

Paper 17 - Proyecto de Regasificación de GNL en Escobar – Construcción del muelle

Velo, María Florencia Pilotes Trevi S.A.C.I.M.S.

Email: ofproduccion@trevi.com.ar

ABSTRACT: Trasmitir la experiencia adquirida, como integrante de la empresa constructora contratista, en la ejecución de la terminal portuaria para importación de GNL ubicada a la altura del kilómetro 75 en la margen derecha del Río Paraná de las Palmas, en el Partido de Escobar, Provincia de Buenos Aires. La obra demandó un plazo muy exigente de 5 meses y medio (25/10/2010 al 10/04/2011) de construcción y en una zona sin posibilidades de acceso terrestre, permitiendo entrar en operación comercial a partir del mes de mayo de 2011.

1 1 INTRODUCCIÓN

El Muelle GNL Escobar, está situado en la margen derecha del Km 75 del Río Paraná de las Palmas, en el Partido de Escobar, Provincia de Buenos Aires.

La obra a cargo de YPF – ENARSA consistió en la construcción de un muelle para la importación de GNL (Gas Natural Licuado) en el partido bonaerense, que una vez regasificado es inyectado en fase gaseosa al sistema troncal de gasoductos de TGN (Transportadora de Gas del Norte) en la subestación de Cardales.

La inversión total de la obra fue de u\$s 145 millones, con una capacidad de inyección en la red de 17 millones de m3/día de gas.

Previo a la construcción del muelle se realizó el dragado de la dársena en el río de 80.000 m² cuya función es permitir el atraque de dos buques: uno Regasificador que se mantendrá amarrado durante el período de mayor demanda de gas, y un Metanero que abarloará periódicamente para la descarga del GNL, dejando libre el canal de circulación de buques.

Para el diseño del muelle se realizaron simulaciones mediante modelo numérico SHIP-MOORINGS para determinar las condiciones de amarre de los buques, la configuración de atraque y el análisis de maniobras en diferentes condiciones climáticas.

Las características de los buques de diseño son las siguientes:

- a) Buque EBRV (Unidad flotante de almacenamiento y regasificación) de 150.000 m³ (Ref. "Explorer").
- b) Segundo buque de suministro de GNL abarloado al primero de 138.000 m³ (Ref. "Madrid Spirit).



Figura 1 – Imagen esquemática de los buques abarloados.

Del análisis de la configuración de amarre de buques surgen las siguientes situaciones:

a) Sistema de amarre compuesto por 18 lineas: 6 springs (3 a proa y 3 a popa), 8



traveses (4 a proa y 4 a popa) y 4 largos (2 en cada cabeza). *Ver figura 2.*

b) Sistema de amarre compuesto por 15 lineas: 4 springs (2 a proa y 2 a popa) y 11 traveses (5 a proa y 6 a popa). Ver figura 3.

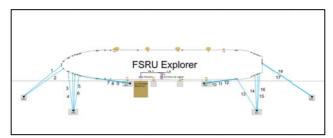


Figura 2 – Configuración de amarras para buque regasificador.

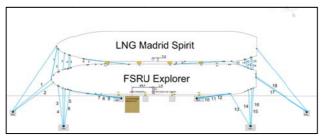


Figura 3 – Configuración de amarras de ambos buques abarloados.

2 METODOLOGIA

2.1 Descripción de la obra

El muelle está construido con 4 dolfines de atraque, 4 dolfines de amarre, una plataforma de operaciones conectada a tierra por un viaducto de acceso y una sala de bombas para la instalación contra incendio. Los dolfines de amarre y de atraque están vinculados entre sí mediante pasarelas metálicas de 2 metros de ancho.

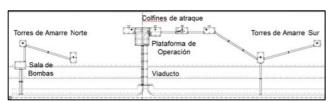


Figura 4 – Layout general del muelle.

2.1.1 Dolfines de atraque

La configuración de atraque consiste en cuatro dolfines equipados con defensas de apoyo y ganchos de escape rápido (QRH) para los springs.

Los aspectos a tener en cuenta en el diseño de los dolfines de atraque fueron:

- a) En todos los casos los buques atracan proa río arriba, es decir babor al atraque para ambos buques.
- b) El frente de atraque se ha considerado paralelo al eje del río.
- c) Se ha tenido en cuenta requerimientos constructivos y el plazo del proyecto.
- d) La cota superior de los cabezales se eleva a +5.50m.
- e) El calado en el emplazamiento es de 14m, que con el máximo calado esperable del buque (11,7m) queda un resguardo bajo la quilla de 2,30m.

Las características principales de estas estructuras son:

- a) Las dimensiones de los cabezales son de 15,40x9,10m en planta y una altura de 2,50m, apoyados en 6 pilotes de diámetro 1800mm y 39,00m de longitud.
- b) Cada dolfin tiene una defensa cilíndrica modelo SCK2000H con un escudo metálico de 4,50x4,50m, ubicada a cota +3.00m.
- c) En el Dolfin D1 se instaló la torre de incendio, en el dolfin D3 la escalera Ganway (para acceso de la tripulación al buque amarrado), y en el dolfin D4 se colocó una torre de iluminación.



Figura 5 – Dolfin D3 (Vista desde agua).





Figura 6 – Dolfin D1 (Vista desde agua).



Figura 7 – Dolfin D4 (Vista desde agua).

2.1.2 Dolfines de amarre

Para la configuración de los dolfines de amarre se llego a la ejecución de parejas de torres a proa y a popa.

Las características principales de estas estructuras son:

a) Las dimensiones de los cabezales T1 y T4 son de 9,10x9,10m en planta y una altura de 2,50m, apoyados en 4 pilotes

- de diámetro 1800mm y 39,00m de longitud.
- b) Las dimensiones de los cabezales T2 y T3 son de 9,10x15,40m en planta y una altura de 2,50m, apoyados en 6 pilotes de diámetro 1800mm y 39,00m de longitud.
- c) Se colocaron ganchos de disparo rápido (QRH) de 300 ton (3 uñas de 100 ton c/u) en las torres T1 y T4; y ganchos de 400 ton (4 uñas de 100 ton c/u) en las torres T2 y T3.

También se colocaron ganchos de disparo rápido en los dolfines D1 y D4, de 3 uñas de 75 ton cada uno para los springs, y 2 bolardos de 80 ton cada uno en los dolfines D2 y D3 para embarcaciones menores.



Figura 8 - Detalle de gancho de disparo rápido.



Figura 9 – Torre de amarre T1.

AADIP



Figura 10 – Bolardo de 80 ton.

2.1.3 Plataforma operativa

Esta estructura, de gran importancia en la obra, se encuentra retirada 1 metro de la linea de atraque y sobre ella se colocó el brazo de carga de alta presión.

Las características de esta estructura son:

- a) Las dimensiones de la plataforma es de 20x25m en planta, con vigas longitudinales y transversales de 2,20x0,85m y una losa de 45cm de espesor.
- b) Está apoyada en 12 pilotes de diámetro 1400mm y 39,00m de longitud.
- c) Lleva cordón antiderrame en todo el perímetro de 20cm y carpeta de desgaste variable de 15 a 5 cm.
- d) Se colocaron los insertos del brazo de carga y para el apoyo secundario de esta estructura.



Figura 11 – Construcción de plataforma operativa.



Figura 12 – Plataforma operativa (Vista aérea).



Figura 13 – Plataforma operativa desde agua.



Figura 14 – Montaje de brazo de carga.



2.1.4 Viaducto de acceso

La plataforma operativa está vinculada a tierra a través de un Viaducto de acceso de casi 60 metros de longitud. La función de esta estructura es conectar la plataforma operativa a tierra, de manera de tener un acceso peatonal y con camiones al muelle, acceso de grúa para el montaje del brazo de carga y además de apoyo al gasoducto que se conecta con el brazo de carga.

Las características de esta estructura son:

- a) Está compuesto por 6 vigas cabezales de 2 pilotes cada uno, de dimensiones 1,50x9,35m en panta y 1,20m de altura.
- b) Estos cabezales apoyan en pilotes de diámetro 1200mm y 36,50m de longitud.
- c) Sobre los cabezales apoyan vigas y losetas premoldeadas, que finalmente van vinculadas con armadura y capa de compresión de 22cm.
- d) Se colocaron guarda-rail de ambos lados y carpeta de desgaste para permitir la circulación de vehículos.
- e) Sobre el lado norte de los cabezales se realizaron dados de apoyo y vigas premoldeadas para colocar las bandejas de apoyo del gasoducto e instalación contra incendio.



Figura 15 – Vista longitudinal desde tierra.



Figura 16 – Hormigonado de losa superior.



Figura 17 - Vista longitudinal desde agua.

2.1.5 Sala de bombas

Por último se realizó un cabezal con 6 pilotes para plataforma de sala de bombas, incluído la colocación de 2 bombas para toma de agua, que alimentan a la instalación contra incendio, dado que se trata de una terminal con carga peligrosa.

Las características de esta estructura son:

- a) Las dimensiones son de 15,50x10,85m en panta y 1,00m de altura.
- b) Este cabezal apoya en 6 pilotes de diámetro 1200mm y 40,50m de longitud.



Figura 18 - Cabezal Sala de Bombas.

2.1.6 Pasarelas metálicas

Todos los dolfines de amarre y atraque están vinculados entre sí y a tierra mediante pasarelas metálicas. Estas pasarelas se realizaron en taller metalúrgico y luego se trasladaron por agua para el montaje de las mismas.

La sección de las mismas es de 2 metros de ancho por 2,50 metros de alto, y un peso medio de 230 kg/ml.

AADIP



Figura 19 – Traslado por agua de pasarelas metálicas.



Figura 20 - Montaje de pasarelas metálicas.



Figura 21 – Vista aérea de las pasarelas metálicas ya instaladas.

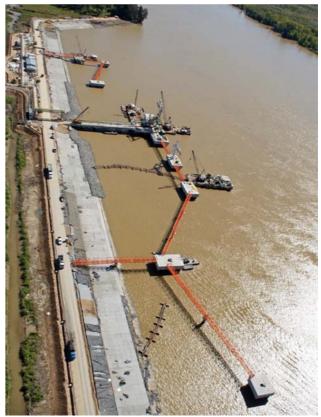


Figura 22 – Vista aérea completa.

Las cantidades totales de materiales en obra fueron:

- m3 de Hormigón H-30 = 10.500 m3
- Toneladas de acero para construcción ADN-420 = 1.600 ton
- Toneladas de chapa para camisas F24
 = 1.400 ton
- Toneladas de acero para pasarelas metálicas F24 = 90 ton (Longitud total de 380m)
- Sistema de defensa con escudo metálico y cadenas = 4 un.
- Ganchos de disparo rápido (QRH) en dolfines = 6 un.
- Bolardos de capacidad 80 ton = 2 un.
- Cantidad total de pilotes perforados en agua = 88 un.
- Personal empleado en la obra = 200 personas (En pico máximo de trabajo).

2.2 Condicionantes de la obra

Finalizado el dragado de la dársena, se comenzó con la construcción del muelle con la principal limitante de no disponer de un acceso terrestre tanto para el personal como para la provisión de materiales. Por lo tanto, el primer



condicionante de la obra fue la logistica por agua, incluyendo los siguientes temas:

- Traslado del personal a la obra.
- Traslado de materiales (Camisas metálicas, armaduras, encofrados).
- Elaboración de hormigón en planta flotante, con el traslado de una barcaza auxiliar para áridos y cemento (Ver punto 2.3).

Otro punto de gran importancia era el exigente plazo de la obra. La construcción completa del muelle tenía un plazo total de 180 días corridos, con fecha de habilitación el 25 de mayo de 2011.

Como tareas preliminares se buscó en las proximidades de la zona de los trabajos el obrador, ubicandose dentro de un astillero en el puerto de Escobar, a 5km aguas abajo de la implantación del muelle. Este astillero tenía 2 ventajas, por un lado un embarcadero para poder cargar los materiales a la zona del muelle, y por el otro un amplio terreno donde se ubicaron las oficinas, zona de acopio de materiales (Camisas, armaduras, etc.) y cancha de premoldeados. El movimiento interno se realizó mediante camión permanente en el obrador y una grúa para cargar y descargar.



Figura 23 – Vista desde agua de embarcadero.

En el obrador se realizaron una gran cantidad de premoldeados, tanto losas como vigas, ya que permitia disminuir los colados de hormigón en la zona del muelle, optimizando las tareas y mejorando la calidad de la estructura. Se realizaron fundamentalmente premoldeados en el viaducto, y luego como encofrado del piso de todos los cabezales.



Figura 24 – Construcción de premoldeados en obrador.

El traslado de todo el personal involucrado se realizó por agua, mediante la utilización de lanchas colectivo que salían del muelle público de Escobar y trabajando en doble turno (24 hs, 12 hs cada turno), llegando en el pico máximo de la obra a 200 personas. Además por razones de seguridad y de practicidad para movimientos internos, se disponía en obra de 2 lanchas tipo gomones.

El traslado de los materiales para la ejecución de pilotes y cabezales se realizó mediante acopio en zona de obrador (Astillero de Escobar) y posterior traslado al muelle mediante barcaza remolcada hasta la zona de trabajo.



Figura 25 – Acopio de camisas metálicas y jaulas de armadura para pilotes.

Para poder cumplir con el exigente plazo de la obra y las limitaciones de acceso terrestre, se trabajo en doble turno durante toda la obra y disponiendo de los siguientes equipos:

- 2 Pontones para pilotaje.
- 2 Pontones para obra civil.



- 1 Barcaza para acopio de materiales para obra.
- 1 Barcaza para planta de hormigón elaborado flotante.
- 1 Barcaza para acopio de áridos.
- 1 Planta de bentonita.
- 2 Remolcadores.
- 5 Grúas sobre pontón.
- 2 Grúas en muelle.
- 1 Grúa fija en tierra.
- 2 Gomones o lancha.
- 1 Camión para movimiento interno.



Figura 26 – Vista aérea con equipos flotantes.



Figura 27 – Vista panorámica con los equipos trabajando en el pico máximo de trabajo.

2.3 Utilización de planta de hormigón flotante

Los primeros trabajos en realizar en la zona del muelle fueron los pilotes del Viaducto, para lo cual fue necesario la implementación de una planta de hormigón elaborado flotante, debido a que en la obra no había acceso terrestre.

También se analizó como alternativa para la provisión de hormigón en el muelle, traer el hormigón elaborado desde planta hormigonera en mixer y luego trasladar los camiones en barcaza con portalón desde el astillero de Escobar hasta la obra, pero esta opción fue descartada por los tiempos de viaje desde que el hormigón sale de la planta hasta que es vertido en la estructura, como también por los

volúmenes necesarios y el hormigonado monolítico.

Finalmente se llegó a la conclusión de utilizar una planta flotante, para lo cual se montó sobre una barcaza los siguientes equipos:

- 2 Camiones Mixer (Mezclado).
- 2 Silos de cemento.
- Planta dosificadora.
- Grúa para colocación de áridos en la planta.
- Bomba de arrastre para hormigonado.
- Casilla con computadora.
- Barcaza para acopio de áridos en bolsas de 1m³ de piedra y arena.



Figura 28 – Vista aérea de planta de hormigón flotante.



Figura 29 – Traslado de planta a zona de obrador para aprovisionamiento de cemento.

La provisión de hormigón fue de la empresa LOMAX, que puso a disposición todo el soporte técnico para la elaboración del hormigón a pié de obra. Se utilizó cemento CPN40 ARS (Resistente a los sulfatos) a granel, que se almacenaba en silos de 40 ton cada uno. Dependiendo de la cantidad de hormigón a colar la planta flotante era remolcada a la zona de Escobar para el llenado de los silos desde camión, cada 5 a 10 días.



Los áridos se almacenaban en bolsas de 1 m³ de material, para lo cual se contrató una arenera de Escobar, que tenía un muelle privado en la zona del puerto de Escobar desde donde se aprovisionaba la barcaza auxiliar cargando con grúa las bolsas de materiales. Esta barcaza era remolcada hasta la zona de acopio cada 2 a 5 días. Con lo cual la logística de provisión de materiales era fundamental para el correcto funcionamiento de la planta de hormigón flotante.



Figura 30 – Llenado de áridos en barcaza.

La fórmula utilizada para pilotes, calidad H30 fue:

Material	Unidad	Cantidad
Material cementicio resistente a los sulfatos según Norma IRAM 50001-2000	[kg/m ³]	400
Arena de granítica lavada 0-6	[kg/m ³]	260
Arena Fina natural Río Paraná	[kg/m ³]	560
Piedra Partida granítica 6-20	[kg/m ³]	975
MIRA 78 GRACE (Plastificante Medio Rango)	[kg/m ³]	3,0
DARACEM 19 GRACE (Superfluidificante)	[kg/m ³]	Ver NOTA 2
Agua	[dm ³ /m ³]	175
CARACTERISTICA	s	
Relación Agregado fino / Agregado Total	[%]	46.0
Relación agua / cemento	[adimensional]	0,45
Tamaño máximo de agregado	[mm]	19
Módulo de finura Ver Nota 1	[adimensional]	2,40
Dosis aditivo MIRA 78 GRACE (Plastificante)	[% peso MC]	0,75
Asentamiento de llegada a obra	[cm]	15 ± 3,0
Asentamiento de descarga (con adición de hiperfluidificante a pie de obra) Ver Nota 2	[cm]	Máx 25,0

<u>Nota 1</u>.- Las cantidades de los agregados están dadas para la condición de saturado a superficie soca. Las arenas son combinadas para obtener el Módulo de finura de la Fórmula. Las cantidades relativas de las arenas pueden variar en función de los módulos de finura individuales.

Nota 2.- El ajuste del asentamiento de descarga del hormigón se realizará mediante la incorporación de aditivo superfluidificante en obra de acuerdo a la necesidad puntual del cliente.

Figura 31 – Dosificación de hormigón de pilotes

3 RESULTADOS

3.1 Análisis general de la obra

Los resultados de la obra en general fueron muy satisfactorios, ya que la misma se pudo completar en el plazo previsto y con la calidad esperada.

Sin embargo, y por las particularidades de este proyecto, el inicio de la obra fue muy lento y con grandes complicaciones que se fueron superando en cada etapa, durante transcurso de los meses. Las exigencias para el cumplimiento del plazo de obra requirieron un gran esfuerzo humano, trabajar en días feriados y festivos, implementar doble turno en todas las tareas, subcontratar mano de obra para la realización de obra civil y alquilar equipos para poder generar nuevos frentes de trabajo.

3.2 Utilización de planta de hormigón flotante

La implementación de una planta de hormigón elaborado flotante, fue además de un desafío muy importante, muy difícil de organizar y preparar en una primera instancia, pero finalmente permitió realizar la obra en el plazo previsto y garantizando la calidad de la estructura. Esta planta se utilizó para el hormigonado de todos los pilotes, la ejecución completa del Viaducto y Plataforma Operativa y los primeros cabezales.

La logística para el traslado de los áridos y del cemento requirió de una continua coordinación entre los proveedores (Arenera Escobar y Loma Negra) y la empresa contratista (Pilotes Trevi), que pudo ser llevada a cabo gracias al esfuerzo de todas las personas involucradas en la obra.

Por último, es importante mencionar que a mitad de plazo de la obra, se logró completar el camino de acceso a obra, y para los últimos 2 meses de obra se instaló una planta de hormigón en tierra que permitió el colado de algunos cabezales, que requerían de grandes volúmenes de hormigón. De todas formas, la utilización de la planta flotante se tuvo hasta fin de obra, pero para hormigonados de menor cantidad y como soporte a la planta de tierra.



4 CONCLUSIÓN

Para Pilotes Trevi fue una obra emblemática, un desafío muy grande por la logística del lugar y adquisición de experiencia en trabajos desde agua, sobre todo por la implementación de una planta flotante de hormigón.

La obra se pudo completar en el plazo previsto y record para la magnitud del muelle a realizar y la imposibilidad de acceso terrestre, permitiendo el atraque del primer buque el 25 de mayo de 2011 y su posterior inauguración del muelle, hecho por el cual la empresa recibió el apoyo y las felicitaciones de YPF.



Figura 32 – Atraque de buque regasificador "Exemplar".



Figura 33 – Atraque de buque regasificador "Exemplar".



Figura 34 – Llegada de buque metanero y puesto en operaciones del puerto.

5 REFERENCIAS

Pilotes Trevi S.A.C.I.M.S. – Empresa contratista de la obra.

"Análisis de viabilidad de instalación de una EBRV de 150.000 m3 (Proyecto GNL Escobar)" elaborado por Siport 21 con fecha Junio 2010.