

IX SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA Y OPERACIÓN PORTUARIA

Plan de maniobras de emergencia en caso de alerta de tsunami

Ismael Verdugo¹, Ole J. Nedrelid², Lourdes Pecharromán³, Raúl Atienza⁴, Sonia Heras⁵, Carlos Cal⁶, Jose R. Iribarren⁷

1. Resumen

Cada vez son más frecuentes los proyectos **urgentes** relacionados con nuevas terminales de GNL basados en tecnología FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*). Una de sus particularidades es que la FSRU debe estar permanentemente amarrada al muelle, recibiendo buques metaneros para transferir el GNL mediante operaciones Ship to Ship (en torno a 2 días de duración).

Cuando estos proyectos se encuentran en zonas expuestas a **tsunamis, huracanes**, o condiciones exigentes no previsibles (fuertes tormentas, borrascas, ...) es recomendable diseñar un **plan de contingencia** para determinar la respuesta adecuada para anticipar los eventuales efectos de una alerta de emergencia.

Existe una metodología específica para evaluar el **tiempo necesario**, las **rutras de navegación**, **necesidades de remolque** y las **estrategias de maniobra** para efectuar una salida de emergencia tras una alerta de emergencia desde la ubicación del proyecto.

Las salidas de emergencia de los buques pueden reproducirse mediante herramientas de simulación en tiempo acelerado o en tiempo real en escenarios met-oceánicos normales o exigentes, que caractericen la ubicación del proyecto. Para obtener resultados **fiabiles**, deben elaborarse modelos numéricos específicos detallados para la zona de navegación, los buques de diseño y las condiciones hidrometeorológicas.

La **metodología** explicada en el presente trabajo se corresponde con un **caso de estudio** en la Bahía de Talcahuano y que ha sido aplicada en otros proyectos en zonas expuestas a **fenómenos extremos** (Tifones o huracanes en zonas tropicales) en los que definir medidas para optimizar la capacidad de respuesta ante este tipo de eventualidades es crítico.

¹ Director de Operaciones, Siport21, ismael.verdugo@siport21.es

² Principal Technical Manager, Høegh LNG AS, ole.nedrelid@hoeghlng.com

³ Gerente de Proyectos, Siport21, lourdes.pecharroman@siport21.es

⁴ Director Técnico, Siport21, raul.atienza@siport21.es

⁵ Gerente Departamento de Amarre, Siport21, sonia.heras@siport21.es

⁶ Asesor Náutico, Siport21, carlos.cal@siport21.es

⁷ Director General, Siport21, jose.r.iribarren@siport21.es

2. Objetivo

La **metodología** propuesta analiza las **maniobras de escape** de emergencia de una **FSRU** (o cualquier otro buque) que permanecerá amarrada en una nueva terminal de GNL, ubicada en una zona determinada, potencialmente expuesta a tsunamis o emergencias similares.

El objetivo de estos estudios es evaluar el **tiempo necesario**, la **ruta** de navegación, los **medios auxiliares** necesarios y las **estrategias de maniobra** para efectuar una maniobra de escape de emergencia en la ubicación específica del proyecto, ante una **alerta temprana de tsunami**. Es decir, no tanto analizar la navegación con una ola de tsunami, sino calcular los tiempos necesarios para poder anticipar la alerta minimizando el riesgo.

3. Herramientas y equipo técnico

Las maniobras de salida de los buques pueden desarrollarse mediante herramientas de simulación en tiempo real (**Full Mission Bridge**) durante los exigentes escenarios met-oceánicos. También se puede utilizar modelos de maniobra con piloto automático "en tiempo acelerado" (**SHIPMA**) para completar cientos de maniobras de manera más rápida. En cualquier caso, es fundamental construir un modelo numérico específico del buque (tanto en condiciones de carga como de lastre) y de las zonas de navegación.

En una primera etapa se realiza un **barrido completo** cubriendo los **escenarios representativos** de la zona de estudio (combinaciones de viento, corriente, oleaje, uso de remolcadores, ...) utilizando el modelo de autopiloto **SHIPMA**. Esta herramienta permite una primera evaluación para identificar los **escenarios críticos** que se evalúan más tarde con mayor detalle utilizando el **centro de simulación en tiempo real** de Siport21, que permite incorporar el **factor humano** a las simulaciones.



Figura 1. Simulador en tiempo real de Siport21

La forma óptima de completar este tipo de estudios es contar con la **participación** de los capitanes de los buques, autoridades marítimas locales, responsables de seguridad y el equipo de Prácticos y sacarle partido a los conocimientos y experiencia de cada uno de los interesados.

4. Datos necesarios

Los siguientes **parámetros** son un factor clave a tener en cuenta para definir y modelar con precisión la zona de navegación y el comportamiento del buque:

- Condiciones locales (vientos, olas, corrientes, nivel del mar)
- Batimetría
- Ayudas a la navegación
- Infraestructuras portuarias cercanas
- Definición de la ubicación de una zona segura
- Información detallada de la terminal del proyecto (disposición general, equipo de amarre, ...)
- Información sobre la flota de remolcadores
- Normas de navegación

5. Metodología

Tras analizar toda la información disponible, se define una **matriz de simulación** detallada adecuada para conseguir los **objetivos principales** del estudio. En el caso de estudio presentado, se completaron del orden de **100 simulaciones** (unas 40 con el modelo de autopiloto SHIPMA y unas 50 mediante simulador en tiempo real) combinando los parámetros esenciales de la maniobra (ruta de salida, viento, corriente, oleaje, velocidad, ...). Todas ellas se llevaron a cabo bajo la hipótesis de salida con **suficiente antelación** como para evitar un encuentro con la ola de tsunami.

No obstante, se llevaron a cabo algunas **simulaciones** modelizando datos de una ola de tsunami en base a modelizaciones numéricas disponibles. Las simulaciones fueron completadas entre **30 y 100 minutos** tras producirse el terremoto, sin buscar las condiciones más **extremas**. En el segundo caso, los efectos del tsunami, con corrientes del orden de **5 nudos** en la terminal, la salida de emergencia pudo llegar a completarse con el uso de medios auxiliares (hasta 3 remolcadores). Sin embargo, se trata de un caso singular, ya que la casuística de escenarios en la terminal es excesivamente incierta, por lo que el objetivo del estudio se centra en completar maniobras anticipadas a la llegada de la ola de tsunami.

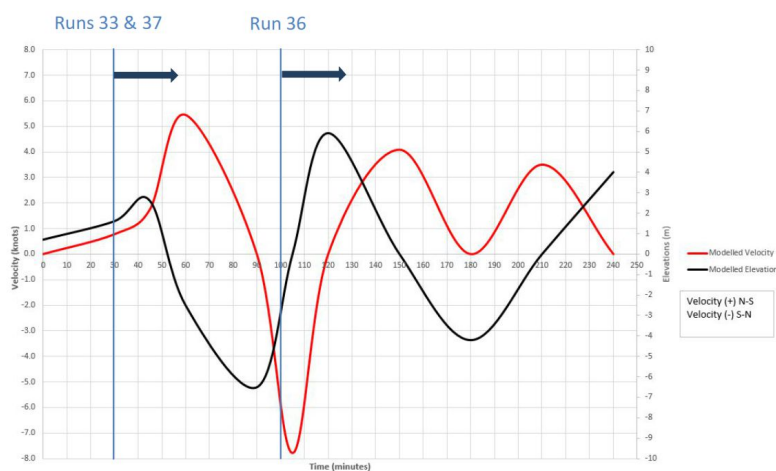


Figura 2. Series temporales (nivel del mar y velocidad ante impacto de ola de Tsunami)
 Fuente: Informes PRDW facilitados por cliente

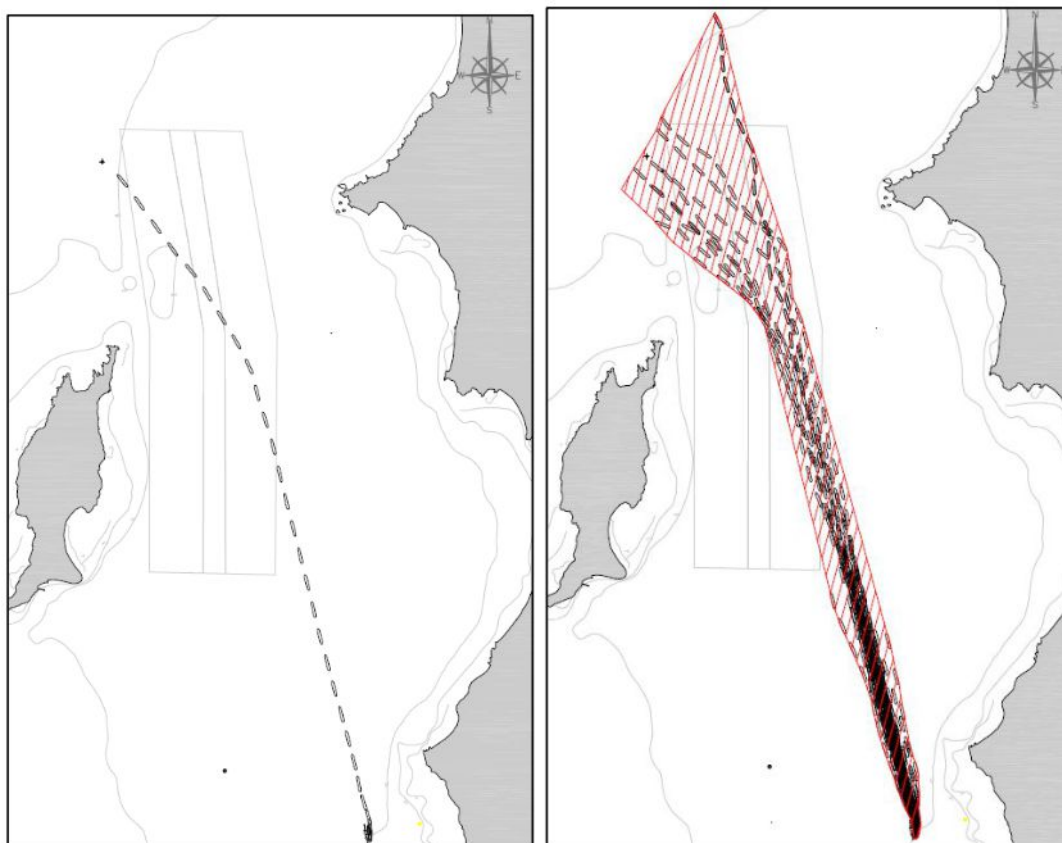


Figura 3. Ejemplo de trayectorias y envolvente de las maniobras

6. Simulaciones y resultados

Las simulaciones se realizan normalmente tras recibir la alerta de tsunami, con la tripulación preparada para una salida de emergencia. Las maniobras se inician con los cabos de amarre libres y los remolcadores preparados para empezar a trabajar. El **tiempo adicional** necesario para desarrollar estas tareas se tiene en cuenta para incluirlo en el procedimiento de emergencia final.

De la evaluación, dificultad y seguridad de las maniobras se pueden obtener diferentes conclusiones, considerando los medios disponibles (remolcadores, máquina y timón y otros):

- Encontrar un **buen equilibrio** entre el uso de los remolcadores y el uso de la máquina y el timón durante la fase inicial de la maniobra (separación del muelle) resulta ser un factor clave. Un uso no adecuado de la fuerza disponible de los remolcadores podría provocar fuertes impactos del casco del buque sobre las defensas. Es importante pues que la estrategia de maniobra de separación permita reducir la velocidad lateral máxima del buque mientras haya contacto con las defensas.

- Se recomienda que las **fuerzas máximas de diseño** y la **posición lateral de las defensas** se estudien con cuidado en la fase de diseño del muelle teniendo en cuenta que las salidas de emergencia podrían basarse en apoyar el buque contra la defensa de popa en caso de que no se disponga de un remolcador de apoyo.
- La **asistencia de los remolcadores** es esencial para separar el buque de la Terminal y debe mantenerse hasta que el buque aumente su velocidad y gane control para compensar los efectos del viento y las olas. Se puede definir la flota mínima de remolcadores (tipo, número, BP (ton) y zona de conexión) combinada con el uso de máquina para cada condición meteorológica (viento, olas, combinaciones de corrientes) y condición de carga.

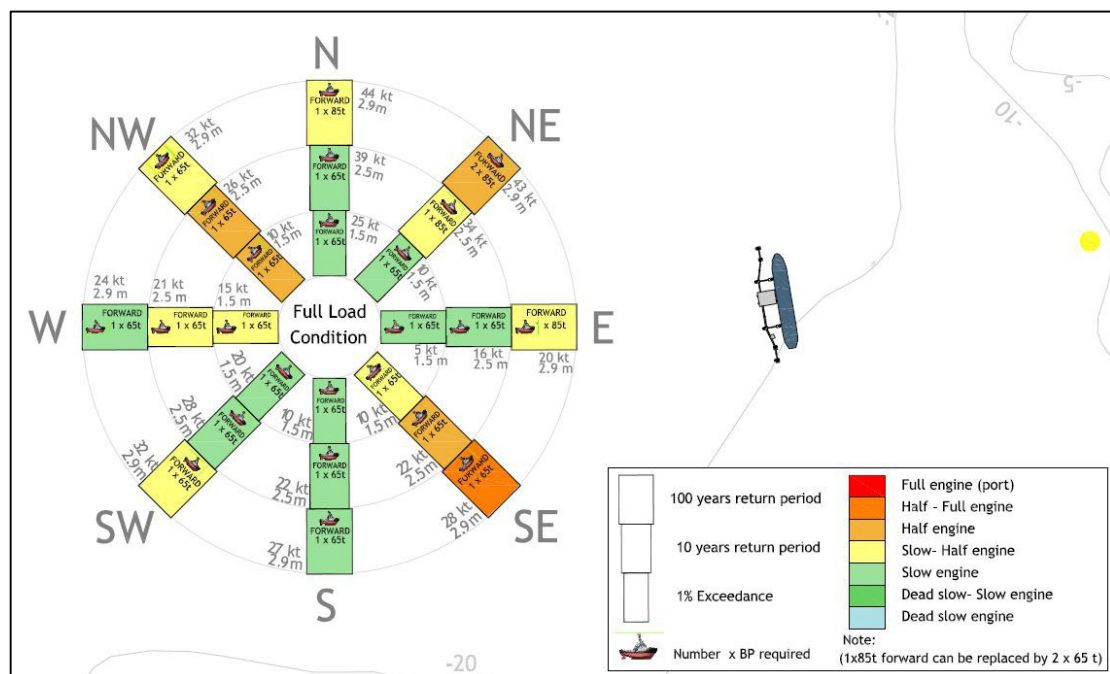


Figura 4. Ejemplo de resultados. Remolcadores recomendados según dirección e intensidad de viento

- Normalmente se obtienen rangos de **tiempo y velocidad** (valores mínimos y máximos) necesarios para abandonar la terminal -cada milla náutica (nm)-. Los límites inferior y superior proporcionan un rango de la duración de la maniobra y de la velocidad del buque. Estos resultados se obtienen para cada condición meteorológica de forma independiente.
- La siguiente figura muestra un ejemplo de los valores medios, mínimos y máximos, para el tiempo y la velocidad necesarios. Estos valores se dan en cada milla náutica desde la Terminal de GNL. La figura incluye el área barrida por todas las maniobras realizadas, lo que también proporciona una referencia para la mejor ruta de salida.

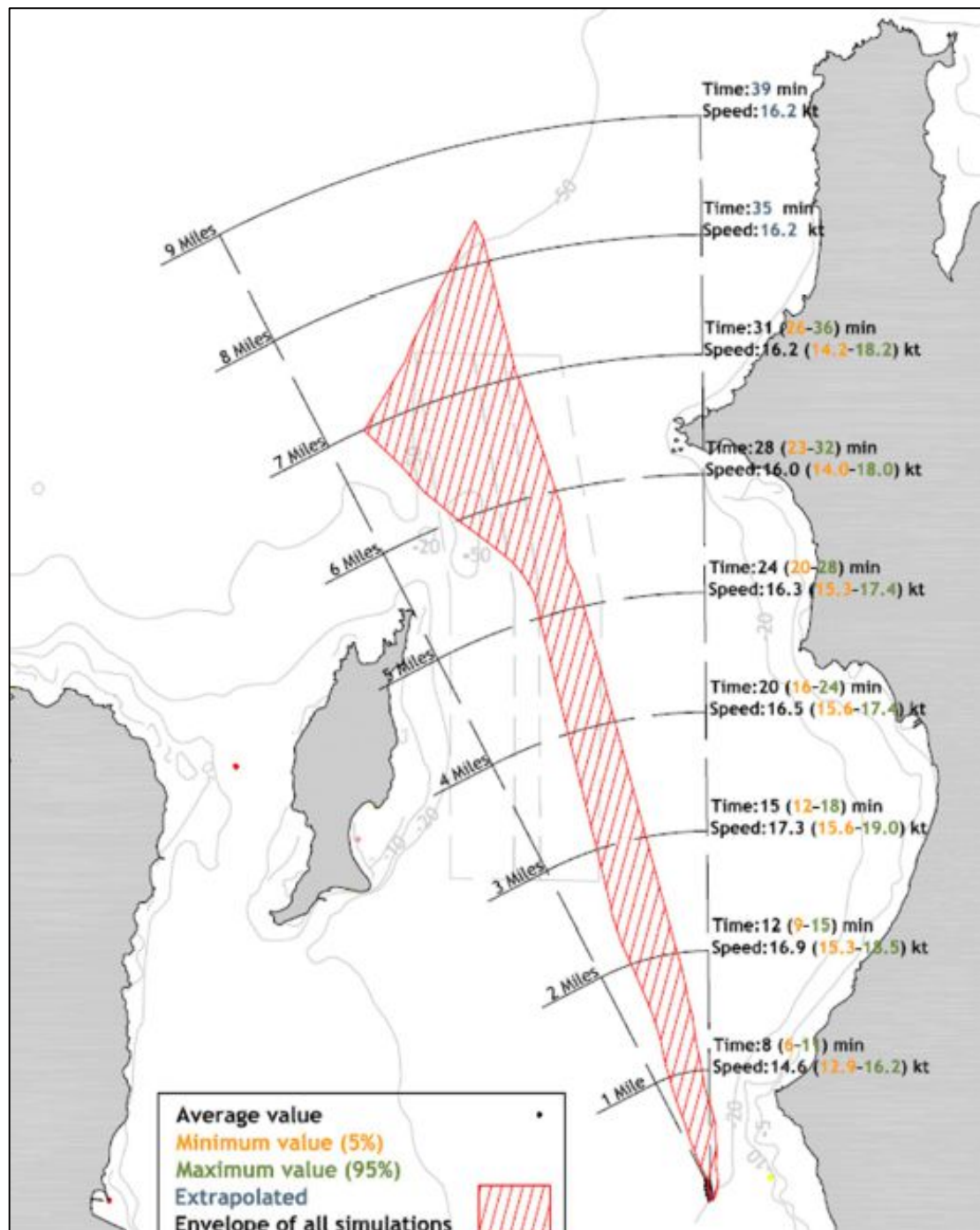


Figura 5. Tiempos de salida necesarios y ruta óptima

7. Recomendaciones adicionales

Habitualmente se pueden extraer algunas **recomendaciones adicionales**:

- Elaborar un procedimiento operativo estándar para la evacuación de emergencia (procedimiento de toma de decisiones) en caso de alerta de tsunami que incluya:
 - o Detalle de las Tareas requeridas y línea de tiempo estimada asociada a cada una de ellas para definir el procedimiento de evacuación completo (desde la emisión de la alerta temprana de tsunami hasta el momento en que el barco llega a aguas seguras).
 - o Descripción de la estrategia de escape de emergencia recomendada.
 - o Requisitos de los remolcadores en función de las condiciones meteorológicas.
 - o Ruta de evacuación recomendada.
 - o Definición de ejercicios y rutinas de entrenamiento para optimizar el procedimiento.
 - o Mantener a los miembros de la tripulación informados de los conocimientos generales sobre los tsunamis y contramedidas para definir una respuesta eficaz.
 - o Definir las zonas seguras que presumiblemente recibirán un menor impacto en caso de tsunami.
 - o Disponer de una previsión meteorológica local fiable y de un sistema de alerta.
- Instalación de una boya de monitoreo para la medición de las olas.
- Definición del momento en el que se deben suspender las operaciones de carga o descarga del buque en caso de alarma/alerta de tsunami.
- Contar con herramientas auxiliares para la navegación (unidad de pilotaje portátil (PPU), de un medidor de velocidad de salida).