

ESTUDO DE MANOBRABILIDADE DO PORTO DE ALTAMIRA (MÉXICO) INTERAÇÃO NO CRUZAMENTO DE NAVIOS A NAVEGAR E AMARRADOS

J. R. Iribarren¹, I. Verdugo¹,

R. Atienza¹, C. B. Cal¹,

Lic. B. Bautista² Cap. Alt. V. Barajas²

¹ Siport21 siport21@siport21.com

² API Altamira (México) goperaciones@puertoaltamira.com.mx

RESUMO

O **Porto de Altamira** está situado a Sul do Estado de Tamaulipas, no Golfo do México, na costa atlântica. Trata-se de um porto estratégico, quer pela sua localização, quer pelos serviços que oferece, com um alto potencial de crescimento.

O atual porto dispõe de uma ampla entrada, alinhada a Este-Oeste e delimitada por dois quebra-mares e com um Canal de Acesso de, aproximadamente, 4500 m que, na zona exterior, está dragado à cota -14 m com uma largura de 400 m. A zona mais interior dispõe de uma largura de 200 m e tem uma profundidade de 13,4 m. As diferentes áreas do porto comunicam-se entre si através de três vias de navegação: Canal Exterior ou de Entrada, Canal de navegação Sul e Canal de navegação Norte (ver Figura 1).



Figura 1. Configuração atual do Porto de Altamira. México

Com a finalidade de otimizar os movimentos dentro do porto e de garantir uma alta operatividade, a Administração Portuária Integral (API) de Altamira decidiu realizar um estudo técnico para a análise integral das manobras de diferentes navios no Porto, tendo em consideração a situação atual, bem como o projeto de ampliação do porto. Esta ampliação visa aumentar a área de navegação, tanto no Canal Norte como no Canal Sul, com uma área navegável superior a um milhão de metros quadrados no Canal Sul, e com mais de dois milhões de metros quadrados no Canal Norte.

Por conseguinte, esta ampliação significa captar ao terreno quase 4 milhões de metros quadrados de área navegável, mantendo-se o alinhamento dos canais existentes, com uma largura de 250 m no caso do Canal Sul e de 450 m no Canal Norte. Ambos com uma profundidade de 14 m (ver Figura 2).

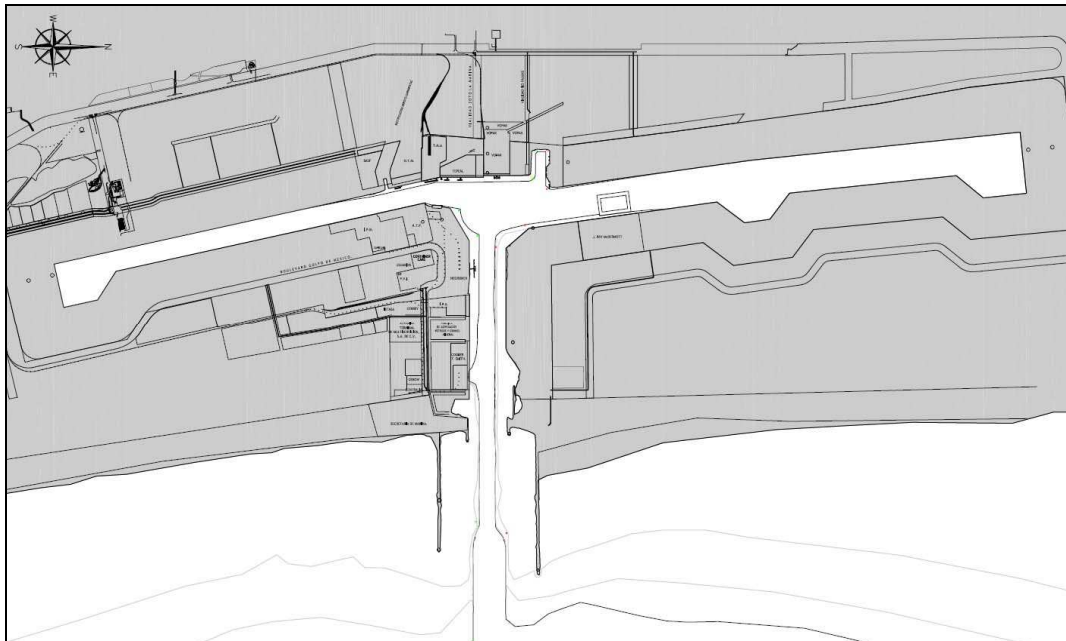


Figura 2. Configuração em planta do futuro Porto de Altamira. México

O objetivo do estudo abrange vários aspetos, entre os quais se destaca a definição das exigências dos espaços navegáveis em diferentes áreas do porto (Canal de Entrada, Canal de Navegação Norte, Canal de Navegação Sul). Pretende-se garantir a viabilidade e a segurança da navegação, bem como a manobra dos navios face aos desenvolvimentos previstos, procurando uma alta operatividade e um elevado nível de atividade no porto.

Contudo, a ampliação apresenta algumas limitações, visto que os navios dispõem de um espaço restrito com uma única via de navegação (Canal de Acesso) para aceder aos diferentes terminais e docas no interior. Portanto, todos os navios devem navegar através desta via antes de chegarem ao cais de destino, ou quando abandonam o porto e se dirigem para mar aberto. Atualmente, este canal tem um único sentido de navegação, o que limita o fluxo do tráfego no porto, e supõe um aumento considerável dos tempos de acesso e de saída dos navios.

Para atingir os objetivos propostos, estudam-se as manobras de cruzamento de navios no Canal de Acesso para permitir que dois navios naveguem ao mesmo tempo em sentidos contrários. Analisa-se igualmente o efeito da navegação sobre os navios amarrados (efeito "passing ships") na altura de definir o espaço navegável (dimensões em planta), necessário para uma navegação segura no interior do porto. Esta análise permite otimizar o tráfego e evita interferências nas operações dos navios amarrados.

A partir das forças de integração e dos momentos, bem como das forças e das cargas nas linhas e nas defensas, é possível satisfazer os objetivos formulados. Para a obtenção das forças de interação e dos momentos durante o cruzamento de navios (ambos a navegar ou um a navegar e o outro amarrado, utiliza-se o programa de simulação "ROPES", resultante do projeto JIP (Joint Industry Project) "Research on Passing Effects on Ships".

Os resultados obtidos são utilizados como dados de entrada para outra ferramenta numérica: o programa OPTIMOOR. Este modelo numérico permite conhecer as cargas nas linhas e nas defensas, com a finalidade de definir as velocidades de navegação máximas e as distâncias de passagem mínimas relativamente aos navios atracados, de maneira que a navegação no interior do porto não signifique um risco para os navios amarrados.

Para completar a análise, realizam-se simulações de cruzamento de navios no Canal de Acesso, que se levam a cabo com o Simulador de Manobras em Tempo Real da Siport21. Utilizam-se nessas simulações, de forma simultânea, duas pontes de navegação comandadas por dois capitães.

O resultado indica que o trabalho desenvolvido permite estabelecer normas de navegação interior e dimensionar os canais de acesso ao porto.

PRINCIPAIS PARÂMETROS

Para atingir os objetivos propostos pelo estudo, considerou-se como navio atracado um navio graneleiro Panamax de 245 x 32,2 x 12 m de 77 000 toneladas, e como navio a navegar um graneleiro Capesize de 290 x 45 x 12 m e 134000 toneladas. Este último navio é igualmente analisado, caso esteja atracado. Para as manobras de cruzamento com Simulador, considera-se um navio químico Panamax de 186 m, um graneleiro Panamax de 245 m, um porta-contentores de Panamax de 270 m, um graneleiro Capesize de 290 m e um porta-contentores de 325 m de comprimento e 42,8 m de boca.

A configuração do canal (profundidade, largura e declive), bem como as velocidades e rumos habituais de navegação na zona, foram tidos igualmente em consideração para o cálculo.

No caso do navio atracado, consideram-se duas configurações de amarração diferentes, ambas com 12 linhas (2 lançantes (proa) + 2 traveses (proa) + 2 espringues (proa) + 2 espringues (popa) + 2 traveses (popa) + 2 lançantes (popa), que têm em atenção as dimensões do navio e o respetivo equipamento de amarração a bordo, bem como o sistema de amarração a terra. As amarras utilizadas no caso do navio Panamax são amarras de polipropileno de 72 mm de diâmetro com uma carga de rotura (MBL) de 64 t. Para o navio Capesize, as amarras utilizadas são cabos de aço de 30 mm de diâmetro, com calabres de nylon de 11 m de comprimento e 90 mm de diâmetro. A sua carga de rotura (MBL) é de 91 t. Considera-se para o cálculo uma pré-tensão de 2 toneladas em cada linha.

Parte-se de uma tensão máxima a suportar pelas linhas não superior a 50% da deformação de rotura no caso das linhas de materiais sintéticos (polipropileno), e a 55% no caso das linhas de cabos de aço. Para as defensas, o limite é a sua carga nominal, que equivale a 72% da deformação nas defensas do tipo Super Cone Cell SCN e a 55% no caso das defensas Cell Fender SCK.

Estes dados de partida servem para determinar os limites das velocidades máximas de navegação e as distâncias mínimas de separação entre os cascos dos navios, quer a navegar, quer atracados, com a finalidade de limitar os movimentos dos navios atracados e evitar roturas ou sobre-esforços nos sistemas de amarração e atracação.

Cálculos e resultados com o modelo ROPES

O efeito “passing-ship” sobre o navio atracado resulta da interação hidrodinâmica entre ambos os corpos. As forças geradas por essa interação são também conhecidas como “forças de sucção”, e têm a sua origem na variação do campo de velocidades (e, portanto, das pressões) devido à contração da veia líquida no meio fluido existente. Esta variação do fluxo depende principalmente da configuração do fundo e dos lados do canal de navegação, que limitam em maior ou menor medida a distribuição do fluido.

O modelo numérico de simulação ROPES, desenvolvido pela Pinkster Marine Hydrodynamics (PMH BV), MARIN, Svašek Hydraulics e Deltares, e resultante do projeto JIP (Joint Industry Project), permite calcular a série temporal das forças e momentos nos três eixos produzidas pelos navios próximos, a navegar, derivadas da interação hidrodinâmica entre os dois cascos.

O canal modelizado tem paredes paralelas entre si completamente retas. A largura do canal é de 450 m para o Canal de Acesso e o Canal Norte, e de 250 m para o Canal Sul. Em cada um dos casos analisados varia-se a velocidade e a distância de passagem, obtendo-se assim as curvas das forças de sucção que atuam sobre o navio atracado. A distância de separação entre costados de navios refere-se à boca do navio graneleiro Capsize a navegar ($B=45$ m), sendo que os resultados obtidos apenas têm em consideração a interação das forças entre os navios devido ao fenómeno de “passing ship”, sem incluir outros fenómenos ambientais.

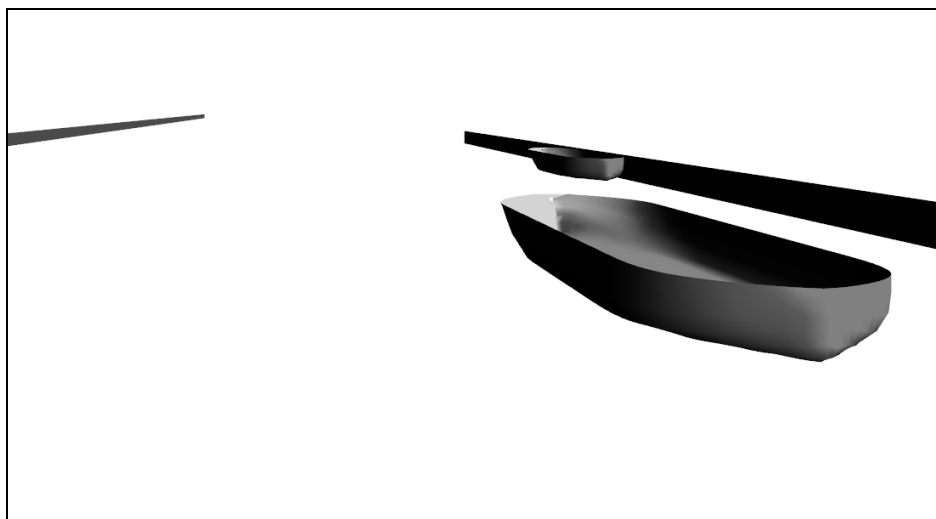


Figura 2. Modelo matemático do efeito "passing ship" com o ROPES

Os resultados mostram como as forças que atuam sobre o navio atracado aumentam com as dimensões e a velocidade do navio em trânsito, e com a redução da distância de passagem e com a geometria do canal (calado e secção).

A combinação de grandes navios e uma profundidade limitada origina importantes forças de sucção. As séries temporais de forças e momentos de sucção dependem da posição momentânea do navio em trânsito. A resposta dinâmica do navio atracado consiste num movimento transitório e numa variação das forças dos elementos de amarração e defesa que seguem um esquema similar ao dos movimentos.

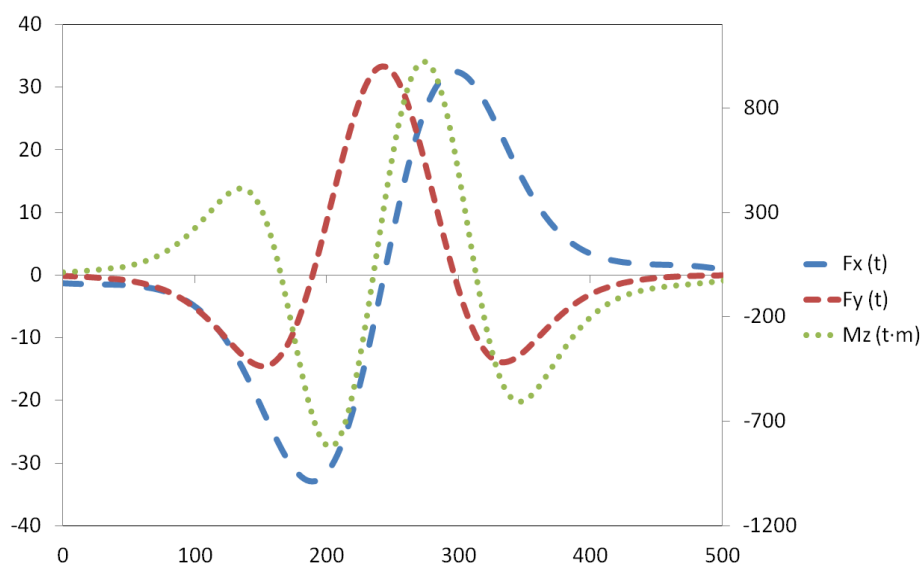


Figura 3. Forças de sucção no navio Panamax causadas pela navegação do navio Capesize a 6 nós e com 2.5B de distância de separação

As séries temporais de forças e momentos obtidas com o modelo ROPES introduzem-se como dados de entrada no modelo OPTIMOOR para obter as séries temporais do movimento do navio e as forças máximas nas amarras e defensas. Isto permite definir os limites de velocidade de navegação e a distância de passagem para evitar roturas ou sobre-esforços nos sistemas de amarração e atracação. Além disso, é possível obter os coeficientes de interação entre ambos os navios a partir dos resultados do ROPES, os quais se incluem nos modelos numéricos dos navios utilizados no Simulador de Manobra em Tempo Real.

Cálculos e resultados com OPTIMOOR

O efeito da passagem do navio a navegar origina uma resposta dinâmica sobre o navio atracado, que depende da configuração do sistema de amarração, do tempo da atuação das forças e das forças das inércias presentes no movimento do navio.

Com a finalidade de analisar a resposta do navio atracado utiliza-se o modelo numérico OPTIMOOR. OPTIMOOR é uma ferramenta para a análise do comportamento do navio atracado, e aplica-se na realização das avaliações necessárias para satisfazer os requisitos da OCIMF e cumprir a OPA-90. O OPTIMOOR permite realizar cálculos estáticos, bem como o cálculo da resposta dinâmica do navio amarrado ou fundeado. O programa considera as características de resposta não linear e as curvas tensão-deformação para as linhas de amarração, incluindo os coeficientes de evento e corrente, sendo possível estimar as forças ambientais que atuam sobre o navio e aplicá-las durante as simulações. O programa permite igualmente introduzir séries temporais de forças e momentos definidas pelo usuário.

Por conseguinte, as séries temporais de forças e momentos obtidas com o modelo ROPES são introduzidas no modelo OPTIMOOR, obtendo-se assim as séries temporais do movimento do navio e as forças máximas nas amarras e defensas.

Deste modo, definem-se os limites de velocidade de navegação e a distância de passagem para evitar roturas ou sobre-esforços nos sistemas de amarração e atracação.

Para chegar a estes resultados, define-se previamente um critério de comparação através de curvas de "fatores dinâmicos", que relacionam o valor máximo da série temporal das forças atuantes sobre o navio atracado, com a força estática máxima que o sistema de amarração pode suportar, sem exceder os limites máximos estabelecidos. Este fator dinâmico é o cociente entre a força equivalente estática e a força máxima da série temporal. A força equivalente estática é a que faz com que o sistema de amarração fique submetido às mesmas tensões do que as máximas resultantes da série temporal analisada.

Nos cálculos avaliam-se diferentes intensidades de vento (V_v) (20, 25 30 e 35 nós) com um fator de rajada de 1.3, onde se inclui a interação entre navios originada pela direção do vento. Os resultados para o navio graneleiro Panamax são os seguintes:

Distância de passagem	V_v (nudos)	Velocidade máxima de navegação (nós) Canal de 250 m				Velocidade máxima de navegação (nós) Canal de 450 m			
		20	25	30	35	20	25	30	35
1B (45 m)		4	4	4	4	4	4	4	4
1.6B (70m)		4	4	4	4	4	4	4	4
2.5B (113 m)		-	-	-	-	6	6	6	6
3.8 B (170m)		-	-	-	-	8	8	8	8

Tabla 1. Velocidades máximas de navegação

Velocidade (nudos)	V_v (nudos)	Distância mínima de passagem(m) Canal de 250 m				Distância mínima de passagem(m) Canal de 450 m			
		20	25	30	35	20	25	30	35
3		45	45	45	45	-	-	-	-
4		45	45	45	45	45	45	45	45
5		>70	>70	>70	>70	77	77	79	84
6		-	-	-	-	103	103	103	105
7		-	-	-	-	131	131	137	143
8		-	-	-	-	157	157	160	166
9		-	-	-	-	>170	>170	>170	>170
10		-	-	-	-	>170	>170	>170	>170

Tabla 2. Distâncias mínimas de passagem

Simulação de manobras em tempo real

A última fase do processo de cálculo consiste na simulação das manobras de cruzamento no Canal de Acesso no Simulador de Manobras em Tempo Real da Siport21. As simulações são efetuadas utilizando, além da ponte principal do simulador, uma das pontes auxiliares, de maneira que os navios que se cruzam no Canal de Acesso são dirigidos, cada um deles, por um Capitão.

O sistema permite a execução de simulações simultâneas, tendo em atenção as possíveis ações conjuntas e as interferências entre os dois navios, bem como a sua interação no momento do cruzamento. Os coeficientes hidrodinâmicos incluídos no modelo matemático dos navios utilizados nas simulações foram obtidos a partir dos resultados do modelo matemático ROPES.

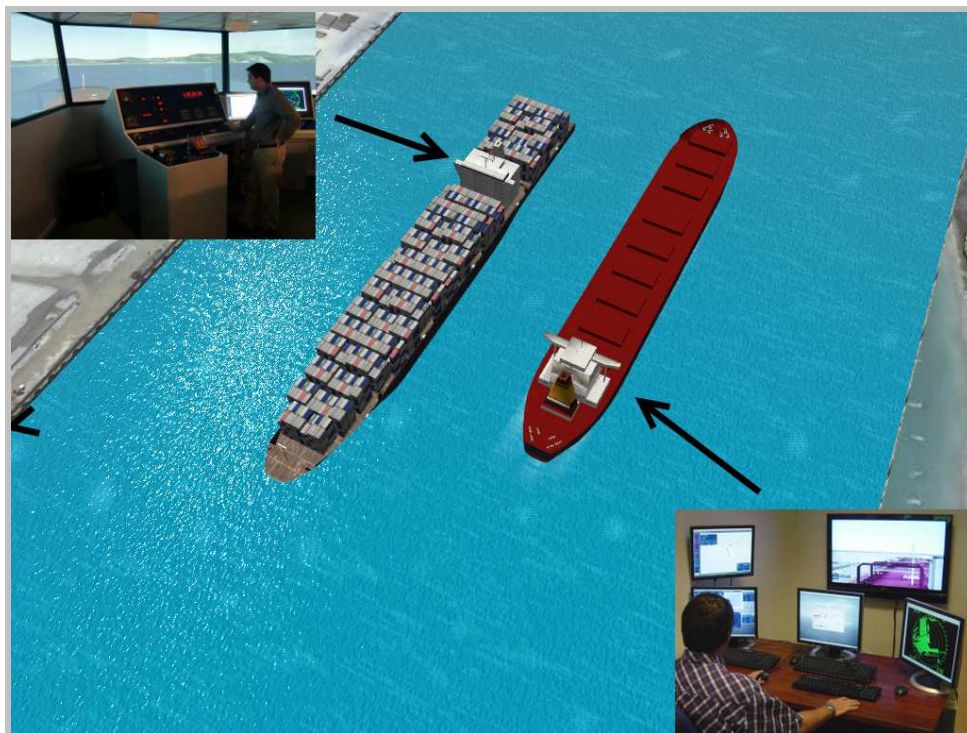


Figura 4. Simulação de manobras em tempo real

O modelo matemático opera com 6 graus de liberdade, e na evolução dos navios contempla-se a influência do vento, a corrente, as vagas, a profundidade, os efeitos de sucção da margem nas áreas delimitadas, o “squat” e as forças de colisão.

As manobras, que se realizam sob condições de vento de 20 nós de intensidade e considerando diferentes tipos de navio (um navio petroleiro de 186 m, um navio graneleiro Panamax de 245 m, um graneleiro Capesize de 290 m, um navio porta-contentores Panamax de 270 m e outro de 325 m e 42.8 m de boca), serviram para definir a largura do Canal de Acesso de forma a permitir manobras de cruzamento de navios de forma segura. Estas manobras contemplam também as distâncias mínimas de passagem e as velocidades máximas de navegação recomendadas para navios atracados, obtidas com base nos resultados dos modelos ROPES e OPTIMOOR.

A metodologia aplicada para dimensionar o canal baseia-se numa análise estatística de áreas ocupadas pelos navios durante a sua manobra nas condições consideradas mais relevantes para o dimensionamento do Canal de Entrada. Nesse sentido, realizaram-se 8 simulações de cada uma das condições selecionadas, tendo sido executadas mediante estratégias similares.

Dessa forma, obtém-se uma largura de canal necessária para a navegação de duplo sentido através do Canal de Acesso de 191 m.

RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho permitiu estabelecer recomendações sobre as velocidades de navegação e as distâncias de passagem de navios num canal de navegação com o objetivo de limitar os movimentos dos navios atracados, bem como as cargas nas linhas e defensas do navio atracado para valores abaixo do limite aceitável.

De igual forma, para aumentar o fluxo de navios num canal considerado até à data de uma só via de navegação, definiram-se as dimensões deste canal como um canal de dupla via de navegação a partir dos resultados das manobras de cruzamento de navios no simulador de manobra em tempo real. Para tal, utilizou-se, além da ponte principal do simulador, uma ponte auxiliar, ambas dirigidas por um Capitão.

O ponto de partida foi a avaliação das forças geradas pela interação hidrodinâmica entre os cascos dos navios (“forças de sucção”) sob a forma de série temporal, e dos momentos produzidos pelos navios próximos em navegação com o modelo numérico de simulação ROPES. Os resultados deste modelo numérico foram aplicados como dados de entrada para definir as velocidades máximas de navegação e as distâncias mínimas de passagem relativamente aos navios atracados no canal objeto do estudo, a partir dos movimentos do navio e das forças máximas nas linhas e defensas calculadas com o modelo numérico OPTIMOOR. Por último, os resultados do ROPES serviram igualmente para determinar os coeficientes hidrodinâmicos do modelo matemático dos navios utilizados no simulador e para definir a largura do canal com via dupla de navegação.