del diseño de muelles en base a requerimientos funcionales.
- Determinar los requerimientos funcionales de diseño del muelle para satisfacer las necesidades del Terminal de Quintero.
- Cuantificar la inversión asociada a la construcción de la infraestructura propuesta.

1. Antecedentes Generales

El siguiente anteproyecto de tesis surge en ENAP, Gerencia de Supply Chain, en el área de la Dirección de Análisis y Desarrollo de Proyectos, quien propone estudiar un cambio en el sistema de atención de naves de cabotaje marítimo en el Terminal de Quintero, reemplazando el sistema actual de recepción de productos combustibles consistente en tres multiboyas por un sistema de muelle.

1.1. Antecedentes de la Empresa

La Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) es una empresa pública de propiedad del Estado de Chile cuyo giro principal es la exploración, producción, refinación y comercialización de hidrocarburos y sus derivados.

Fue creada por la Ley Orgánica de Empresa Nacional del Petróleo N° 9.618 del 19 de junio de 1950. Opera como empresa comercial, con un régimen jurídico de derecho público y se administra en forma autónoma.

ENAP participa en la exploración y producción de hidrocarburos a través de su filial ENAP Sipetrol S.A. y en la refinación, transporte, almacenamiento y comercialización de los productos derivados del petróleo a través de ENAP Refinerías S.A.

Además, desarrolla actividades y operaciones en Argentina y Egipto. La Casa Matriz está ubicada en Santiago de Chile.

1.1.1. Modelo de negocio de ENAP

El modelo de negocio de ENAP es operar de modo autónomo sus muelles, permitiendo el uso tanto de naves y buques propios, como de buques de terceros por una tarifa definida, en este caso el nuevo muelle de TMQ debe permitir recibir y cargar las cantidades de productos a transportar hacia y desde el Terminal, de modo seguro y confiable, a tasa de flujo adecuadas con los tiempos de operación estándares de buques tanques y acorde con las condiciones climáticas y marítimas del lugar, reduciendo el nivel de riesgo operacionales y medioambientales.

1.2. Situación Actual

El Terminal Marítimo Quintero (TMQ) de ENAP, ubicado en la bahía de Quintero, región de Valparaíso, es el terminal petrolero más importante del país y cumple un rol fundamental en las operaciones de la empresa.

Construido en 1954, con el propósito de recepcionar, cargar, almacenar y preparar productos, tales como gasolinas, diésel, kerosene, gas licuado (LPG) y petróleo crudo, este último como materia prima de todos los productos anteriores.

1.2.1. Recepción y entrega de crudo

En el TMQ se recibe la totalidad del crudo que es adquirido en diferentes mercados del mundo y que es procesado en Refinería Aconcagua, en la comuna de Concón. Mensualmente, recibe y entrega más de 700.000 [m^3] de productos y petróleo crudo, tanto a la Refinería, como a compañías vecinas y naves, dentro de las cuales se encuentra la más grande denominada “AFRAMAX”, un buque petrolero con una capacidad de carga de aproximadamente 120.000 toneladas (ENAP CHILE, 2004).

1.2.2. Equipos y sistema operativo de multiboya

Para cumplir estas metas, el terminal cuenta con una infraestructura logística de almacenamiento (estanques), que le permiten almacenar petróleo crudo y productos derivados del petróleo.

Posee cuatro terminales marítimos con sistemas de operación y control para la atención de naves, los que se suman a un sistema de oleoductos que lo conectan a la refinería, y que permiten al terminal la transferencia de crudo y productos.

En el terminal, se dispone de cuatro lugares de amarre o puertos llamados “terminales”, tres del tipo convencional multiboya:

- Multiboya de crudo y productos
- Multiboya de gas licuado y productos
- Multiboya de barcasas

Una monoboya está destinada exclusivamente a las operaciones con petróleo crudo, donde la embarcación es conectada a un flexible de la monoboya para descargar el crudo, el cual es dirigido a través de líneas submarinas hacia los estanques de almacenamiento en el terminal.

Tabla 1: Listado y especificaciones de monoboyas y multiboyas actuales en TMQ (ENAP Refinerías S.A., 2017)

Terminal	Naves hasta MDWT	Tipo	Productos	Líneas Submarinas	LOA Manga máxima	Calado máximo Cap. Min. Pluma	Amarre / Desamarre	Boyas
1	350	Monoboya	Crudo	1 – 42 " diam.	Sin restricción Sin restricción	Sin restricción 10 Ton	Luz diurna Sin restricción	1 – 1 popa
2	116	Multiboya	Fuel Oil / IFO Productos limpios	1 – 24 " diam. 2 – 16 " diam.	250 mts 32.3 mts	12.9 mts 8 Ton	Sin restricción Sin restricción	3 - 3 popa
3	40	Multiboya	Fuel Oil Productos limpios LPG Retorno slop	1 – 16 " diam. 1 – 10" diam. 1 – 8" diam. 1 – 6" diam.	182 mts 29 mts	10.18 mts. 5 Ton	Sin restricción Sin restricción	3 - 3 popa
4	4	Multiboya	MGO IFO	1 – 10" diam 1 – 6" diam	95,18 mts Sin restricción	5,49 mts 3 Tons.	Sin restricción Sin restricción	3 - 2 popa 1 proa

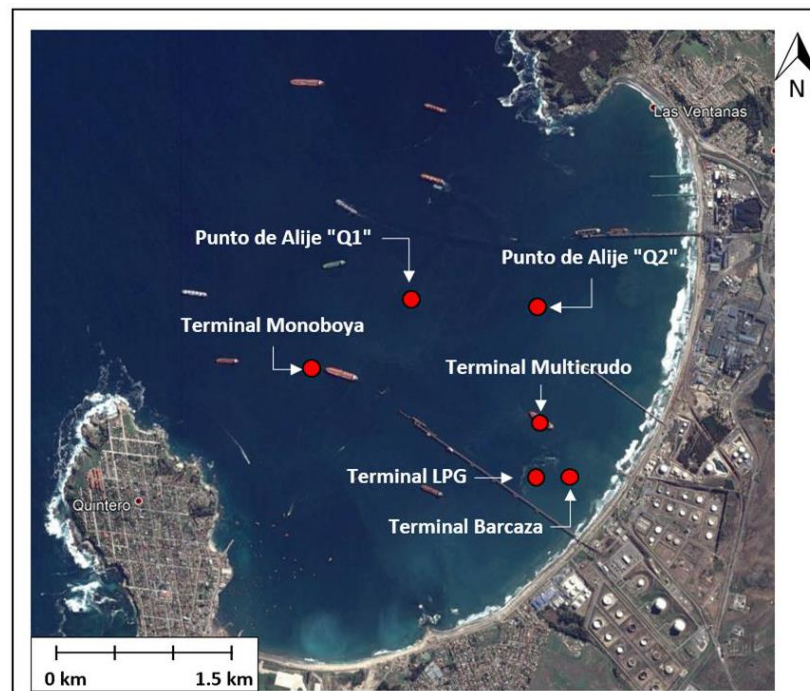


Ilustración 1: Disposición actual de monoboyas y multiboyas en TMQ (ENAP Refinerías S.A., 2019)

1.3. Información respecto al terreno y el clima

Se cuenta con el plano CAD n° 2015-03-02 (ver Anexo A) correspondiente al levantamiento batimétrico de precisión en el Terminal Marítimo de Quintero.

Además, se tienen las siguientes condiciones del área marítima y geotécnica (ENAP Refinerías S.A., 2017):

- **Ubicación:** La ubicación geográfica del terminal es la bahía de Quintero en la comuna de Quintero, provincia de Valparaíso. Latitud 32° 46' 00.4180" S; Longitud 71° 29' 54.4212" W. Estas coordenadas geográficas están referidas a la carta SHOA N° 4320.
- **Viento:** Según los estudios realizados en la bahía, el mayor grado de turbulencia y mezcla con vientos del SW se ubican en el sector de Ventanas. Además, según estudio realizado en 1998 por la empresa CICLO S.A. se tiene vientos bajo los 2 m/s (76.21% del tiempo) con predominio del SW, como ya se ha mencionado, para las intensidades más altas con pocas probabilidades de pasar los 9 m/s. Esto limita operacionalmente al amarre a 18 nudos y desamarre de 25 nudos.
- **Corrientes:** La dirección de la corriente se divide en superficial y bajo la superficie, de forma superficial la corriente tiene una dirección NE que se dirige a la costa tanto cuando la marea llena la costa como cuando la vacía. Y bajo la superficie avanza hacia el N pero cuando se vacía la costa retoma la dirección. También es importante notar que el viento influye en la corriente según los estudios realizados por ENAP solo en cuanto a su velocidad de avance y no en su dirección. Además, según estudio realizado en el año 1998 por la empresa CICLO S.A. establece una corriente máxima de 0.2 nudos (10.28 cm/s) y un estudio de maniobrabilidad considera un máximo de 0.3 nudos, con esto se establece para maniobras de atraque y desatraque una corriente de 0.3 nudos teniendo un margen de seguridad según lo establecido al estudiar la corriente máxima.
- **Olas:** el régimen que presenta la bahía es mixto semidiurno, lo que significa que durante el día hay 2 pleamar y 2 bajamar siendo estas de diferentes alturas. Además, según estudio realizado en el año 1998 por la empresa CICLO S.A. establece que la ola máxima para realizar maniobras será de 2 metros.

- **Naturaleza del fondo marino:** El fondo marino está distribuido de forma unimodal que corresponde a más del 50% de arena fina, teniendo esta condición una disminución considerable a medida que se aleja de la costa de la bahía.
- **Batimetría:** según la carta náutica SHOA N°4321 indica que el entorno del terminal multiboyas hay 13 metros.

2. Marco Teórico

El diseño adecuado de las obras portuarias es de extrema importancia en el desarrollo de la economía mundial, ya que permiten el traslado de todos los tipos de mercancía, desde el petróleo y gas, hasta graneles sólidos. Todos los elementos que componen los muelles han de tener una posición que permita el transporte de manera segura de los materiales, es aquí donde la ingeniería de puertos busca encontrar el diseño para que no solo los buques puedan atracar de manera segura, sino que también la mercancía y las vidas humanas se encuentren completamente resguardadas.

En el mundo existe una gran variedad de normas y recomendaciones, propias de cada país, para el diseño y construcción de obras marítimas y costeras. Estas están orientadas a las particularidades de cada región en donde fueron desarrolladas, por lo que se hace necesario conocer previamente los distintos tipos para realizar un análisis funcional.

2.1. Clasificación de los muelles de atraque

Dentro de las obras marítimas y costeras, interesan los terminales de atraque de uso comercial para el estudio, en específico los muelles. Estos se pueden clasificar estructuralmente en dos grandes grupos (Dirección de Obras Portuarias: Ministerio de Obras Públicas, 2012):

2.1.1. De acuerdo con su orientación

Según la orientación del muelle es posible clasificarlo en:

- **Muelle de penetración:** Es una estructura que se orienta perpendicularmente o con cierto ángulo, respecto de la línea de la costa hacia el agua.



Ilustración 2: Ejemplo muelle tipo penetración (Mundo Marítimo Ltda., 2016)

- **Muelle marginal:** Suele estar orientada de forma paralela a la costa.



Ilustración 3: Ejemplo muelle tipo marginal (NewWPThemes, 2013)

2.1.2. De acuerdo con su impacto de la dinámica costera

Dependiendo como influye la estructura en el libre movimiento del agua que la rodea, es posible clasificarlo en:

- **Muelle transparente:** Están especialmente diseñados para zonas sísmicas. Su estructura cuenta con una plataforma que está sustentada sobre pilotes o pilas, en donde el paramento que conforma la línea de atraque no es continuo, permitiendo el flujo del agua. En el caso de que ocurran cambios de corrientes en la zona, el régimen marítimo existente en el muelle no sufrirá grandes cambios.

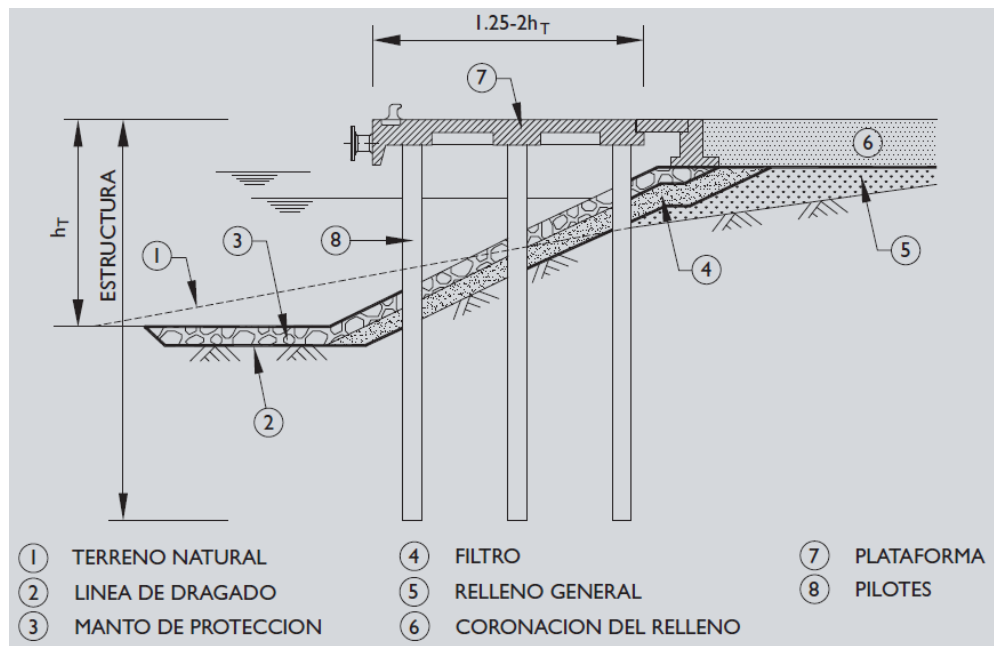


Ilustración 4: Vista lateral de muelle tipo transparente (Ministerio de fomento: Gobierno de España, 2012)

En función de la forma en que la estructura resiste las acciones y las transmite al terreno de cimentación se divide en:

- **Muelle de pilotes:** La plataforma suspendida está soportada por pilotes, miembros estructurales con un área de sección pequeña, comparada a su longitud. Suelen colocarse en grupos o filas, conteniendo cada uno de ellos los suficientes pilotes para soportar la carga de una sola columna o muro.
- **Muelle de pilas:** A diferencia de los pilotes, tienen una sección transversal mayor, siendo cada una de ellas capaz de transmitir toda la carga de una sola columna al estrato de apoyo. Además, estas se construyen en el lugar, por lo que puede generar cierta incertidumbre con respecto a su integridad, continuidad, forma y calidad del concreto.

- **Muelle opaco:** La estructura conforma un paramento continuo. Generalmente no permiten el flujo del agua, pero ocasionalmente el paramento dispone de huecos con el objeto de reducir las cargas dinámicas del oleaje sobre la estructura. En caso de internarse en el mar como un muelle de penetración, en Chile se le conoce como espigón.

Estas estructuras se pueden subdividir según como resisten las acciones y las transmiten al terreno de cimentación.

- **Muelle de gravedad:** Resistencia por gravedad su propio peso. Un ejemplo de estos es el de tipo cajón, constituido por un muro formado por cajones, que reposan sobre una banqueta, con peso suficiente para soportar tanto los empujes de los rellenos que actúan sobre su trasdós, como los de los buques.

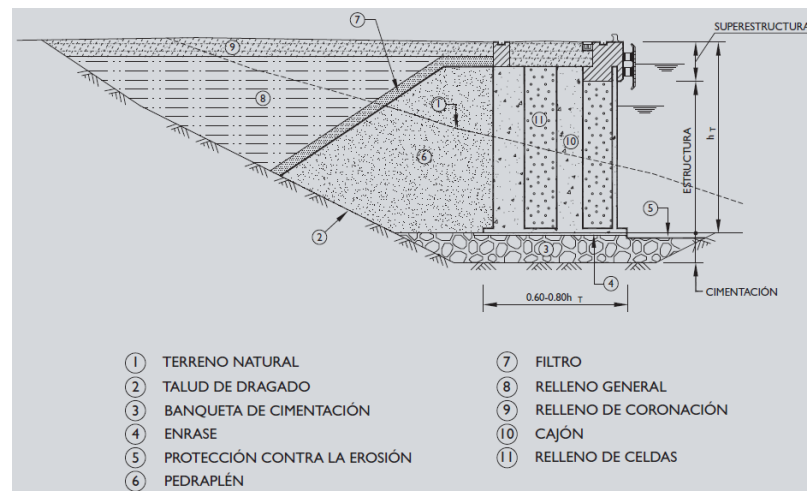


Ilustración 5: Vista lateral de muelle tipo gravedad (Ministerio de fomento: Gobierno de España, 2012)

- **Muelle pantalla:** Estructuras formadas por un muro pantalla de hormigón que transmite las cargas al terreno natural mediante su empotramiento en el mismo, y a su trasdós mediante un sistema de anclaje.

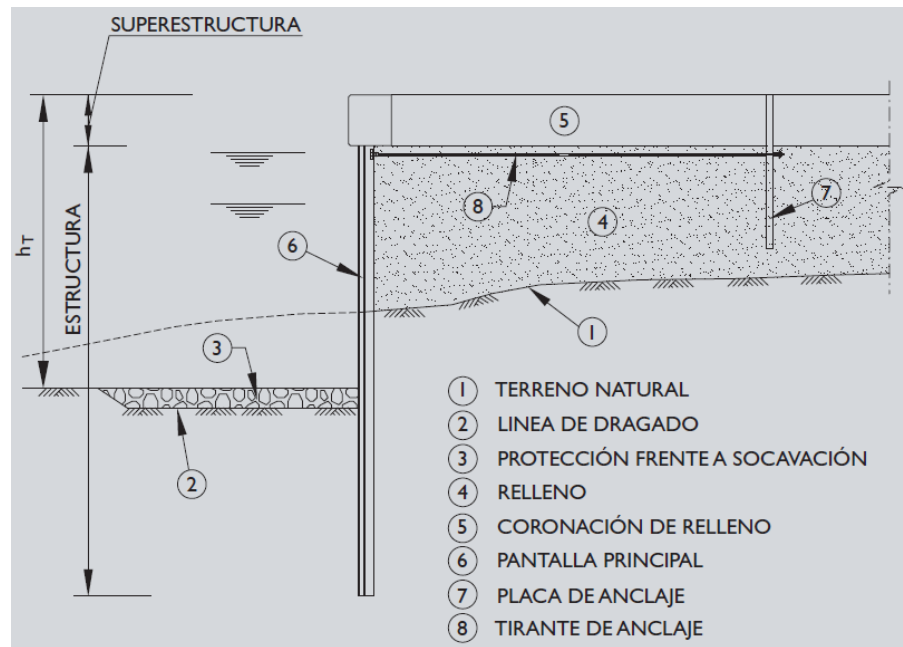


Ilustración 6: Vista lateral de muelle tipo pantalla (Ministerio de fomento: Gobierno de España, 2012)

3. Análisis funcional de muelles en Chile

A continuación, se presenta un análisis funcional de algunos de los muelles destinados a uso comercial (carga y descarga de graneles líquidos y sólidos, mercancía general y pasajeros) de distintas regiones en Chile y parte de ellos construidos por ENAP, en donde se identificarán sus principales características, en función de los requerimientos para los cuales fueron construidos.

3.1. Terminal Marítimo de Cabo Negro (ENAP)

Ubicado en Punta Arenas, este terminal cuenta con dos muelles, N°1 y N°2, el cual el segundo se pensó en una primera instancia como una extensión del primero, pero finalmente se optó por un muelle aparte para complementar sus operaciones.



Ilustración 7: Vista general de los dos muelles de Cabo Negro (La Prensa Austral, 2016)

Están clasificados según su orientación con respecto a la costa, como muelles de penetración, y de acuerdo a su impacto en la dinámica costera, como muelles transparentes, el cual sus plataformas están sustentadas en pilotes.

- **Muelle N°1:** Destinado a la transferencia de gas licuado y productos limpios mediante dos ductos para carga y descarga. Las instalaciones comienzan desde tierra y cuenta con una pasarela de hormigón, lo que permite el tránsito de maquinaria pesada como camiones de carga. Cuenta con un frente de atraque, y para el apoyo del amarre y permanencia de las naves, el muelle posee 6 duques de alba y 4 postes de amarre.



Ilustración 8: Vista general muelle N°1 (La Prensa Austral, 2016)

- **Muelle N°2:** Destinado a la transferencia de metanol mediante un ducto de carga y descarga. Las instalaciones comienzan desde tierra, el cual está destinado solo al tránsito de peatones y al soporte de oleoductos. Cuenta con un frente de atraque, y

para el apoyo del amarre y permanencia de las naves, posee 6 duques de alba y 6 postes de amarre con pasarelas de interconexión.

Sobre el puente de acceso, se ubica un módulo de control de los sistemas portuarios y equipos del sistema contra incendios, y en el cabezal, se ubican equipos como brazos cargadores y grúas, entre otros.



Ilustración 9: Vista general muelle N°2 (Map data OSM, 2012)

Ambos muelles están destinados para el atraque de dos tipos de barcos, a excepción del muelle n°2 en el que pueden atracar naves auxiliares tales como remolcadores o abastecedoras de buques:

- Tipo A:
 - Eslora máxima: 241 metros.
 - Manga máxima: 42 metros.
 - Calado máximo: 14,297 metros.
 - Desplazamiento: 100.063 toneladas.
- Tipo B:
 - Eslora máxima: 160 metros.
 - Manga máxima: 23 metros.
 - Calado máximo: 9,60 metros.
 - Desplazamiento: 18.000 toneladas.

Tomando en cuenta el clima, destacan los vientos, llegando a sobrepasar los 50 nudos, que, en escala de Beaufort, es considerado temporal duro, provocando olas muy gruesas. Además, si las estructuras no son aptas, sufrirán daños, al igual que los objetos que estén en la intemperie. En cuanto al fondo marino, está compuesto de sargazo (Armada de Chile, 2014).

3.2. Puerto de San Antonio

Ubicado en San Antonio, en la región de Valparaíso, este muelle es del tipo marginal opaco, con un espigón de atraque en su interior. Cuenta con distintos sitios de atraque, destinados a la transferencia de contenedores, carga general, graneles sólidos y líquidos, productos químicos y pesca, lo que lo convierte en un puerto de uso multipropósito.



Ilustración 10: Vista general puerto de San Antonio (DP WORLD CHILE, 2020)

Cuenta con una gran variedad de equipos, entre los cuales se encuentran grúas STS y RTG, grúas móviles, apiladores de alcance, top lifters, horquillas, port trucks, ro-ro tractor, chutes, entre otros.

Las condiciones límites para las naves tomando en cuenta todos los sitios de atraque son las siguientes:

- Eslora máxima: 367 metros.

- Manga máxima: 48,4 metros.
- Calado máximo: 14,89 metros.
- Desplazamiento: 163.000 toneladas.

Con respecto al clima, se pueden alcanzar vientos de hasta 22 nudos, considerándose brisa fuerte, provocando olas grandes con crestas rompiendo, pudiendo dificultar en algunas ocasiones la faena en el puerto. El fondo marino está compuesto de fango, arena, lodo y cascajo (Armada de Chile, 2014).

3.3. Muelle Puerto Ventanas

Se ubica en la bahía de Quintero, en la Región de Valparaíso. Es un muelle multipropósito, del tipo penetración, y transparente de pilotes, con una longitud de 950 metros y 30 metros de ancho. Está destinado a la transferencia de graneles sólidos y líquidos.



Ilustración 11: Vista general muelle Puerto Ventanas (Cámara Aduanera de Chile, 2019)

Dispone de diversas correas transportadoras, usadas para la descarga de carbón, granos, cemento y concentrado de cobre, como también, circuitos para la transferencia de químicos, ácido sulfúrico y asfalto. Adicionalmente cuenta con otros tipos de equipos pesados como una Shiploader, grúas pantográficas con capacidad de hasta 30 toneladas y torres de embarque para concentrados minerales.

Las condiciones límites para las naves tomando en cuenta todos los sitios de atraque son las siguientes:

- Eslora máxima: 245 metros.
- Manga máxima: No aplica.
- Calado máximo: 14,91 metros.
- Desplazamiento: 84.405 toneladas.

El clima de la zona cuenta con vientos predominantes de 12 nudos, pero llegando en ocasiones a los 35 nudos cuando se acerca un sistema frontal, por lo que se debe tener en consideración que habrá grandes olas rompientes. En cuanto al fondo marino, posee un suelo de arenisca (Armada de Chile, 2014).

3.4. Puerto Caldera

Ubicado en Caldera de la Región de Atacama, este muelle está destinado al embarque de frutas y minerales a través de contenedores. Su principal aspecto que lo caracteriza es su forma en “U”, por lo que puede clasificarse como un muelle de tipo marginal, ya que su estructura de atraque está orientada horizontalmente a la costa. Es del tipo transparente sustentada en pilotes.



Ilustración 12: Vista general muelle Puerto Caldera (Mundo Marítimo Ltda., 2020)

Cuenta con una pasarela de hormigón, para el atraque y además para el tránsito de distintos vehículos pesados como tracto camiones, grúas horquillas y grúas de contenedores. Su forma en “U”, se da para posibilitar el tránsito en un solo sentido, para así evitar que los vehículos más grandes como los tracto camiones deban realizar maniobras complicadas para salir del muelle.

Las características de los barcos que están posibilitados para atracar son las siguientes:

- Eslora máxima: 222,00 metros.
- Manga máxima: 32,30 metros.
- Calado máximo: 11,18 metros.
- Desplazamiento: 66.000 toneladas.

En el clima, se alcanzan vientos de hasta 25 nudos, considerado “brisa fuerte”, llegando a provocar olas grandes, con crestas rompientes y espuma. Su fondo marino cuenta con arena fina, arena gruesa, grava y conchuela (Armada de Chile, 2014).

4. Requerimientos de ENAP para el muelle a diseñar

A continuación, se mostrarán los elementos y características con los que deberá cumplir este muelle de atraque, en donde se tomarán en cuenta los aspectos de mayor solicitud tales como los buques más grandes que se deberá recepcionar en el terminal, equipos que estarán presentes sobre el cabezo y estructura en general, la cantidad de oleoductos para el transporte de los productos a lo largo del muelle y el tránsito de personal o vehículos.

4.1. Recepción de buques

El atraque de buques es la variable más crítica puesto que estos determinarán la geometría general del muelle. El barco más crítico que deberá recibir el Terminal de Quintero será uno del tipo “Suezmax”. Se trata de un buque petrolero con un volumen típico de 150.000 [m^3], un desplazamiento máximo de 170.000 Toneladas, con dimensiones de 250 [m] de eslora, 46 [m] de manga y un calado de 17 [m] (ENAP Refinerías S.A., 2019).

4.2. Sitios de atraque

Ya que este proyecto busca reemplazar los tres sistemas multiboya del Terminal Marítimo de Quintero, el diseño de este nuevo muelle deberá contar con tres sitios de atraque.

Estos deberán ser capaces de manejar los siguientes buques:

- Sitio 1: Suezmax con calado de 17 [m].

- Sitio 2: Panamax con calado de 14 [m].
- Sitio 3: Handy con calado de 9 [m].

4.3. Equipos y ductos más importantes

Cada sitio de atraque deberá contar con brazos de carga para buques, con la finalidad de que pueda seguir el movimiento del barco debido a la dinámica de cambio de calado, cambio de marea, viento y otros factores. La cantidad de cada uno de estos será según el número de líneas de transporte de producto que deberán llegar a cada lugar de atraque. A continuación, se muestra la distribución requerida de líneas de transporte para cada producto:

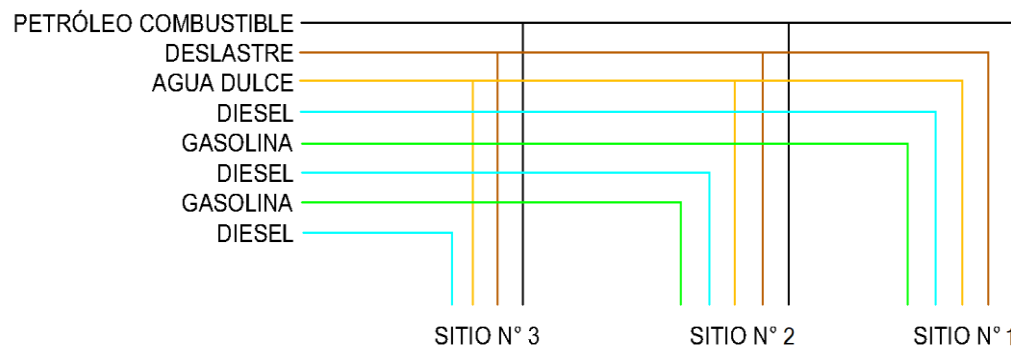


Ilustración 13: Distribución de líneas de transporte de productos (Elaboración Propia)

Las dimensiones de los ductos serán las siguientes:

- Sitio1: Línea de diésel y gasolina, ambas de 24 pulgadas de diámetro.
- Sitio 2: Línea de diésel y gasolina, ambas de 24 pulgadas de diámetro.
- Sitio 3: Línea de diésel, 15 pulgadas de diámetro.
- Una línea en común para los tres sitios de petróleo, agua de deslastre y agua dulce de 10 pulgadas de diámetro.

Teniendo en cuenta que se necesitarán brazos de carga para el petróleo combustible, diésel y gasolina, se deberá contar con la siguiente cantidad de estos equipos:

- Sitio 1: 3 brazos de carga.
- Sitio 2: 3 brazos de carga.
- Sitio 3: 2 brazos de carga.

El ducto de agua dulce deberá ser usado para mitigar incendios en caso de una emergencia, por lo que no será necesario incluir una sala de emergencia contra incendios.

5. Criterios para el diseño de muelles y componentes

Generalmente, los muelles pueden disponer de diversos componentes y formas, pero algunos de ellos son fundamentales y se encuentran en la gran mayoría de las obras de atraque.

Para la muestra de criterios de diseño que se dan a continuación, se han seguido las directrices marcadas por el documento **ROM 2.0-11. Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre. Criterios generales y factores de proyecto.** El cuál es la base de los documentos con recomendaciones para los diseños de estructuras marítimas propuestas por la Dirección de Obras Portuarias. Además, ENAP ha facilitado las memorias de cálculo de los muelles en Cabo Negro (ENAP-DPTO. INGENIERÍA Y CONSTRUCCIONES, 2002), las cuales se usarán como guía y base para comenzar a dimensionar.

5.1. Geometría general del muelle

Para la sección correspondiente a la pasarela, ya sea en el puente de acceso, como en tramos intermedios, su diseño fue basado en el del muelle N°2 de Cabo Negro (ver Anexo B). El pasillo para el tránsito de personal se diseñará con barandas de cañería 1" 1/2" SCH40 y dimensiones como suele ser para minerías e industria en general.

La geometría de los 3 sitios solicitados, fueron dimensionados según los equipos que deberán estar presentes, en este caso, Brazos de Carga Marinos, siguiendo los mismos lineamientos de separación entre estos y el borde del sitio según los planos de Cabo Negro (ver Anexo B).

- La distancia entre equipos y el borde de la losa del sitio será de 5500 [mm], y la distancia entre equipos a 3500 [mm]. Por lo tanto, el largo total estará definido según la cantidad de equipos presentes. El ancho será siempre el mismo (12000 [mm]) ya que solo habrá una fila de equipos alineados.
- El Jacket estará configurado en base a la profundidad a la que se encuentre el sitio, con un adicional de 5000 [mm] por sobre el nivel del mar, y las dimensiones de la

losa. Con respecto al tipo de perfil tubular para la estructura, se optará por usar uno de las mismas dimensiones del muelle N°2 de Cabo Negro.

La longitud total del muelle, como la ubicación de los 3 sitios de atraque, están definidos según el calado de los buques a atracar y la batimetría de la bahía de Quintero. La profundidad en metros a la que se deben ubicar los sitios de atraque para buques de grandes desplazamientos (≥ 10.000 t) está dada por la Ecuación (1) (Ministerio de fomento: Gobierno de España, 2012)

$$h_p = h_b + 1[m] \quad (1)$$

En donde:

h_p = Profundidad

h_b = Calado del buque

Con respecto a la profundidad de anclaje bajo el lecho marino de los distintos elementos principales que conforman el muelle, se considerará como supuesto una profundidad de 5 metros.

5.2. Duques de alba

La memoria de cálculo del duque de alba correspondiente al Muelle Puente Pasarela del Terminal Marítimo de San Vicente (ENAP Refinerías S.A., 2008) realiza un análisis estructural en base al atraque de un buque del tipo Suezmax, el mismo tipo de buque más crítico que deberá atracar en TMQ. Por lo que se optará por copiar la geometría de este.

5.3. Postes de amarre

El diseño solo contempla la geometría general y el posicionamiento, basándonos en imágenes obtenidas por Google Earth del Terminal Marítimo de San Vicente. Con respecto a la resistencia, se deben hacer análisis de tirón de bita, los cuales están fuera de los alcances de este estudio.

5.4. Ductos de transporte de agua y productos

La cantidad de ductos y su dimensionamiento están basados según los requerimientos de ENAP. Se usan las mismas líneas para la carga y descarga de los buques.

La estructura de soporte de los ductos está basada en una existente en el muelle de Puerto Ventanas, ya que también se usa para el transporte de agua y petróleo.



Ilustración 14: Vista lateral estructura soporte de ductos en Puerto Ventanas (Puerto Ventanas S.A., 2020)

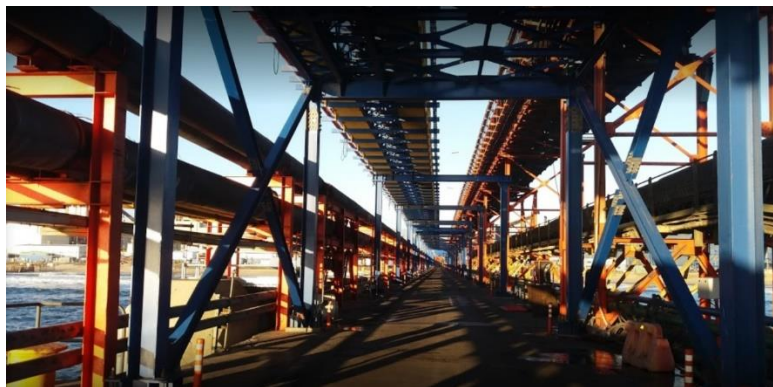


Ilustración 15: Vista interior muelle Puerto Ventanas (Puerto Ventanas S.A., 2020)

6. Planteamiento de alternativas

Según los tipos de muelles estudiados al inicio, en conjunto con el análisis funcional, se pueden diferenciar cuatro combinaciones posibles en su configuración de forma general:

- Tipo penetración transparente.

- Tipo penetración opaco.
- Tipo marginal transparente.
- Tipo marginal opaco.

A continuación, se muestra una tabla comparativa en donde se evaluarán de 1 a 7 (donde 1 representa el menos favorable y 7 el más favorable) las configuraciones anteriores en función de su impacto ambiental, factibilidad de construcción en el lugar y cumplimiento de requerimientos. Como supuesto, los tres factores tendrán la misma ponderación debido a que se consideran igual de importantes e influyentes:

Tabla 2: Evaluación de combinaciones propuestas (Elaboración Propia)

Configuración del muelle	Impacto ambiental	Factibilidad de construcción en el lugar	Cumplimiento con los requerimientos	Promedio
Penetración-Transparente	3	6	6	5
Penetración-Opaco	2	5	6	4.3
Marginal-Transparente	5	3	6	4.7
Marginal-Opaco	4	3	6	4.3

7. Selección de alternativa

En base a la tabla anterior, la mejor alternativa propuesta es la configuración del tipo Penetración-Transparente, ya que a pesar de tener un impacto ambiental alto (debido a que es más intrusivo en el mar), es la que cuenta con la mejor valoración en factibilidad de construcción en el lugar. Si se toma en cuenta la batimetría de Quintero (ver Anexo A), la profundidad del mar no es la suficiente para recibir el buque más crítico hasta varios cientos de metros adentro. Por lo que si se optara por una configuración del tipo marginal, se deberá reconfigurar el fondo marino, encareciendo enormemente el proyecto, y pudiendo afectar al funcionamiento de los muelles colindantes de otras empresas.

Además se optó por el tipo transparente, considerándose con un menor impacto ambiental que el opaco, ya que este último provoca una mayor intervención en la libre circulación de la corriente marina, como también aumenta las cargas dinámicas en la estructura.

8. Desarrollo de Diseño Muelle

A continuación, se procede con el diseño de los elementos más importantes según lo requerido.

8.1. Puente de acceso

Primero se deberá obtener la profundidad a la que deben estar ubicados los tres sitios de atraque, ya que el sitio n°1 se encontrará en el extremo del muelle, y definirá el largo total. Según la Ecuación (1) se obtienen las siguientes profundidades:

$$\text{Sitio } n^{\circ}1: \quad h_p = 17[m] + 1[m] = 18[m]$$

$$\text{Sitio } n^{\circ}2: \quad h_p = 14[m] + 1[m] = 15[m]$$

$$\text{Sitio } n^{\circ}3: \quad h_p = 9[m] + 1[m] = 10[m]$$

En base al plano de batimetría de la Bahía de Quintero, se trazó una línea desde la costa (lugar de inicio del futuro puente de acceso) hasta una profundidad de 18 metros. Ya que el sitio n°1 estará ubicado en el extremo, y debe tener la capacidad de atracar un buque Suezmax, con un calado de 17 metros. Como también se conoce la profundidad de los sitios N°2 y N°3, estos también fueron ubicados en el plano.

A continuación, se muestra el trazado realizado en plano mediante una línea amarilla, ubicada bajo el muelle RPC, extendiéndose de forma perpendicular a la costa y pasando sobre las líneas existentes de las multiboyas.

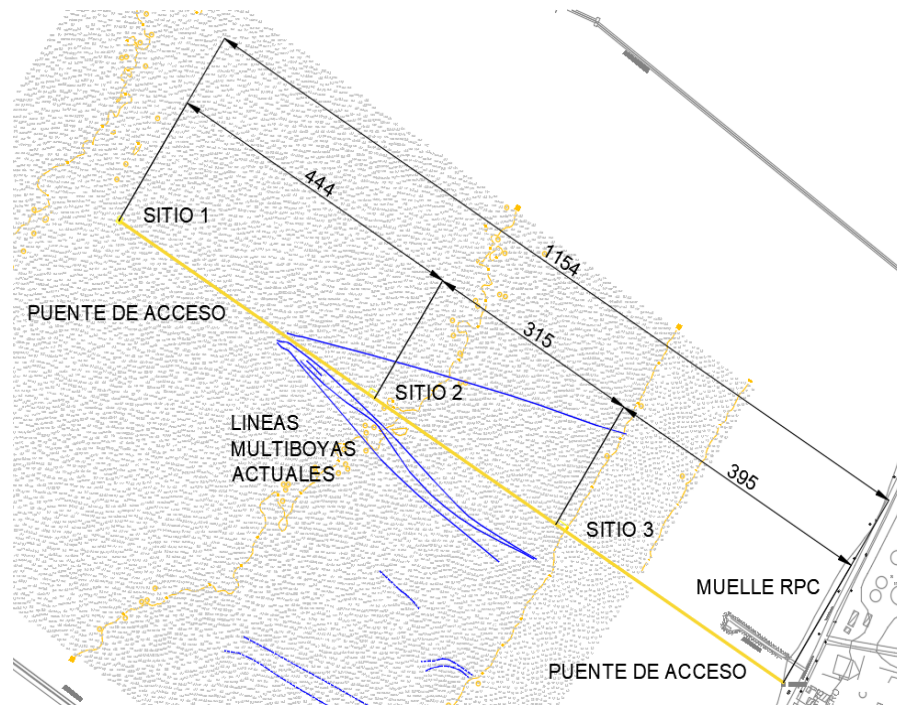


Ilustración 16: Trazado de línea amarilla (Puente de acceso) sobre plano de batimetría (Elaboración Propia)

Este trazado resulta en una longitud total de 1154 metros aproximadamente, además de las distancias a las que estarán los 3 sitios de atraque según las cotas que se ven en la imagen anterior.

- Distancia a la costa sitio N°1 = 1154 [m]
- Distancia a la costa sitio N°2 = 315 [m] + 395 [m] = 710 [m]
- Distancia a la costa sitio N°3 = 395 [m]

La geometría de detalle del puente de acceso está dada por las dimensiones del mismo en el muelle N°2 de Cabo Negro (ver Anexo B):

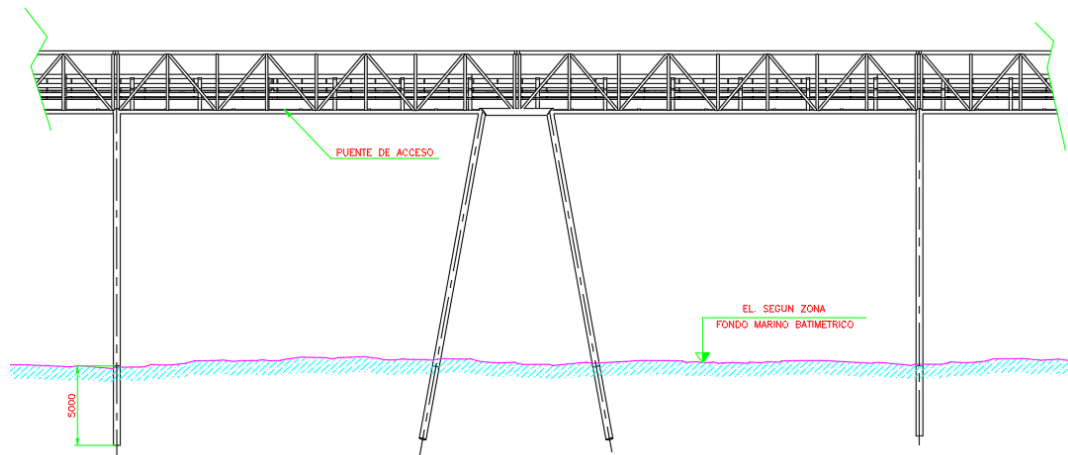


Ilustración 17: Vista lateral resultante de sección del puente de acceso (Elaboración Propia)

8.2. Geometría de los sitios de atraque

El dimensionamiento de la losa está en función de la cantidad de equipos presentes, en este caso los brazos de carga. Tomando en cuenta los criterios de diseño, se obtuvieron las siguientes dimensiones:

- **Sitio N°1:** Ubicado en el extremo del puente de acceso, este lugar deberá contar con 3 brazos de carga. En base a esto resultan las siguientes dimensiones:
 - $\text{Largo} = 3500[\text{mm}] * 2 + 5500[\text{mm}] * 2 = 18000[\text{mm}]$
 - $\text{Ancho} = 12000[\text{mm}]$

También deberá contar con un saliente rectangular para la recepción del puente de acceso. Este tendrá una distancia de 3700 [mm], lo suficiente para el ancho de un pasillo con barandas y sin interferir con los ductos que vendrán de la pasarela y se conectarán a los brazos de carga por debajo de la losa.

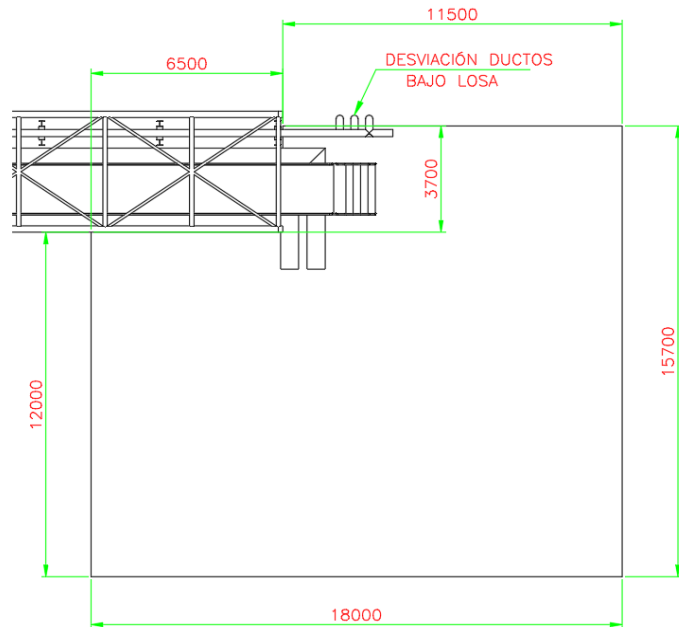


Ilustración 18: Vista en planta sitio n°1 (Elaboración Propia)

- **Sitio N°2:** Siguiendo la misma lógica del sitio 1, cuenta con la misma cantidad de brazos de carga, por ende, sus dimensiones serán iguales. En cuanto al saliente, deberá ser uno central, ya que la pasarela estará por ambos lados.

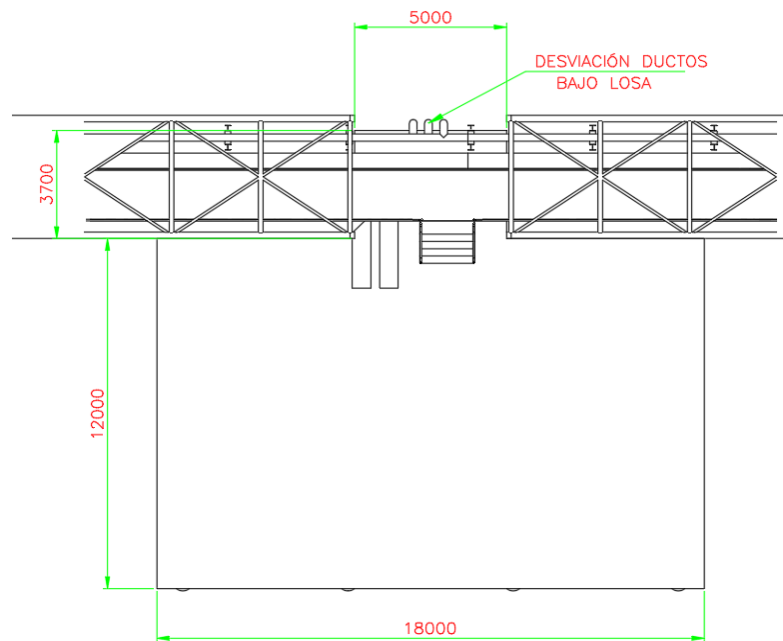


Ilustración 19: Vista en planta sitio n°2 (Elaboración Propia)

- **Sitio N°3:** Contará con solo dos brazos de carga, por lo tanto, sus dimensiones serán las siguientes:

- $\text{Largo} = 3500[\text{mm}] + 5500[\text{mm}] * 2 = 14500[\text{mm}]$
- $\text{Ancho} = 12000[\text{mm}]$

Ya que tendrá acceso a pasarela por ambos lados, también tendrá un saliente de las mismas dimensiones que los anteriores, pero este deberá estar desplazado hacia la derecha, debido a la configuración del jacket del sitio, el cual será explicado en el siguiente punto.

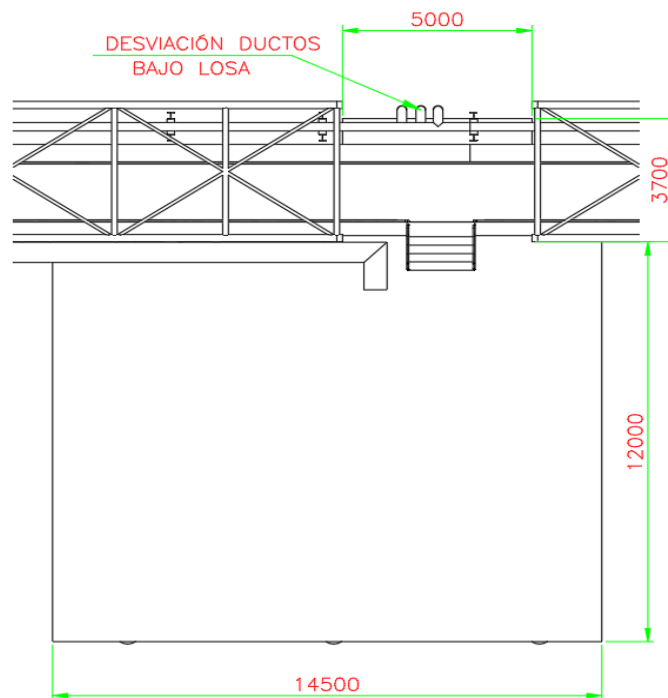


Ilustración 20: Vista en planta sitio n°3 (Elaboración Propia)

8.3. Jackets

La geometría de los jackets de cada sitio de atraque como los que sostienen el puente de acceso tendrá la misma configuración que los del muelle N°2 de Cabo Negro, a excepción de algunos detalles que se mostraran a continuación:

- **Jacket sitio N°1:** Ubicado a una profundidad de 18 metros, y la altura sobre el nivel del mar de la superficie de la losa suele quedar por sobre los 5 metros. En base a lo anterior, y las dimensiones generales del sitio, se llega a la siguiente configuración:

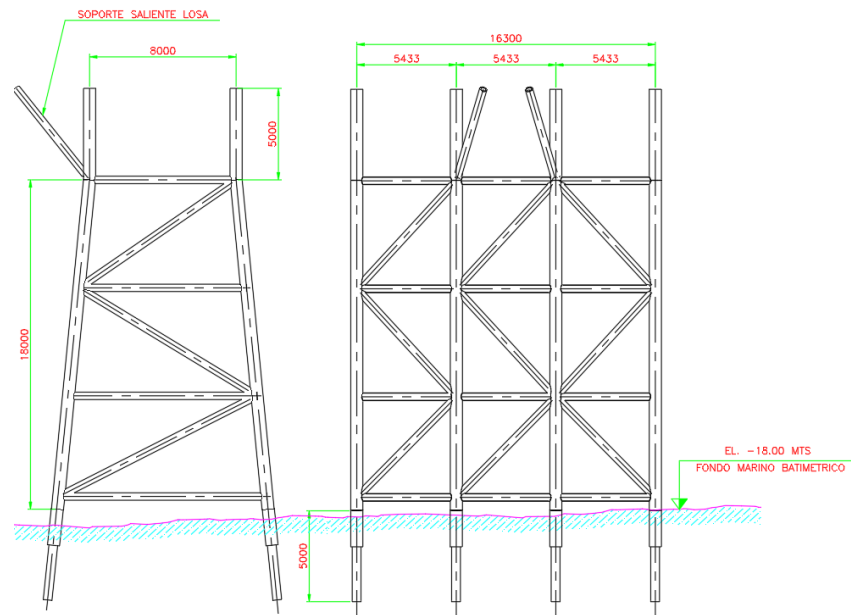


Ilustración 21: Vista lateral y frontal jacket sitio n°1 (Elaboración Propia)

La cantidad de tramos verticales viene dada como supuesto, de dejar un espacio entre tramos por cada brazo de carga presente en el sitio. En este caso cuenta con tres espacios, ya que este lugar tendrá tres de estos equipos.

- **Jacket sitio N°2:** Mismas dimensiones generales a excepción de la altura, ya que el sitio se encuentra a una profundidad de 15 metros.

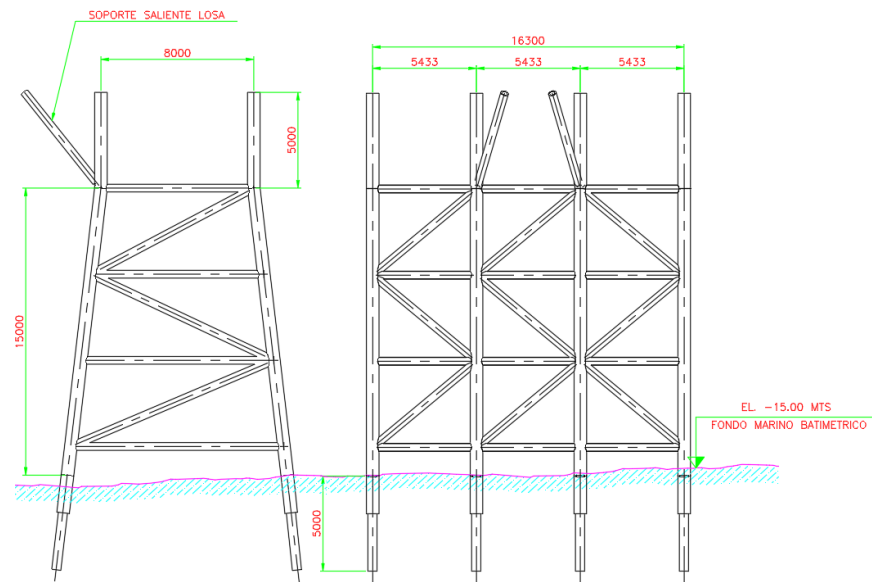


Ilustración 22: Vista lateral y frontal jacket sitio n°2 (Elaboración Propia)

- **Jacket sitio N°3:** Con una profundidad de 10 metros y solo dos brazos de carga sobre la losa, la configuración queda de la siguiente forma:

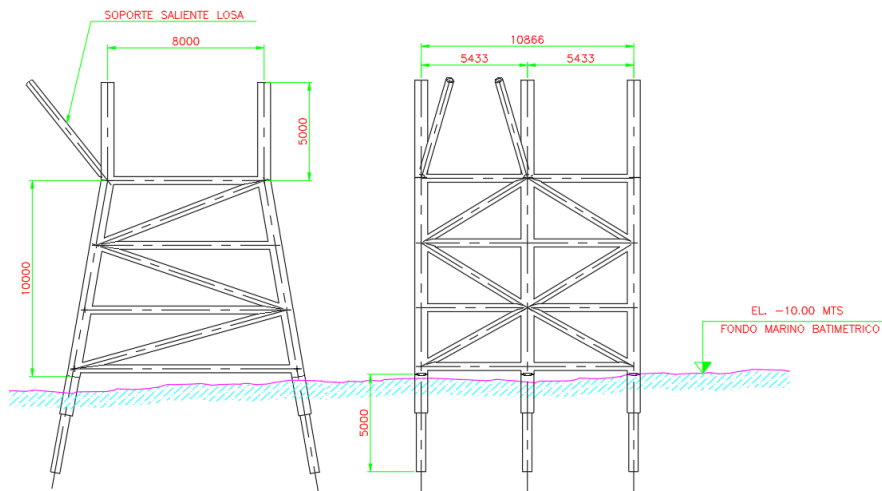


Ilustración 23: Vista lateral y frontal jacket sitio n°3 (Elaboración Propia)

En este caso, al contar con tres tramos verticales, el soporte de la losa saliente se ubicó al lado izquierdo de manera que no pierda rigidez en las uniones inferiores.

8.4. Duque de alba

Como se mencionó en los criterios de diseño para este equipo, la geometría fue sacada del informe “Memoria de cálculo Duques de Alba” para el proyecto muelle puente pasarela del terminal marítimo de San Vicente, la cual irá variando dependiendo de la profundidad en el que se encuentre posicionado.

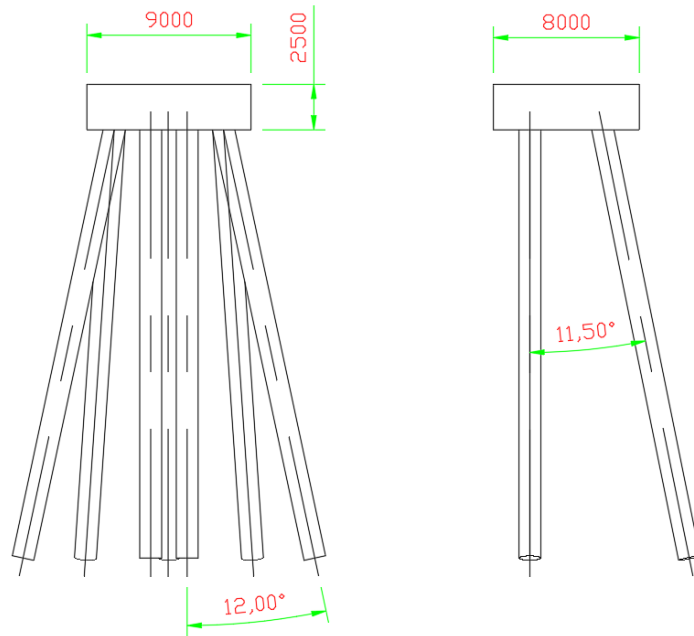


Ilustración 24: Vista frontal y lateral duque de alba (Elaboración Propia)

8.5. Poste de amarre

Usando como referencia una vista en planta del muelle de San Vicente en Talcahuano, se han obtenido las dimensiones principales de los postes de amarre, como también la distancia entre estos, y al sitio de atraque. De forma adicional, se ha medido la distancia de separación de los duques de alba como complemento para el posicionamiento final.



Ilustración 25: Vista superior de postes de amarre en muelle San Vicente con dimensiones (Elaboración Propia)

En base a lo anterior, la geometría del poste de amarre, en la zona superior, será de 6 metros de largo por 5 metros de ancho. Lo que será el resto de la estructura, se definirá en función de la profundidad a la que se encuentre, quedando de las mismas dimensiones que los duques de alba.

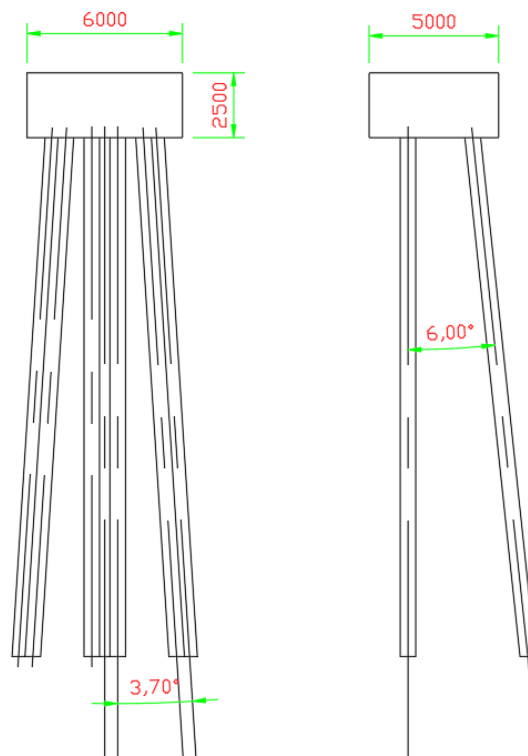


Ilustración 26: Vista frontal y lateral1 poste de amarre (Elaboración Propia)

8.6. Ductos

Estos fueron configurados según los requerimientos, en cuanto a la cantidad y diámetro. La posición fue diseñada de tal forma que se pueda sostener en el puente de acceso y no interfiera con el tránsito.

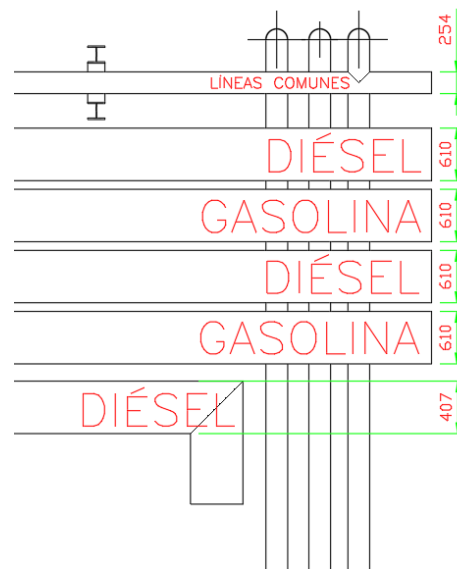


Ilustración 27: Vista en planta de ductos, zona de conexión a sitios de atraque (Elaboración Propia)

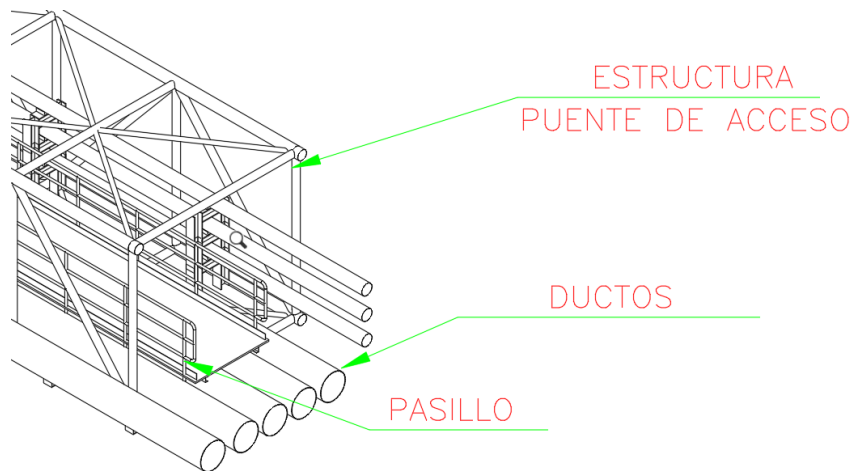


Ilustración 28: Vista isométrica ductos (Elaboración Propia)

8.7. Planos de detalle

Los planos hechos para esta etapa del proyecto están realizados en base a la barimetría antes mencionada, se presenta una vista general de todo el muelle tipo pasarela y los tres sitios de atraque con los cabezos laterales. Para detallar estos sitios se presenta un plano extra por cada sitio de atraque con una vista isométrica de cada uno (ver Anexo C).

9. Estimación de costos

Para el estudio de costos lo primero es estimar dentro del modelo conceptual el principal costo de inversión. Los costos más importantes para esta etapa del proyecto son los costos de materiales y montaje de estos, teniendo en cuenta que es en la región de Valparaíso y en el mar, se considera el costo por kilo del acero A36 y el costo por metro cúbico de hormigón armado H40.

A través de la herramienta “Generador de Precios” (CYPE Ingenieros S.A., 2020), es posible obtener aproximaciones de precios de distintos materiales con sus especificaciones según el tipo de obra al que van dirigidos, lugar geográfico, accesos, con previsiones de costes ajustadas al máximo a la realidad.

Los parámetros asignados previamente en la herramienta para la estimación de costos son los siguientes:

Tabla 3: Parámetros elegidos en herramienta (Elaboración propia)

Parámetros	
País	Chile
Región	Valparaíso
Tipo de obra	Nueva
Lugar	Costa
Accesos	Difícil
Mercado	Creciente moderado

En base a lo anterior, se procede a buscar el coste por kilo del acero A36 con el parámetro de búsqueda “Acero en estructura para plataformas de trabajo”, el cual arroja el valor aproximado de \$3,600 pesos chilenos (ver tabla 8 de anexo D).

En complemento al valor anterior, se busca un revestimiento especial para acero que lo proteja contra la corrosión, debido a que estará expuesto constantemente a un ambiente marino. Se realiza la búsqueda del costo de revestimientos con el parámetro “Imprimación anticorrosiva, para la protección de elementos de acero frente a la corrosión”, en el que se obtiene un valor de \$6,500 pesos chilenos por metro cuadrado (ver tabla 9 de anexo D).

Para obtener el costo total por kilo de acero, considerando el revestimiento, se estiman los metros cuadrados de superficie con revestimiento que necesita un kilogramo de un perfil típico de la estructura del muelle, el cual es de $0,01 [m^2]$, por lo tanto, el costo de recubrimiento por kilogramo de acero será de aproximadamente \$65 pesos chilenos, dejando el costo total por kilogramo de acero en \$3,665 pesos chilenos.

También se considera el cálculo del precio del hormigón armado tipo H40 utilizado tanto en las losas de los tres sitios de atraque como las estructuras de hormigón de los duques de alba, en base a la memoria de cálculo facilitada por ENAP (ENAP Refinerías S.A., 2008) donde los duques de alba principalmente están hechos de este tipo de material. Usando la misma herramienta, se busca el hormigón armado como “Pilar rectangular o cuadrado de hormigón armado” con calidad H40, resultando en un total de \$208,000 pesos chilenos por metro cúbico (ver tabla 10 de anexo D).

Para estimar el valor estructural del proyecto se consideran los materiales anteriores y estos son presentados mediante la siguiente cubicación obtenida de la modelación en 3D del software SolidWorks (ver Anexo D):

Tabla 4: Detalle peso de materiales (Elaboración Propia)

Peso Acero A36 (Kg)	Peso Hormigón armado H40 (Kg)	Total (Kg)
20,800,000	7,600,000	28,400,000

A continuación se presenta el costo total por material:

Tabla 5: Costo total aproximado Acero (Elaboración Propia)

Costo Acero		
Peso (Kg)	Precio (\$/Kg)	Costo (\$CLP)
20,800,000	3,665	76,232,000,000

Tabla 6: Costo total aproximado hormigón (Elaboración Propia)

Costo Hormigón			
Peso (Kg)	Metros cúbicos (m^3)	Precio (\$/ m^3)	Costo (\$CLP)
7,600,000	3,170	208,000	659,360,000

Finalmente, se obtiene la inversión estimada asociada a la construcción de la infraestructura propuesta:

Tabla 7: Costo total aproximado de inversión de infraestructura (Elaboración Propia)

Costo Total de Materiales de Construcción			
Costo Acero (\$CLP)	Costo Hormigón (\$CLP)	Costo Total (\$CLP)	Costo Total (\$USD)
76,232,000,000	659,360,000	76,891,360,000	100,000,000

10. Conclusiones

Como consecuencia de lo expuesto en el presente trabajo de título, se tiene un modelo estructural conceptual con bases sólidas en cuanto a información y modelación estructural, considerando que el terminal N°2 de Cabo Negro es tomado como base y tiene más de 20 años de funcionamiento sin presentar fallas estando en un ambiente más exigente que la bahía de Quintero.

La evaluación y propuesta para los duques de alba, fueron en base a una memoria de cálculo existente como se mencionó anteriormente, y cumplen bajo las cargas aplicadas. Pero fueron evaluadas bajo las condiciones del tipo embarcación con mayor volumen (Suezmax), por lo que presentan un factor de seguridad mayor en los sitios N° 2 y 3. Con esta consideración se recomienda analizar los duques de alba y postes de amarre para estos sitios generando estructuras más livianas y económicas para su embarcación crítica.

También cabe destacar que el largo del terminal (considerando puente de acceso y largo de cabezos laterales) es preliminar al igual que su ubicación, ya que se ubica aproximadamente en la misma línea actual del terminal multiboya y alineado a una calle principal del Terminal de Quintero.

Finalmente, se debe tener en cuenta que este proyecto se encuentra en una etapa temprana de estudio de perfil, por lo que el costo de inversión de infraestructura obtenida es solo una idea de lo que puede llegar a ser el resultado final de este, ya que la estimación está bajo la

incertidumbre del mercado y a su vez las aproximaciones propias realizadas al indicar los costos de los materiales de construcción.

Para poder asegurar una estimación más cercana a la realidad, se puede usar la recomendación internacional N° 18R-97 de la AACE (Asociación Americana de Ingeniería de Costos) llamada Sistema de clasificación de estimación de costos, en donde se define una clase de estimación según una matriz que cruza información del proyecto. Con ella se determina un rango de valores porcentuales que incrementan o disminuyen la inversión inicial tomando como información principal el nivel de definición del proyecto.

11. Referencias

- Armada de Chile. (14 de Agosto de 2014). *DIRECTEMAR*. Obtenido de https://www.directemar.cl/directemar/site/tax/port/all/taxport_34___1.html
- Cámara Aduanera de Chile. (20 de Mayo de 2019). *CÁMARA ADUANERA*. Obtenido de <http://cadch.cl/cuestionan-funcionamiento-de-puerto-ventanas-mientras-no-logre-renovar-la-concesion-maritima/>
- CYPE Ingenieros S.A. (2020). *Generador de precios. Chile*. Obtenido de <http://www.chile.generadordeprecios.info>
- Dirección de Obras Portuarias: Ministerio de Obras Públicas. (2012). *Guía de diseño, construcción, operación y conservación de obras marítimas y costeras*. Obtenido de <https://www.mop.cl/CentrodeDocumentacion/Paginas/default.aspx>
- DP WORLD CHILE. (2020). *DP WORLD San Antonio*. Obtenido de <https://www.dpworldsanantonio.cl/empresa/infraestructura-y-equipamiento/>
- ENAP CHILE. (2004). *Enap*. Obtenido de <https://www.enap.cl>
- ENAP Refinerías S.A. (2008). *Ingeniería básica proyecto muelle puente pasarela Terminal Marítimo San Vicente*. Santiago: ENAP Refinerías.
- ENAP Refinerías S.A. (2017). *Estudio Mejoramiento Infraestructura Terminal Marítimo Quintero*. Quintero: ENAP.
- ENAP Refinerías S.A. (2019). *Presentación Terminal Marítimo Quintero*. Quintero: ENAP.
- ENAP-DPTO. INGENIERÍA Y CONSTRUCCIONES. (2002). *PROYECTO CONSTRUCCIÓN MUELLE N°2 TERMINAL CABO NEGRO*. SANTIAGO: DPTO. INGENIERÍA - ICCA.
- La Prensa Austral. (21 de Mayo de 2016). *La Prensa Austral*. Obtenido de <https://archivo.laprensaaustral.cl/cronica/73-millones-de-litros-de-combustibles-para-embarcaciones-vendio-enap-en-2015/>
- Map data OSM. (2012). *Mapio*. Obtenido de <https://mapio.net/pic/p-4308873/>
- Ministerio de fomento: Gobierno de España. (2012). *ROM: Recomendaciones para obras marítimas*. V.A. Impresores S.A.
- Mundo Marítimo Ltda. (17 de Junio de 2016). *Mundo Marítimo*. Obtenido de <https://mundomaritimo.cl/noticias/finaliza-huelga-de-trabajadores-eventuales-de-muelles-de-penco>
- Mundo Marítimo Ltda. (10 de Noviembe de 2020). *Mundo Marítimo*. Obtenido de <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/puerto-caldera-chile-superintendencia-del-medio-ambiente-fiscaliza-proyecto-de-desembarque-de-concentrado-de-cobre>

NewWPThemes. (2013). *Herramienta de solución comex*. Obtenido de <http://herramientadesolucioncomex.blogspot.com/2013/07/galeria.html>

Puerto Ventanas S.A. (2020). *Puerto Ventanas*. Obtenido de <https://puertoventanas.cl>

Anexo A

“Plano CAD n° 2015-03-02 Rev.C”

BATIMETRIA ANTIGUA
BAHIA QUINTERO

LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE PRECISION
EN TERMINAL MARITIMO DEL QUINTERO DE
BIAN FREYREJA ACCIONAJUA
TERMINAL DE CRUDO

BAHIA QUINTERO
COMUNIDAD DE MAPARASO
V REGION DE VALPARAISO

Nº PROYECTO	P-2015/03
PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL PUERTO DE BIENESTAR
FECHA	MARZO DE 2016
ESCALA	1:1.000

0 10 20 40 60 80 100m

INFORMACION TECNICA			
PROYECTO	ESTR	UNIDAD	CONCEPCIÓN
COORDINADOR	ING. JUAN CARLOS VILLALBA	PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS VILLALBA
COORDINADOR	ING. JUAN CARLOS VILLALBA	PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS VILLALBA
COORDINADOR	ING. JUAN CARLOS VILLALBA	PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS VILLALBA

COMANDO EN JEFE FUERZA ARMADA CHILE
COMANDO EN JEFE FUERZA ARMADA CHILE



SIMBOLOGIA	
VERDE	VERDE
VERDE	VERDE
VERDE	VERDE
VERDE	VERDE
VERDE	VERDE

- NOTAS DEL PLANO
1. EL MAPA SE ENCONTRA DISEÑADO A LA ESCALA DE 1:1.000, LO QUE PERMITE UNA REPRESENTACIÓN MÁS DETALLADA DEL TERRENO.
 2. LA INFORMACIÓN BATIMETRICA SE OBTUVO MEDIANTE EL USO DE UN SONAR DE PROFUNDIDAD ECHOSONDIA.
 3. LA INFORMACIÓN BATIMETRICA SE OBTUVO MEDIANTE EL USO DE UN SONAR DE PROFUNDIDAD ECHOSONDIA.
 4. LA INFORMACIÓN BATIMETRICA SE OBTUVO MEDIANTE EL USO DE UN SONAR DE PROFUNDIDAD ECHOSONDIA.
 5. LA INFORMACIÓN BATIMETRICA SE OBTUVO MEDIANTE EL USO DE UN SONAR DE PROFUNDIDAD ECHOSONDIA.
 6. LA INFORMACIÓN BATIMETRICA SE OBTUVO MEDIANTE EL USO DE UN SONAR DE PROFUNDIDAD ECHOSONDIA.

INGENIERO EN CARRETERAS
INGENIERO EN CARRETERAS
INGENIERO EN CARRETERAS

INGENIERO EN CARRETERAS
INGENIERO EN CARRETERAS
INGENIERO EN CARRETERAS

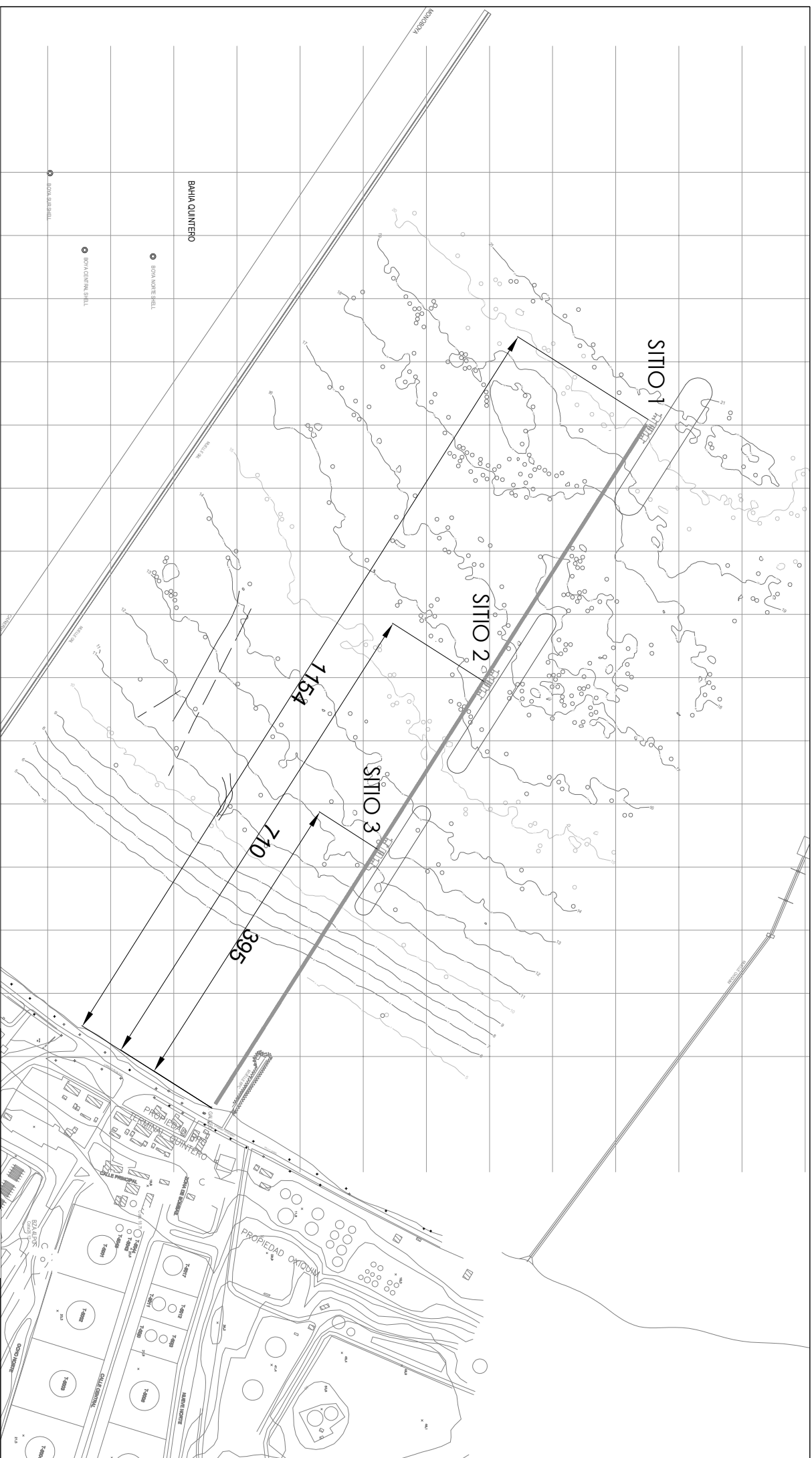
INGENIERO EN CARRETERAS
INGENIERO EN CARRETERAS
INGENIERO EN CARRETERAS

Anexo B

“Plano 301-J-6093 Muelle N°2 Cabo Negro CABEZO”

Anexo C

“Planos de detalle obtenidos”



UBICACIÓN MUELLE TIPO PASARELA SEGÚN BATIMETRÍA

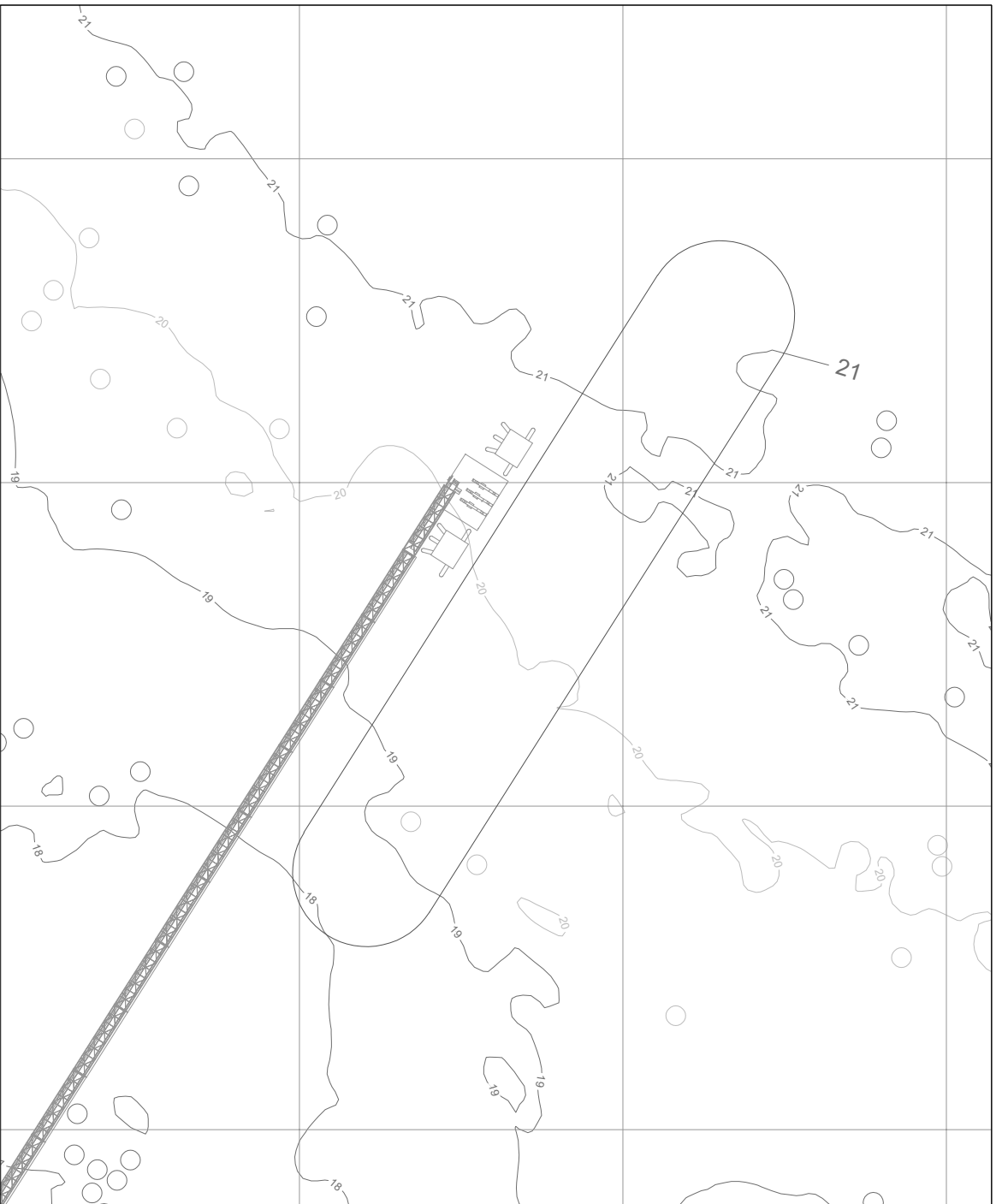


NOTAS:

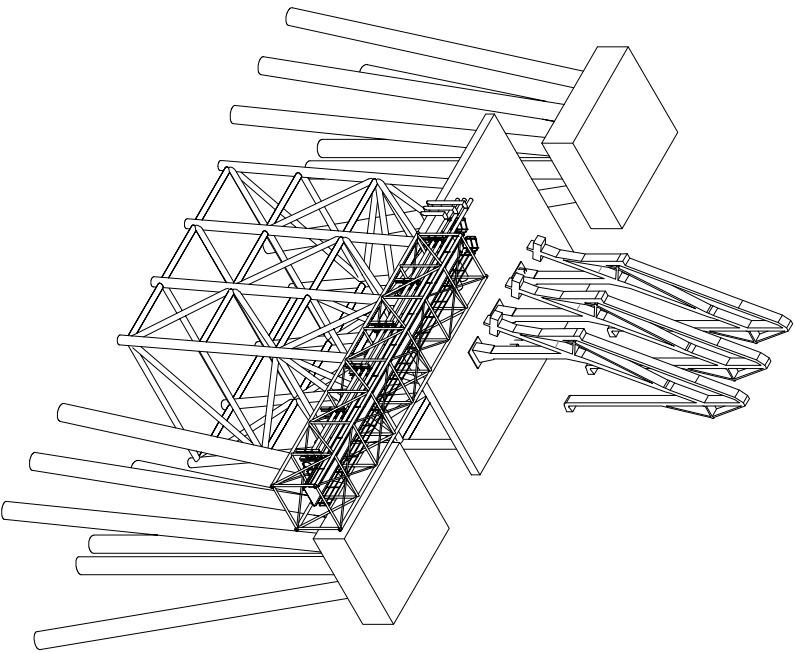
- 1.- Dimensionado en metros.
- 2.- Referencia: Batimetría solicitada por ENAP Refinería Aconcagua para el Terminal Marítimo de Quintero.

FECHA	19/11/2020	PLANO	MEM-PL-001
Autores	Gabriel González Díaz		
	Felipe Villanueva Ariagada		
Tutor	José Barriga Cabezón		

MEMORIA EMPRESA NACIONAL DEL PETRÓLEO
 REEMPLAZO SISTEMA MULTIBOYA POR
 MUELLE TIPO PASARELA EN TERMINAL QUINTERO
 VISTA PLANTA GENERAL



UBICACIÓN SITIO N°1 SEGÚN BATIMETRÍA



VISTA ISOMÉTRICA SITIO N°1

NOTAS:

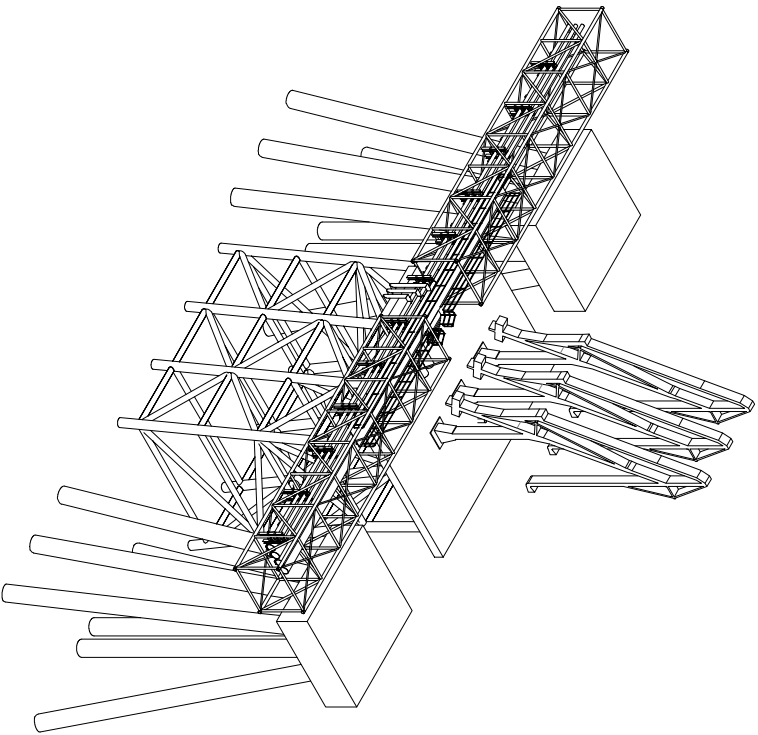
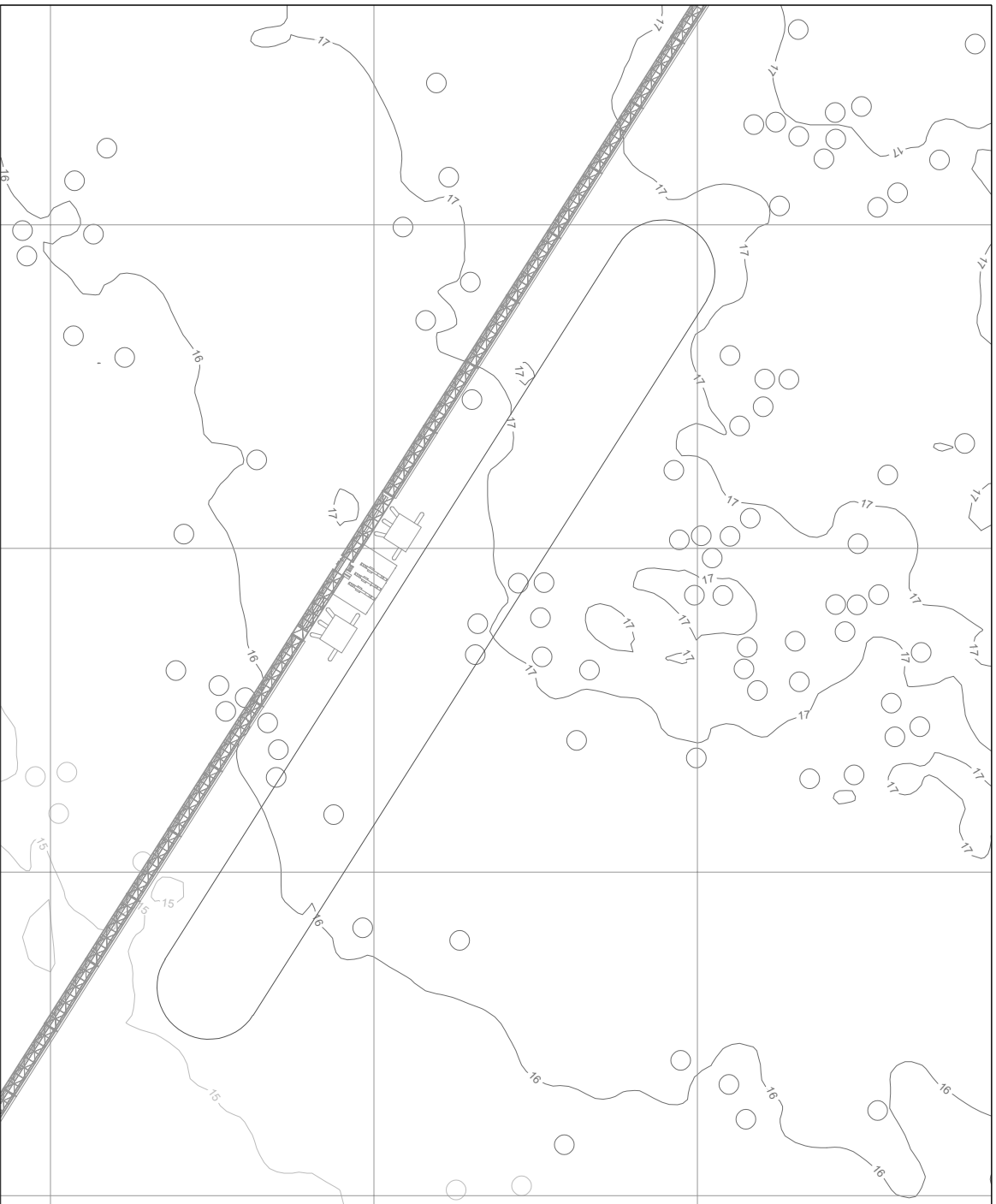
- 1.- Dimensionado en metros.
- 2.- Referencia: Batimetría solicitada por ENAP Refinería Aconcagua para el Terminal Marítimo de Quintero.

FECHA	19/11/2020	PLANO	MEM-PL-002
Autores	Gabriel González Díaz		
	Felipe Villanueva Arriagada		
Tutor	José Barriga Cabezón		



MEMORIA EMPRESA NACIONAL DEL PETRÓLEO
REEMPLAZO SISTEMA MULTIBOYA POR
MUELLE TIPO PASARELA EN TERMINAL QUINTERO
SITIO N°1





VISTA ISOMÉTRICA SITIO N°2

UBICACIÓN SITIO N°2 SEGÚN BATIMETRÍA

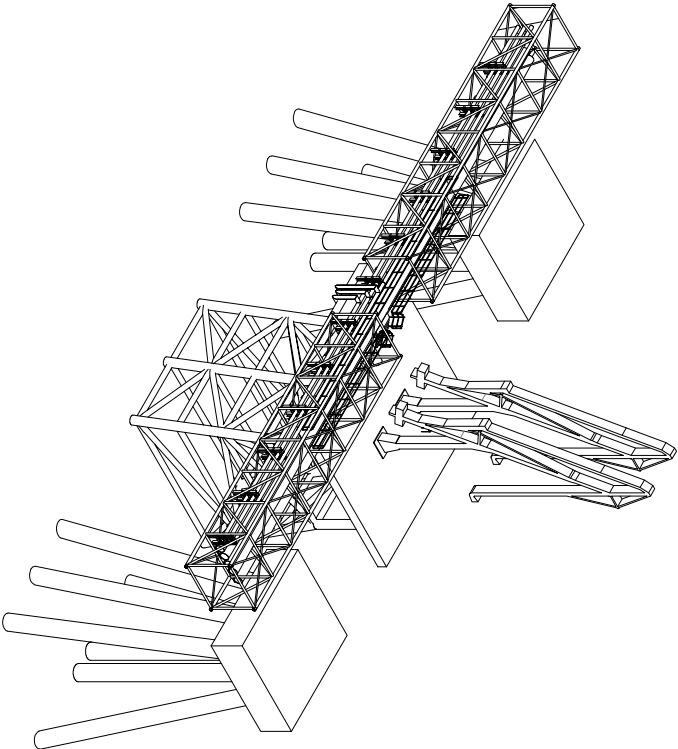
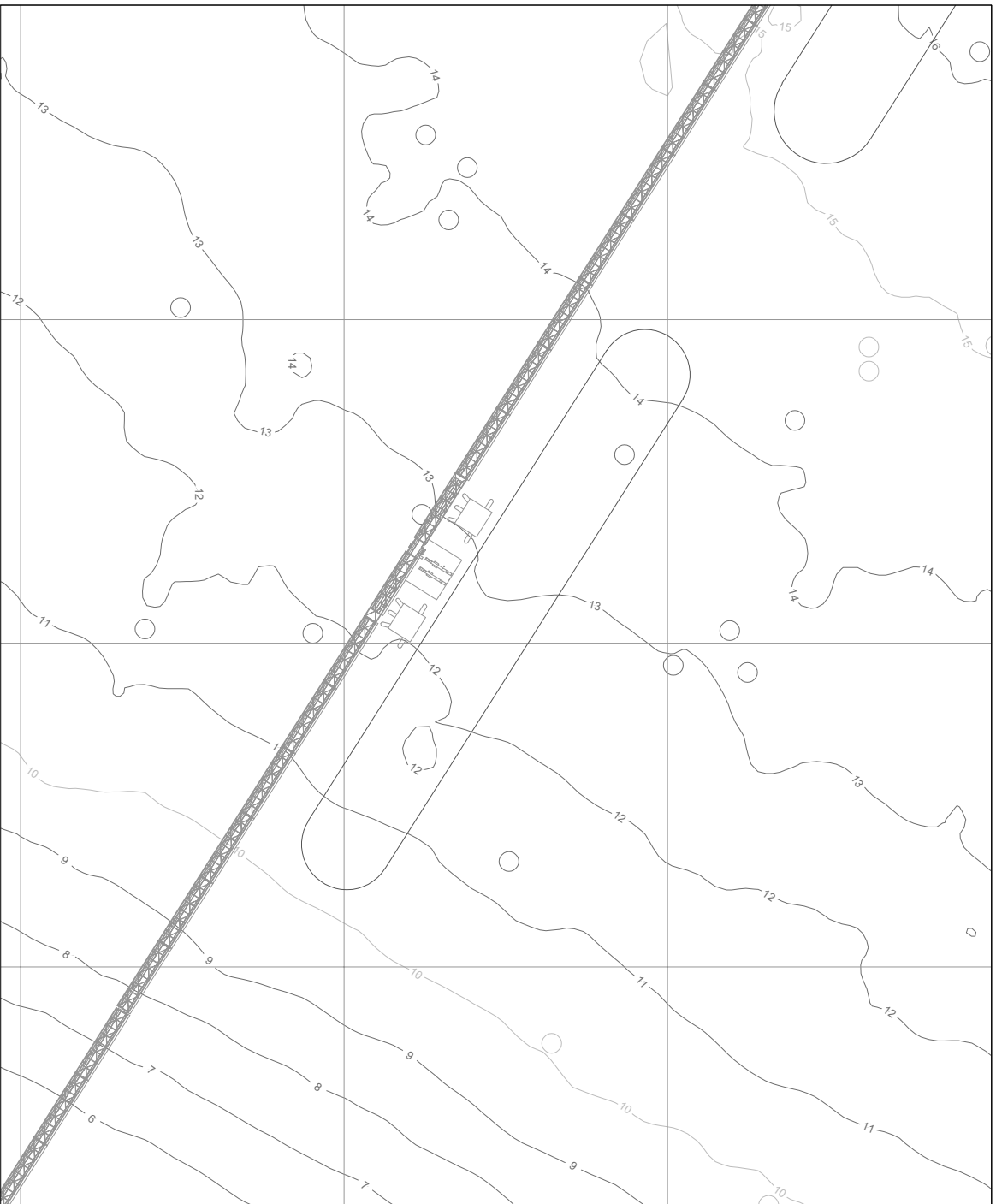
NOTAS:

- 1.- Dimensionado en metros.
- 2.- Referencia: Batimetría solicitada por ENAP Refinería Aconcagua para el Terminal Marítimo de Quintero.

FECHA	19/11/2020	PLANO	MEM-PL-003
Autores	Gabriel González Díaz		
	Felipe Villanueva Arriagada		
Tutor	José Barriga Cabezón		



MEMORIA EMPRESA NACIONAL DEL PETRÓLEO
REEMPLAZO SISTEMA MULTIBOYA POR
MUELLE TIPO PASARELA EN TERMINAL QUINTERO
SITIO N°2



VISTA ISOMÉTRICA SITIO N°3

UBICACIÓN SITIO N°3 SEGÚN BATIMETRÍA

NOTAS:

- 1.- Dimensionado en metros.
- 2.- Referencia: Batimetría solicitada por ENAP Refinería Aconcagua para el Terminal Marítimo de Quintero.

FECHA	19/11/2020	PLANO	MEM-PL-004
Autores	Gabriel González Díaz		
	Felipe Villanueva Ariagada		
Tutor	José Barriga Cabezón		



MEMORIA EMPRESA NACIONAL DEL PETRÓLEO
 REEMPLAZO SISTEMA MULTIBOYA POR
 MUELLE TIPO PASARELA EN TERMINAL QUINTERO
 SITIO N°3

Anexo D

“Detalle cubicaciones y costo de materiales”

Tabla 8: Detalle costo acero A36 (Elaboración propia)

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$CLP)	Importe (\$CLP)
1		Materiales			
	kg	Acero laminado A 36, en perfiles laminados en caliente, según ASTM A 36, para aplicaciones estructurales, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,000	581,14	581,14
			Subtotal materiales:		581,14
2		Maquinaria			
	horas	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,017	1680,30	28,57
			Subtotal maquinaria:		28,57
3		Mano de obra			
	horas	Maestro 1ª montador de estructura metálica.	0,289	5793,61	1674,35
	horas	Ayudante montador de estructura metálica.	0,289	4318,49	1248,04
			Subtotal mano de obra:		2922,39
4		Herramientas			
	%	Herramientas	2,000	3532,10	70,64
			Costos directos (\$CLP) (1+2+3+4):		3602,74

Tabla 9: Detalle costo revestimiento (Elaboración propia)

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$CLP)	Importe (\$CLP)
1		Materiales			
	kg	Imprimación anticorrosiva, bicomponente, a base de resina epoxi, inhibidores de corrosión y agua.	0,500	4441,94	2220,97
			Subtotal materiales:		2220,97
2		Mano de obra			
	horas	Maestro 1ª pintor.	0,512	5563,87	2848,70
	horas	Ayudante pintor.	0,307	4149,28	1273,83
			Subtotal mano de obra:		4122,53
3		Herramientas			
	%	Herramientas	2,000	6343,50	126,87
			Costos directos (\$CLP) (1+2+3):		6470,37

Tabla 10: Detalle costo hormigón armado H40 (Elaboración propia)

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$CLP)	Importe (\$CLP)
1		Materiales			
	Ud	Separador homologado de plástico, para armaduras de pilares de varios diámetros.	12,000	41,64	499,68
	kg	Acero en barras con resaltes, A63-42H, de varios diámetros, según NCh204.Of77.	126,000	604,38	76151,88
	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,840	587,49	493,49
	m²	Panel metálico diseñado para su manipulación con grúa, para moldaje de pilares de hormigón armado de sección rectangular o cuadrada, de hasta 3 m de altura, incluso accesorios de montaje.	0,053	49136,20	2604,22
	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,025	8443,53	211,09
	Ud	Berenjeno de PVC, de varias dimensiones y 2500 mm de longitud.	1,100	186,94	205,63
	litros	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua, para moldajes metálicos, fenólicos o de madera.	0,100	1170,83	117,08
	m³	Hormigón H40 (20) 20/6, no expuesto a ciclos hielo-deshielo, exposición a sulfatos moderada, con baja permeabilidad, expuesto a ambientes salinos, docilidad blanda, preparado en central, con cemento grado alta resistencia, según NCh 170.Of85 y ACI 318-08.	1,050	81901,70	85996,79
			Subtotal materiales:		166279,86
2		Mano de obra			
	horas	Maestro 1ª carpintero de obra gruesa.	1,394	5793,61	8076,29
	horas	Ayudante carpintero de obra gruesa.	1,593	4318,49	6879,35
	horas	Maestro 1ª enfierrador.	1,125	5793,61	6517,81
	horas	Ayudante enfierrador.	1,250	4318,49	5398,11

	horas	Maestro 1ª concretero.	0,469	5793,61	2717,20
	horas	Ayudante concretero.	1,888	4318,49	8153,31
			Subtotal mano de obra:		37742,07
3		Herramientas			
	%	Herramientas	2,000	204021,93	4080,44
			Costos directos (\$CLP) (1+2+3):		208102,37

TOTAL		Acero (A 36)	Hormigón armado
Peso (Kg)		28.460.960	20833092
Densidad	kg/m3		7.627.868
Hormigón	2400		
Acero	7850		

Material	Duque de alba	Cantidad	Total
Peso (kg) zona superior duque de alba y postes de amarre.	432.000	10	4.320.000
Hormigón	Poste de amarre	Cantidad	Total
	180.000	12	2.160.000
Material	Duque de alba (Promedio)	Cantidad	Total
Peso (kg) zona inferior duque de alba y postes de amarre.	293.845	10	2.938.450
Acero	Poste de amarre (Promedio)	Cantidad	Total
	110.901	12	1.330.812
TOTAL Hormigón			6.480.000
TOTAL Acero			4.269.262

Material	Sitio 3	Sitio 2	Sitio 1
Peso (kg) losa sitios de atraque	319.544	393.960	434.364
Peso (kg) jackets sitios de atraque	642.510	720.380	850.610

Material	Estructura y pasillos	Tuberías y estructura soporte	TOTAL
Peso (kg) puente de acceso			
Acero	13.304.230	1.046.100	14.350.330

Propiedades físicas



Conjunto completo.SLDASM

Opciones...

Reemplazar las propiedades de masa...

Recalcular

☐ Incluir sólidos/componentes ocultos

☐ Crear operación de centro de masa

☐ Mostrar masa de cordón de soldadura

Informar de valores de
coordenadas relativos a:

Propiedades de masa de Conjunto completo

Configuración: Predeterminado

Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Masa = 28460959.73 kilogramos

Volumen = 3957.65 metros cúbicos

Área de superficie = 81120.15 metros cuadrados

Centro de masa: (metros)

X = -214.00

Y = -84.54

Z = -65.35

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos * metr
Medido desde el centro de masa.

$I_x = (1.00, 0.00, 0.00)$ $P_x = 1057693007.21$

$I_y = (0.00, 0.97, -0.25)$ $P_y = 2781596818114.78$

$I_z = (0.00, 0.25, 0.97)$ $P_z = 2781735972206.03$

Momentos de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de r

$L_{xx} = 1066006699.76$ $L_{xy} = 2578443244.39$ $L_{xz} = 405822048$

$L_{yx} = 2578443244.39$ $L_{yy} = 2781602912843.63$ $L_{yz} = -29535756$

$L_{zx} = 4058220488.30$ $L_{zy} = -29535756.33$ $L_{zz} = 278172156$

Momentos de inercia: (kilogramos * metros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

