



Consultoría Especializada en Estudios de Maniobra y Comportamiento de Buques



Plan de Maniobras de Emergencia en Caso de Alerta de Tsunami

Ismael Verdugo ¹, Lourdes Pecharromán ¹, Raúl Atienza ¹, Sonia Heras ¹,
Carlos Cal ¹, Jose R. Iribarren ¹ Ole J. Nedrelid ²

1 Siport21, 2 Hoegh LNG

27 de octubre de 2022

1. Introducción

- Zonas Portuarias expuestas a **Riesgo de Tsunami**

- Alturas de Ola, Fuertes Corrientes
- Rotura Líneas, daños buques e infraestructuras,...



- Determinar **tiempo de escape** de emergencia:

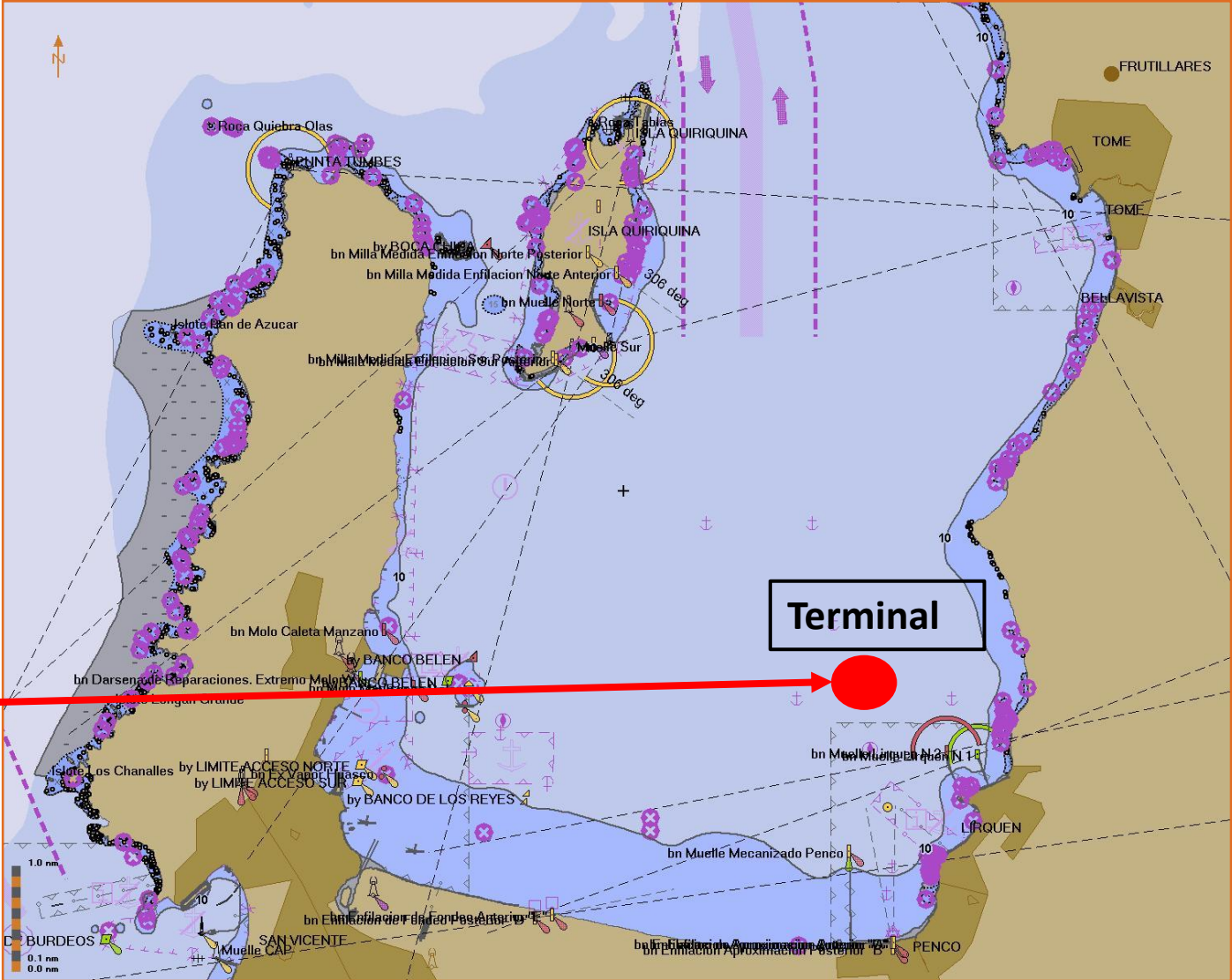
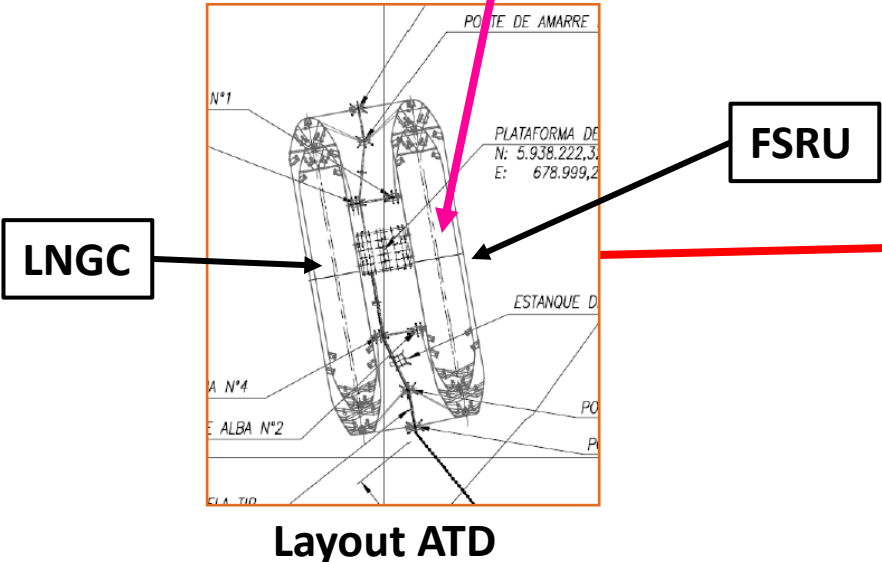
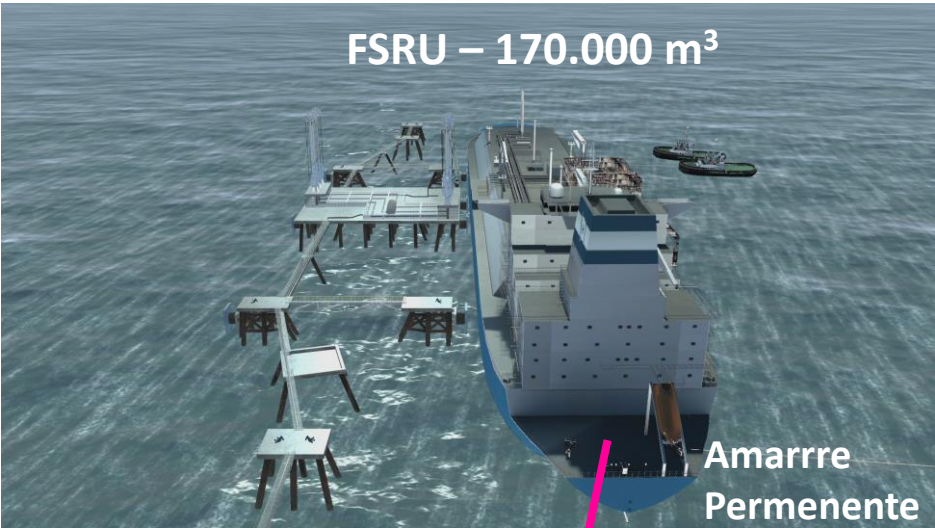
Desde la terminal → Área segura → Evitar efectos Tsunami

- Definir **Procedimiento de Operaciones** para Escape de Emergencia **antes** de la llegada del Tsunami

- Analizar y definir las **estrategias de maniobra**
- Pre-definir los **requerimientos de remolcadores**
- Ruta de navegación a zona segura
- **Tiempo extra** para que buque y tripulación esté listos para salir



2. Caso Práctico. Terminal LNG. Bahía Concepción



3. Enfoque Proyecto



HÖEGH LNG

Solicitud Procedimiento de Maniobra de Escape de Emergencia Alerta temprana de Tsunami
Equipo técnico (capitanes y jefes de flota)
Participación **activa** en el estudio

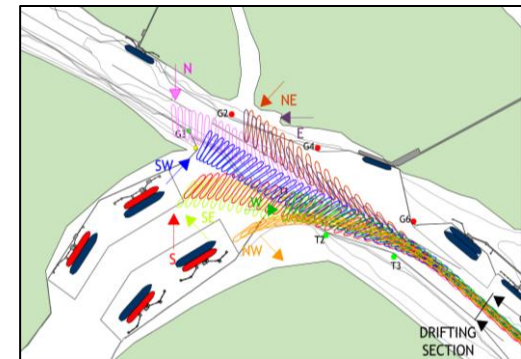


Consultora especializada diseño y operaciones portuarias
Incorporando el comportamiento del Buque
Equipo Ingenieros y Capitanes

Estudio de Simulación de Maniobras alcance **exhaustivo**

Primera etapa: Simulación en **tiempo real** → Fases **Iniciales** → **Factor humano**

Segunda etapa: Modelo de simulación con **autopiloto Fast-Time** → Completar maniobras → Enfoque **Estadístico**



4. Trabajo en Simulador



MERMAID 500 (MARIN, Holanda)

Interactividad Inmersión Operación en tiempo real

Equipo Técnico Siport21:

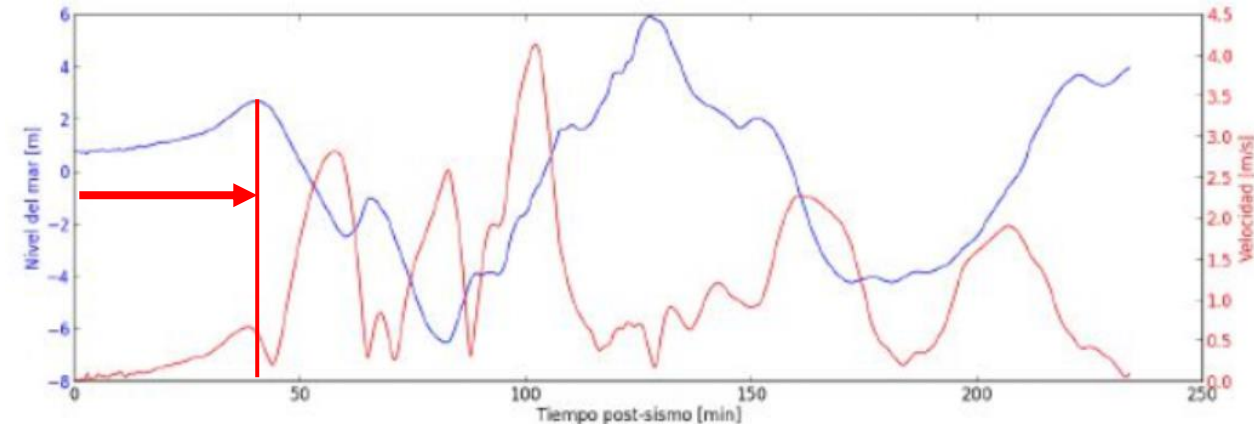
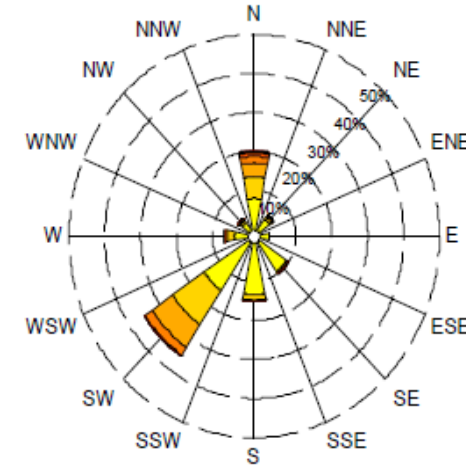
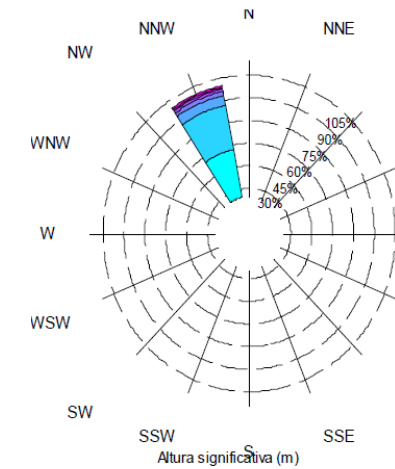
Total Autonomía → Puerto, Buques, Escenarios
Flexibilidad → Respuesta inmediata



5. Información de Partida. Modelización



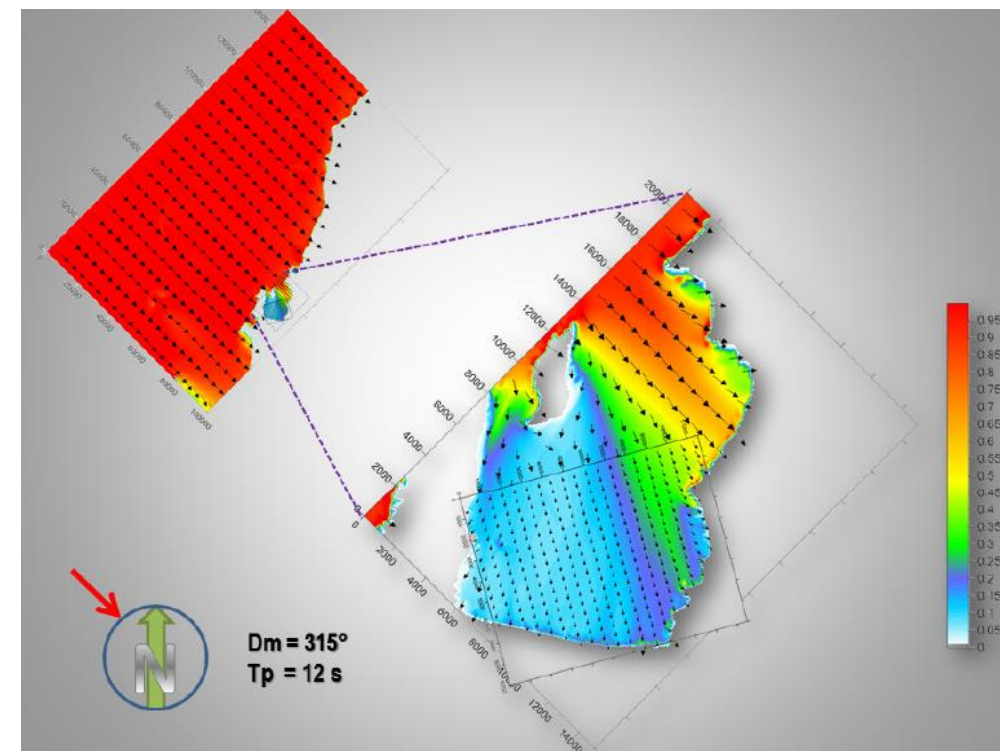
- Configuración general zona
- Batimetría
- Ayudas a la navegación
- Diseño Terminal (disposición general, equipo de amarre, ...)
- Información Hidrometeorológica → Fiabilidad → **PRDW**
 - Vientos
 - Oleaje (propagación, agitación, abrigo)
 - Corrientes
 - Nivel del mar
 - Información Tsunami
- Información Buque (FSRU)
- Flota de remolcadores (3 x ASD 65 t)
- Normas de Navegación Zona
- Definición de la ubicación de una zona segura



6. Escenarios de referencia

Conditions		Wind Direction							
1 year Average		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1% Exceedance	Vw (knots)	25.0	10.0	5.0	10.0	10.0	20.0	15.0	10.0
	Hs (m)	1.5 NNW (Terminal) / 5.0 NW (Outside Bay)							
Return Period		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
10 years	Vw (knots)	39.0	34.0	16.0	22.0	22.0	28.0	21.0	26.0
	Hs (m)	2.5 NNW (Terminal) / 8.2 NW (Outside Bay)							
100 years	Vw (knots)	44.0	42.0	20.0	28.0	27.0	32.0	24.0	32.0
	Hs (m)	2.9 NNW (Terminal) / 9.5 NW (Outside Bay)							

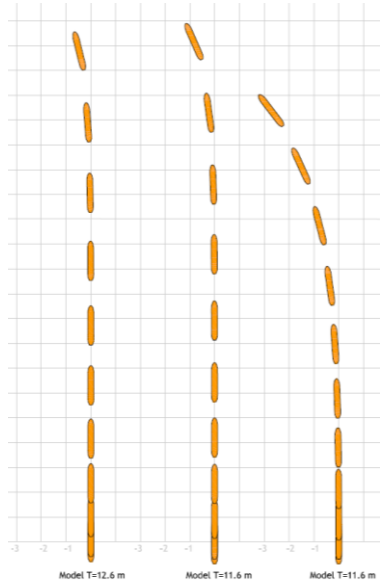
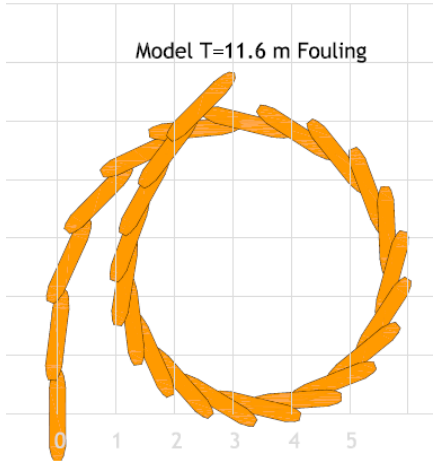
- Más frecuentes
- Más Intensos
- Más Perjudiciales Maniobra
- Bajos Niveles de **excedencia**
- Incluso condiciones **extremas**



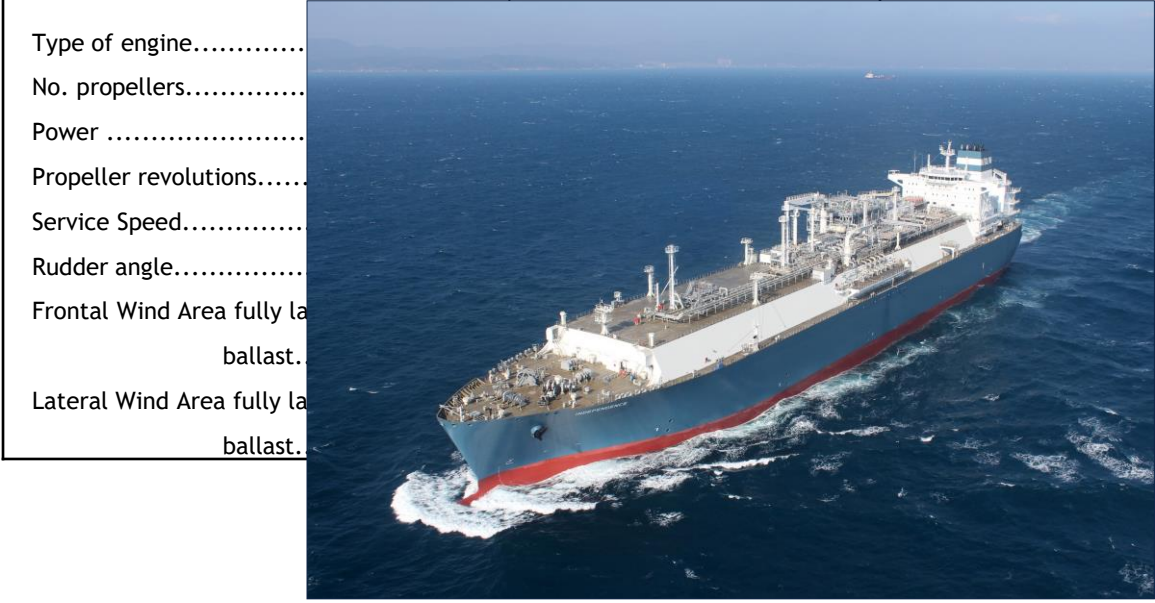
7. Modelización Buque



- Equipo Ingenieros y capitanes
- Pruebas mar, cuadernos maniobra, hidrostáticas,...
- 2 x [Plena carga + Lastre]
- 2 x [Casco limpio + Casco “Marine Growth”]
 - Reducción Velocidad hasta [- 3 nudos] con toda avante
 - Reducción eficacia timón [- 15 %]
 - Reducción capacidad maniobra [-10%]
- Tests (aceleración, evolución, deriva, parada,...)



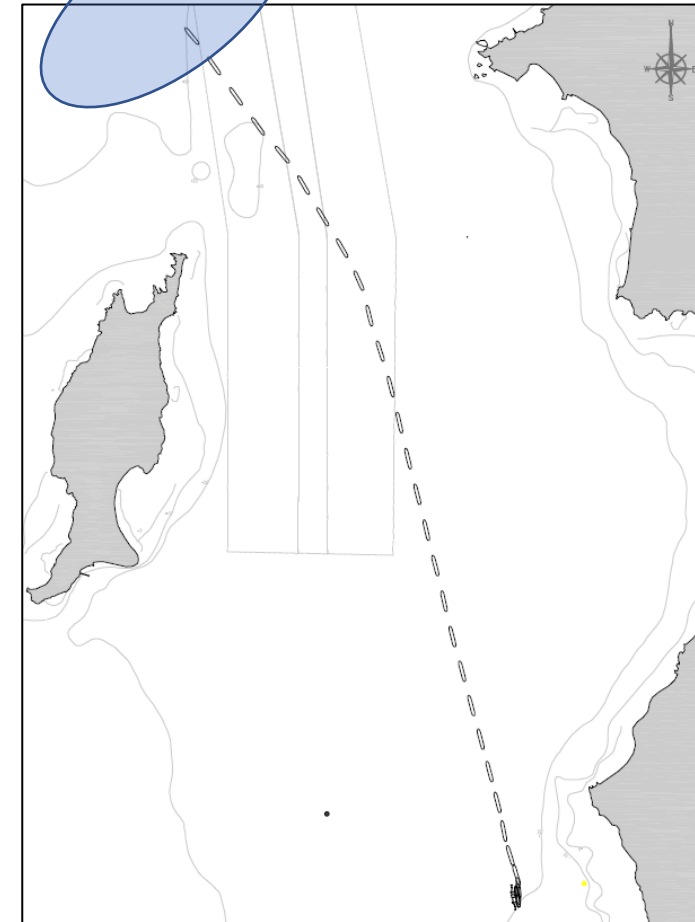
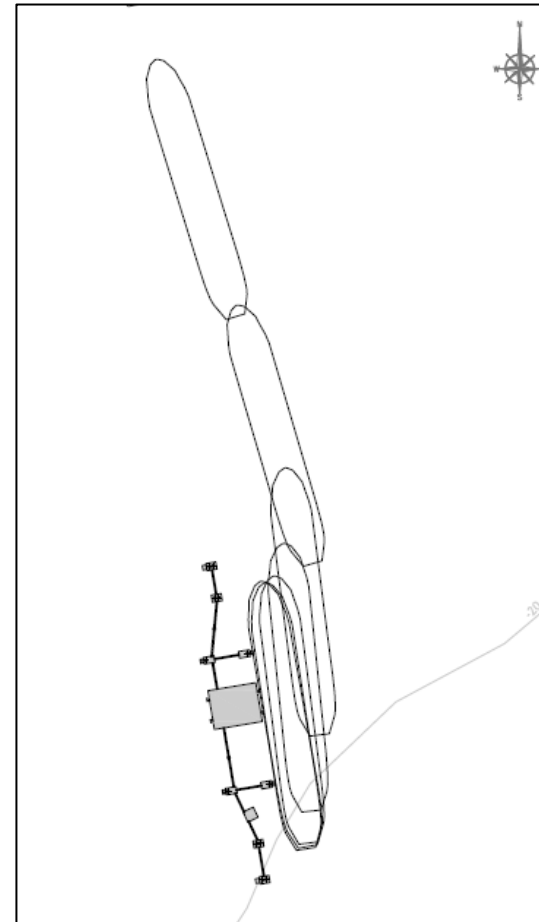
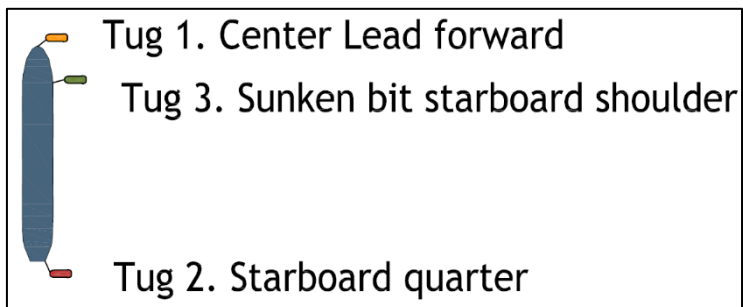
170 000 CBM CLASS LNG FSRU	
Length over all	294.07 m
Length between perpendiculars.....	282.00 m
Beam	46.00 m
Depth.....	26.00 m
Draught fully laden	11.60 m
Ballast	9.23 m
Displacement fully laden	117 014 t
ballast.....	90 857 t
Deadweight fully laden	81389 DWT
ballast.....	55232 DWT
Capacity	170 000 m³



Type of engine.....
No. propellers.....
Power
Propeller revolutions.....
Service Speed.....
Rudder angle.....
Frontal Wind Area fully la
ballast.
Lateral Wind Area fully la
ballast.

8. Trabajo en Simulador

- **Objetivo:** Simular la maniobra **antes** de la llegada del Tsunami, tras recibir **alerta** temprana
- Mas de **50 maniobras**→ Combinando clima, remolcadores, barco (carga, estado casco,...), estrategia...
- **5 sesiones** de trabajo en simulador
- Condiciones **moderadas, fuertes y extremas**
- **Capitanes expertos** (Höegh LNG y Sipor21)
- Incluso Modelización **cabos y defensas**
- Centradas fase inicial
- Solo algunas **completas**
- Uso máquina, timón y remolcadores



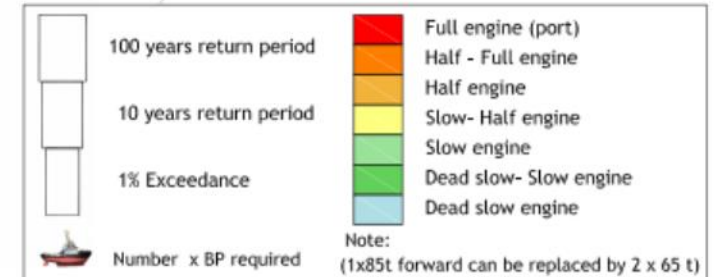
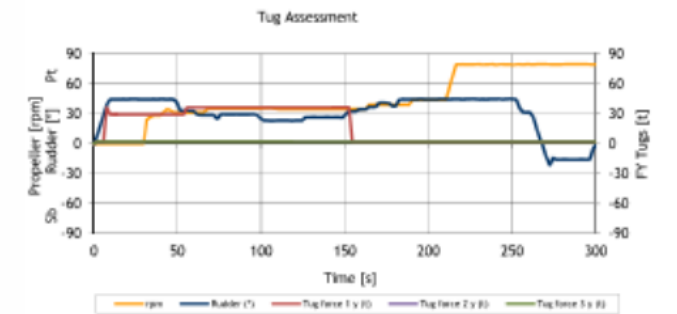
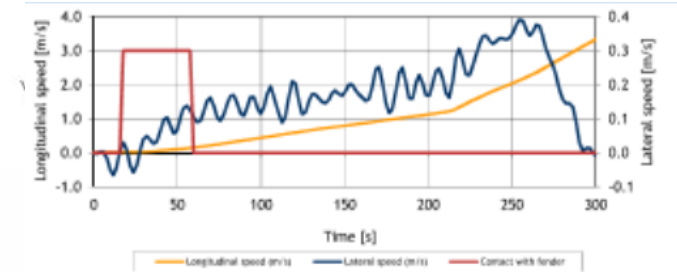
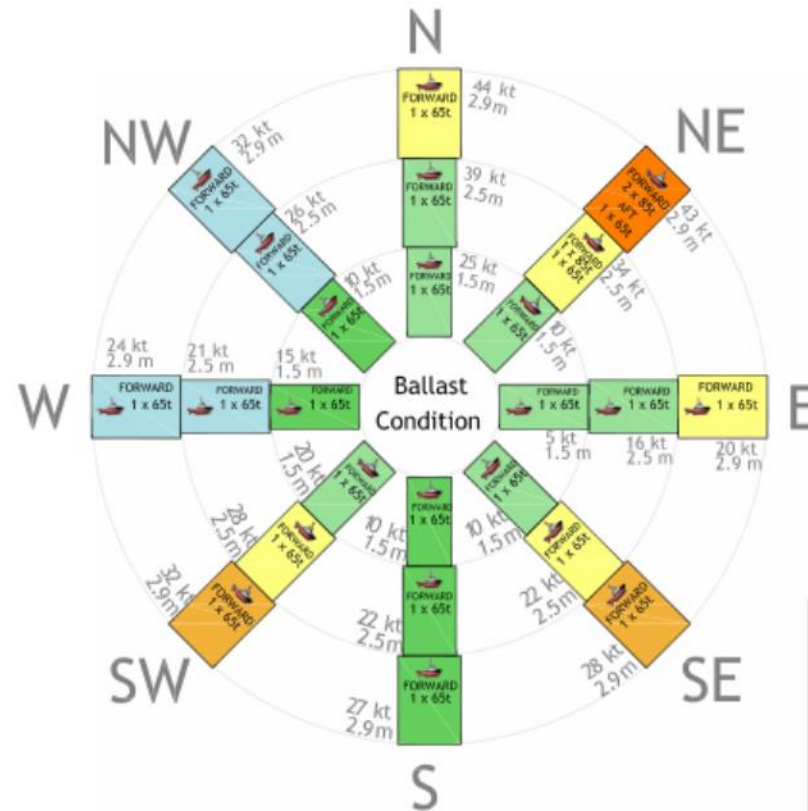
9. Primeras conclusiones

- Opinión Capitanes al mando → Reuniones tras **cada** simulación
- **Aprender** de cada maniobra → Ir **definiendo** la estrategia óptima
- Análisis variables
 - **Timón, rpm, velocidad, tiempos, remolcadores,...**
- Maniobra → 3 fases:
 - **Separación defensas** (remolcador, timón y hélice)
 - **Incremento Velocidad** para ganar control (con remolcadores)
 - **Desconexión Remolcadores** → “Full ahead” alta mar
- 2 primeras críticas:
 - Excesivo uso remolcadores → grandes **impactos** defensa (popa)
 - **Tiempo** para alcanzar la **primera milla** → **doble** que el resto
- Factor clave Estrategia → **ambos** objetivos (evitar daños, mejorar vel)
 Encontrar **equilibrio** entre uso remolcadores, timón, máquina (control)
 Progreso durante sesiones → Recomendar **entrenamiento** en simulador a capitanes



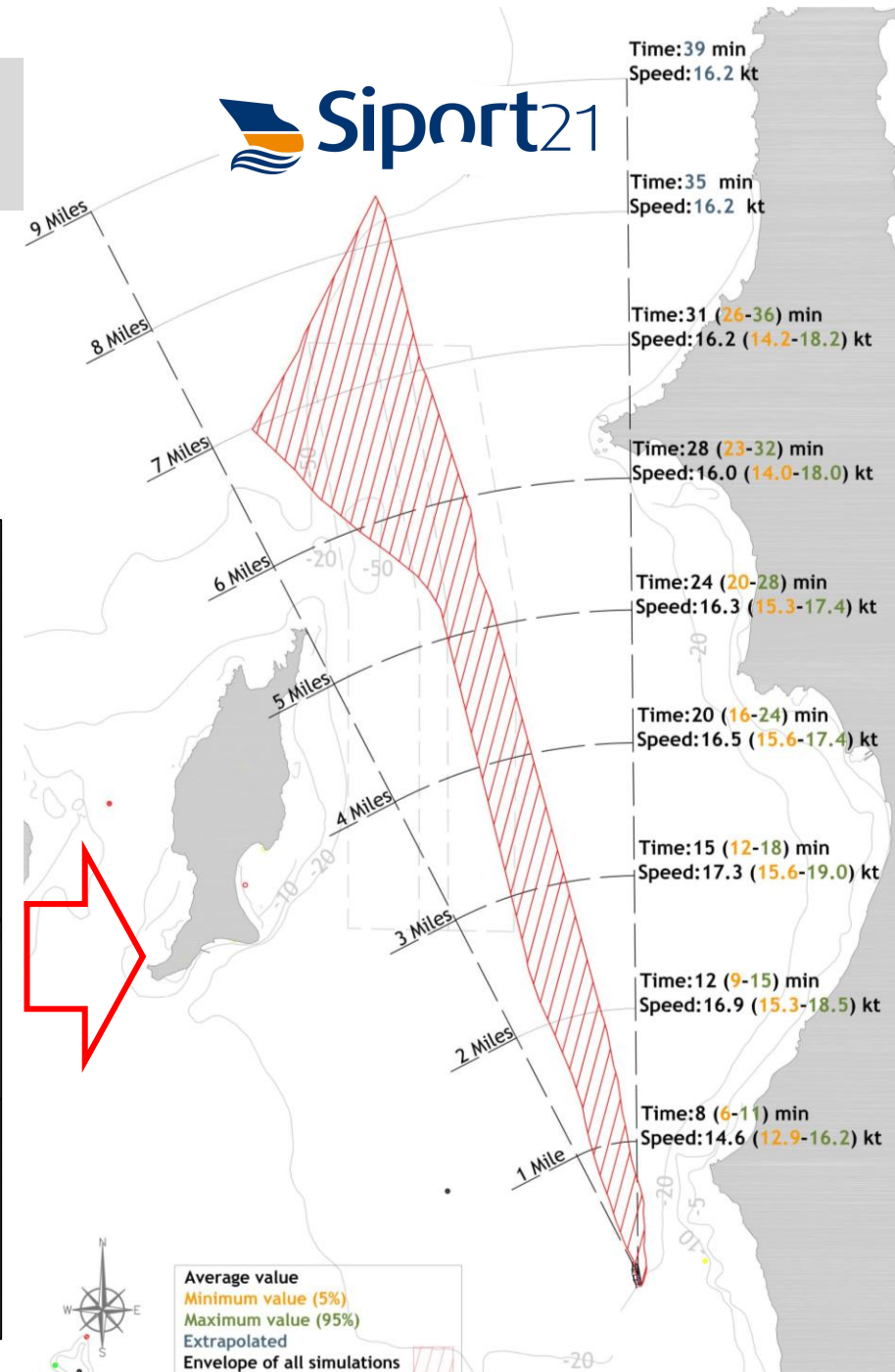
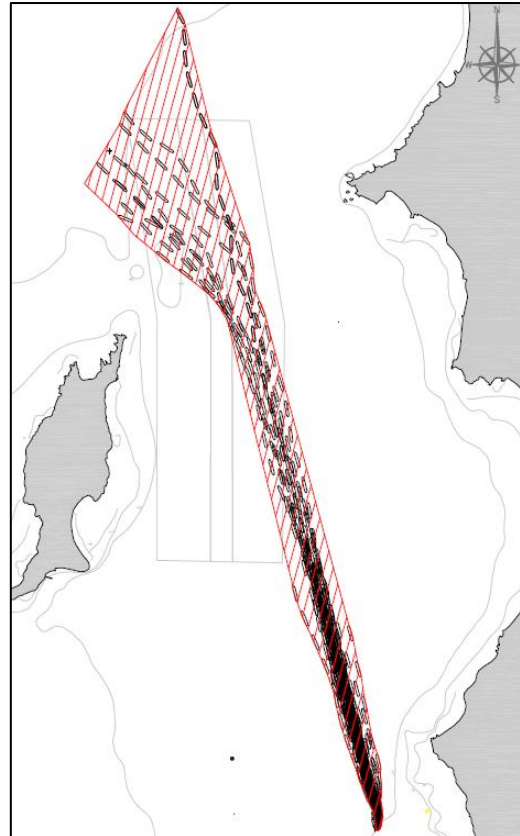
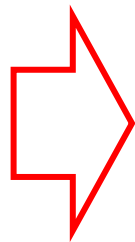
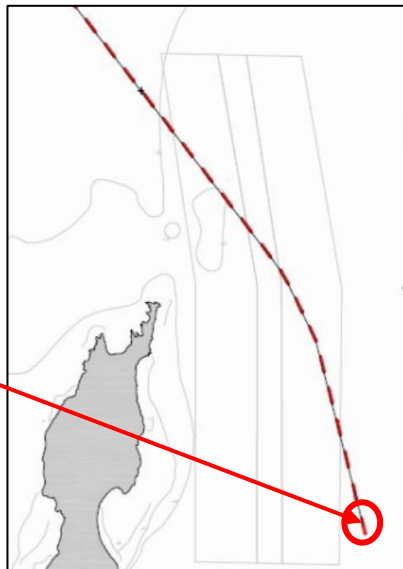
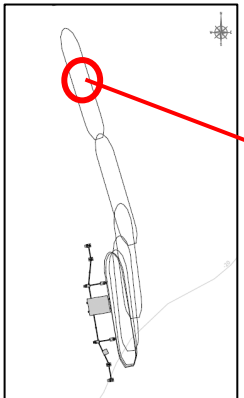
9. Primeras conclusiones

- Evaluación de parámetros y criterio capitanes al mando
- Flota de remolque óptima:
 - Tipo remolcador, Numero, BP
- Uso de máquina
- Para cada Condición meteorológica
- Para cada condición de carga



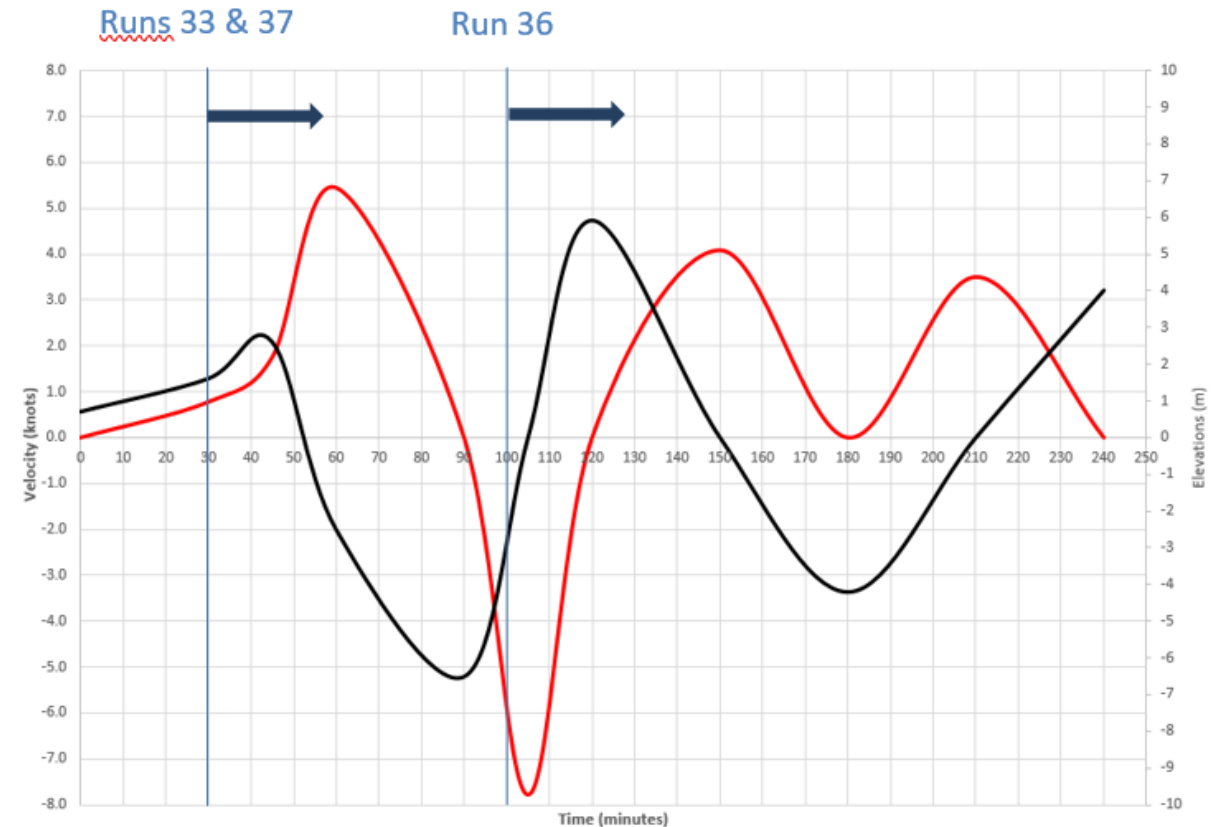
10. Estimación Tiempos Escape y ruta óptima

- Maniobras incompletas Simulador (Fase 1 y 2)
 - Se completaron con SHIPMA (menos recursos)
- Maniobras completas Simulador → Calibrar SHIPMA
- Barrido escenarios adicionales
- Análisis estadístico (medio, desv)
 - Tiempo
 - Velocidad



11. Tests - Onda tsunami

- El objetivo **no fue** simular maniobras bajo el efecto del Tsunami → Anticiparlo
- Pero,...teníamos datos, capitanes, el modelo...y **curiosidad**
- Planteamos escenarios → 3 tanteos
- + 30 y +100 minutos
- Salida con 1 nudo y 5 nudos
- Condiciones 1% excedencia (10 nudos viento)
- Maniobras Viables pero **2 y 3 remolcadores**
- Simplemente **test** para chequear la salida
- **No** se analizó el amarre (crítico)





Muchas Gracias!!

Consultoría Especializada en Estudios de Maniobra y Comportamiento de Buques



Construyendo Juntos el
Desarrollo Portuario
26 a 28 de Octubre 2022
Valparaíso

Contacto:
siport21@siport21.es

Siport21
Chile, 8 - 28290 Las Matas (Madrid) - España
Tel.: 0034 91 630 70 73
www.siport21.com

Síguenos en:

