

TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES POR EL RIO DE LA PLATA Y RIESGOS DE COLISIONES

Ing. Jorge E. Abramian, Ing. Mariano Lapetina

Taylor Engineering, Inc.

Moldes 2906, 1A, 1429 Buenos Aires, Argentina

Resumen

EST. EXISTENTE

POSICION TOPOGRAFICA

Para el proyecto de ampliación del Puerto de Buenos Aires, se realizó un análisis de las características de los buques y de la navegación por el Río de la Plata. Ese análisis sirvió también para caracterizar la flota de buques petroleros y analizar su importancia dentro del conjunto. Se entiende que este trabajo contribuirá a fijar parámetros de diseño de puertos y canales y que también podrá tener aplicación en la evaluación de riesgos de colisiones. El artículo presenta los resultados del estudio realizado.

Basados sobre los registros de embarcaciones, se investigó la frecuencia de distribución de las esloras, mangas y calados. Primero se analizó el conjunto de barcos (más de 11000). Luego, se analizó la distribución por tipo de cargas, incluyendo a los petroleros. Se obtuvieron valores representativos de la distribución general y de las particulares tales como forma, media, mediana, y desviación standard. Se compararon los resultados y se analizó la influencia de las flotas particulares sobre la distribución conjunta.

Finalmente, el artículo menciona las conclusiones más importantes y avanza sobre la aplicación de la investigación realizada en el diseño de terminales portuarias y en el análisis de riesgos de accidentes.

Introducción

Como parte de los estudios realizados para la ampliación del Puerto de Buenos Aires, los autores analizaron la flota que navega a través del Río de la Plata. Este análisis sirvió de base para caracterizar la situación actual y las posibles interferencias a la navegación de las futuras obras de dragado y refulado para conformar el recinto. Este recinto ganado al río serviría como superficie de apoyo a las operaciones de las terminales de Puerto Nuevo.

Canales de Navegación: Acceso al Puerto de Buenos Aires y Dock Sud

Para acceder al Puerto de Buenos Aires desde la zona exterior del Río de la Plata, un buque debe recorrer aproximadamente 205 km a través de Canal Punta Indio, Canal Intermedio, Canal de Acceso al Puerto de Buenos Aires y, Canal Norte (acceso a

Puerto Nuevo) o Canal Sur (acceso a Dársena Sur y Dock Sud). Todos estos canales se encuentran adecuadamente demarcados con boyas y balizas. El origen de las progresivas se encuentra en la Dársena Norte del Puerto de Buenos Aires. Las características de los distintos canales son:

- Canal Punta Indio: Desde la boca del Río de la Plata es el primer canal. En su extremo exterior se encuentra Pontón Recalada que es la rada exterior del puerto. En dicha zona los prácticos abordan los buques que desean acceder al puerto. Este canal atraviesa el Río de la Plata Exterior con adecuadas profundidades naturales. Se tiene prevista su extensión pero actualmente el balizamiento alcanza hasta el km 205,3. Su extremo interior se halla en el km 121.
- Canal Intermedio: Luego de aproximadamente 80 km de recorrido, el Canal Punta Indio dá lugar al Canal Intermedio tras un quiebre de dirección. Este tramo culmina en el km 37 atravesando el Banco Chico y la Rada interior. A la altura del km 57 se bifurca el canal de acceso a Puerto La Plata. El canal presenta adecuada profundidad natural.
- Canal de Acceso a Puerto de Buenos Aires: A partir del km 37, el canal se denomina Canal de Acceso al Puerto de Buenos Aires. Este canal se mantiene mediante dragado a una profundidad de 32 pies. A la altura del km 12 de este canal se desprende el canal Emilio Mitre. El ancho de solera del canal es variable entre 150 y 165 m.
- Canal Norte y Sur: Entre los km 7 y 8 el canal de acceso se bifurca en dos ramales: el Canal Norte — acceso a Puerto Nuevo —, y el Canal Sur — acceso a Dársena Sur y Dock Sud. El Canal Norte tiene un ancho variable entre 110 y 150 m y una profundidad de 32 pies. El Canal Sur tiene un ancho promedio de 90 m y 9 m (29,5') de profundidad media (según información de la Delegación Dock Sud de la Administración Portuaria Bonaerense).
- Canal Emilio Mitre: En el km 12, desde el Canal de Acceso al Puerto de Buenos Aires se bifurca el Canal Emilio Mitre que permite el acceso al Río Paraná a través del Paraná de las Palmas. Tiene una longitud de 36 km, un ancho de solera de 100 m, y se mantiene mediante dragado a una profundidad de 32 pies. Este canal es uno de los accesos a la Hidrovía Paraguay-Paraná y los puertos de ultramar de la zona Rosario-Santa Fe. Actualmente es la ruta de acceso que ofrece mayor profundidad dado que la ruta alternativa (Canal Martín García - Paraná Guazú) fue concesionada algún tiempo después y todavía está en proceso de dragado.

Características de la Flota

Los canales del Río de la Plata son la boca de acceso no sólo para los puertos de Buenos Aires y Dock Sud sino también para el puerto La Plata, los puertos del Paraná Inferior (Zárate, Campana, etc.) y los puertos del área Rosario-Santa Fe. En total, al año navegan por ellos más de 10.000 embarcaciones transportando distintos tipos de carga, incluyendo buques de ultramar, de cabotaje marítimo y de cabotaje fluvial. Esto hace que la flota esté compuesta por distintos tipos de buques con dimensiones diversas. A continuación se analizarán las características de esta flota.

• Distribución de Esloras

En 1996 se registró el pasaje de 11.249 embarcaciones de carga y cruceros. Este número indica el número de viajes por los canales contándose como viaje cada vez que se atravesaron los canales, tanto al ingreso como al egreso. La mayoría de estas embarcaciones realiza varios viajes al año, generalmente en forma regular. Las embarcaciones correspondieron a los siguientes tipos: petroleros (entendido como hidrocarburos), aceiteros, carga general, portacontenedores, frigorífico y frigorífico-congelador, gaseros, graneleros, mineraleros, pesqueros, y roll on-roll off.

Los distintos tipos de buques ofrecen características muy diferentes. Tanto sus características geométricas como sus capacidades varían de acuerdo al tipo de carga, ruta a la que está destinado, y antigüedad. La composición de la flota y sus características varían para ajustarse a los condicionamientos del mercado. Por ejemplo, últimamente se registró un aumento de los tamaños de buques que arriban al Río de la Plata.

Mediante un análisis estadístico se estudiaron las características de esta flota. Tomando el total de la población de buques registrados en 1996 se estudió la distribución de las esloras y mangas. Primero se analizaron las ocurrencias de esloras clasificándolas en intervalos de 10 m. La Figura 1 muestra la distribución de esloras del total de la población y de los buques portacontenedores, carga general, graneleros, y petroleros. Para estos análisis se desearon 504 buques de los cuales no se disponía alguno de los datos.

Como se observa en la figura la distribución presenta varios picos. El primero se presenta alrededor de los 80 m de eslora. Dos picos más de similar importancia se alcanzan con esloras de entre 100 y 110 m, y esloras entre 210 y 220 m. Sin embargo, la mayor parte de los buques presentan esloras comprendidas entre los 130 y 190 m, con una cierta concentración alrededor de los 160 m. El valor medio de la distribución corresponde a 147,8 m y la mediana a 155 m. La eslora máxima corresponde a un buque granelero: el Mega Dale, con 261 m.

Además, se puede observar que el pico de la distribución general correspondiente a 80 m está compuesto en su mayor parte por petroleros de cabotaje. Estos buques operan generalmente entre Dock Sud, La Plata, Campana, Zárate, y San Lorenzo. El segundo pico está compuesto por buques de carga general y otros petroleros tanto de cabotaje fluvial como marítimo. Estos viajes incluyen destinos a varios de los puertos sobre el río Paraná incluyendo terminales ubicadas en San Lorenzo, Buenos Aires, Dock Sud y La Plata. En cambio, el pico principal está compuesto por buques de los cuatro tipos de buques mencionados. Entre los 125 y los 180 m de eslora se concentra la mayor parte de los buques de carga general que surcan el Río de la Plata, presentando una distribución homogénea entre dichos valores con un pico cercano a los 155 m.

Además de los buques de cabotaje, la distribución de los petroleros se concentra en tres puntos: 145, 165 y 185 m de eslora. La concentración responde al alto número de algunos buques petroleros.

En cambio, los buques portacontenedores presentan una distribución concentrada entre los 130 y 200 m de eslora, con un pico poco notable cerca de los 155 m. Los buques graneleros también se concentran entre los 130 y 190 m de eslora pero presentan un pico importante hacia los 165 m que, en coincidencia con el de los petroleros y el de los buques de carga general (155 m) conforman el empuntamiento de la distribución total. Finalmente, el pico de las esloras entre 210 y 220 m está compuesto en su mayor parte por buques graneleros que operan con las terminales de Rosario-Santa Fe.

La Figura 2 muestra la distribución de las esloras de los buques petroleros que circulan por el Río de la Plata. En esta figura se puede apreciar la contribución correspondiente a los mayores buques que transportan hidrocarburos, que atienden el servicio entre San Lorenzo, Campana, Dock Sud y las fuentes de provisión. Este transporte se encuentra atendido por varios buques que alcanzan entre 190 y 230 m de eslora, habiéndose registrado un valor máximo de 250 m correspondiente al buque Murano.

Los buques portacontenedores son los únicos que muestran una distribución unimodal con concentración de esloras entre los 125-205 m.

Debido a la limitación de profundidad en el puerto y los canales de acceso, hoy en día operan buques de hasta 2.000/2.500 TEU's de capacidad, con un promedio de operaciones de 1.000 movimientos por barco. Esto significa que en el Puerto de Buenos Aires se está operando con buques portacontenedores de segunda generación. El buque tipo de esta generación tiene unos 210 m de eslora (Vickerman, 1992) y manga suficiente para almacenar pilas de 10 contenedores de ancho. Los buques de tercera generación son los de tipo Panamax, de hasta 290 m de eslora y capacidad de 4.000 TEU's. Existe aún otra generación más de buques

portacontenedores en servicio: los post-panamax, de 4.000 a 5.000 TEU's de capacidad y con esloras de hasta 300 m. La última generación en construcción es la quinta: los post-panamax-plus, de 5.000 a 6.000 TEU's y hasta 330 m de eslora. Con las obras actualmente en curso — reacondicionamiento de la cabecera del segundo espigón a 36' — es de esperar la afluencia de buques mayores.

Los graneleros presentan una distribución bimodal. La mayor parte de los buques son menores a 200 m con la aparición de un pico entre los 210 y 220 m, correspondiente a los buques más modernos que ingresan debido a la profundización de los canales navegables.

Del análisis se concluye que la distribución de los buques petroleros y de carga general, si bien presentan una concentración entre los 130 y los 180 m, son menos uniformes y más extendidas que la de otras cargas. Esto se explica por la presencia de buques de cabotaje tanto marítimo como fluvial que presentan una gran variedad de geometrías.

• Distribución de Mangas

La Figura 3 muestra la distribución de las mangas de los buques del total de la población. Para la construcción de esta figura se analizó el número de ocurrencias de las mangas clasificando este parámetro en intervalos de 2,5 m, asignando dicho número al valor medio de cada intervalo. Para estos análisis también fueron desechados 504 buques de los cuales no se disponía alguno de los datos.

Si bien para la mayoría de los tipos de buques a mayor eslora corresponde una mayor manga, para distintos tipos de buques la relación eslora/manga es diferente. Esto produce que para una manga dada haya buques con grandes variaciones de eslora. En general los buques graneleros suelen ser más esbeltos que sus pares petroleros y portacontenedores. A pesar de ello, la manga máxima registrada corresponde al buque granelero General Madalinsky, con 43 m. El valor medio es de 23,7 m y la mediana, 24 m.

La Figura 3 muestra varios picos en la distribución de mangas. Alrededor de los 36 m se concentran los buques más modernos, de mayor ancho que las esclusas del canal de Panamá. Como se observa en la figura, actualmente pocos buques de este tipo navegan el Río de la Plata. Una importante proporción de los buques se concentran entre los 29 y 32 m de manga. Estos buques pueden cruzar el Canal de Panamá. En este rango se ubican graneleros de hasta 230 m de eslora y la mayoría de los portacontenedores. El pico principal de la distribución se concentra alrededor de los 24 m de manga conformado por buques de todos los tipos. Otro pico se concentra alrededor de los 19 m, compuesto en su mayor parte por los petroleros de cabotaje y buques pequeños de carga general. Finalmente, un 10 % de los buques presenta menos de 16 m de manga.

- Tonelaje de Registro Neto

Adicionalmente se realizó un análisis de los tonelajes de registro neto de los buques. El valor máximo es de 44.692 toneladas, el valor medio 8.109, la mediana es de 7.642 y el valor mínimo 157, para la flota completa.

En el caso de la flota petrolera, el valor máximo es de 43.892 toneladas, el valor medio 6.239, la mediana 4.304 y el valor mínimo 594. La comparación de estos valores con los de la flota completa permite apreciar que el TRN medio es inferior. Esto se debe a la contribución de los buques graneleros dentro de la flota total, dado que estos buques se concentran en dimensiones superiores a los buques de otras clases. Con respecto al TRN mínimo es mayor que el de la flota completa, que incluye la operación de buques pesqueros de escaso porte.

- Puertos de Buenos Aires y Dock Sud

Debido al interés particular del estudio realizado, también se analizaron las distribuciones de mangas y esloras de los buques que efectivamente entraron o salieron del Puerto de Buenos Aires y Dock Sud.

Las Figuras 4 y 5 muestran gráficos de barras con la distribución de esloras y mangas de los buques que navegan por los canales mencionados. Como se puede observar, la distribución de esloras es bastante extendida pero la mayor parte de los buques tienen esloras entre los 130 y los 200 m. El pico de la distribución corresponde al segmento de 150 a 160 m, seguido por el segmento 160-170 m. El valor medio es de 151,7 m, la mediana 157 m, la moda (valor más frecuente) 188 m y el valor máximo 261 m. En el caso de la manga, la distribución también se presenta bastante extendida. La mayor parte de los buques presenta mangas entre 20 y 33 m, lo que corresponde a buques tipo Panamax o menores. Se puede observar la ausencia de buques con mangas entre 33 y 35 m, y la aparición de algunos buques de mangas entre 35 y 43 m. Estos últimos corresponden a buques más modernos de tipo post-panamax, en general graneleros, que son los que presentan esloras superiores a los 220 m. El valor medio de la distribución es 24,5 m, la mediana 25, la moda 28 m y el valor máximo 41 m.

Los puertos de Buenos Aires y Dock Sud tienen como característica especial la presencia de terminales de contenedores, lo que todavía no sucede en otros puertos aguas arriba de la Hidrovía Paraguay-Paraná. Esto genera que los portacontenedores sólo tengan como destino estos puertos. Además, Buenos Aires y Dock Sud manejan mucho menos graneles sólidos que las terminales de Rosario-Santa Fe, por lo que la mayoría de los buques graneleros no recalca en ellos. Esto puede generar que la flota que opera habitualmente con estos puertos presente características diferenciales con respecto a la flota que navega el Río de la Plata. Para analizar este fenómeno se realizó una comparación de las distribuciones de esloras y mangas. Las Figuras 6 y 7

muestran dicha comparación. Para ello se prepararon los histogramas de frecuencias, relativizando los valores de las Figuras 4 y 5 al dividirlos por la cantidad de buques en la población.

La Figura 6 muestra que existe coincidencia apreciable en la distribución de esloras de buques que recalán en Buenos Aires y Dock Sud y la correspondiente al total del Río de la Plata. Sin embargo, existen pequeñas diferencias debidas a los tipos de carga que se manejan en estos puertos. En primer lugar se observa que los picos de las distribuciones se encuentran corridos: distribución general, franja de 160-170 m; Puertos, franja de 150-160 m.

En segundo lugar existe una importante diferencia entre la distribución general y la de los puertos en el número de buques de 210 a 220 m de eslora. Este segmento de buques corresponde a modernos graneleros de gran capacidad. Por una cuestión económica, la mayor proporción de buques de estas dimensiones navega el Río de la Plata hacia el Paraná sin escalas. Estos buques deben completar carga en puertos de aguas profundas.

El corrimiento de los picos arriba mencionado responde al comportamiento de las rutas de los buques: la mayor parte de los graneleros van hacia el Paraná y la mayor parte de los portacontenedores recalán en Puerto de Buenos Aires y Dock Sud. De esta manera, el pico de ocurrencias del puerto de Buenos Aires coincide con el pico de ocurrencias de la distribución general de buques portacontenedores.

Por último se observan diferencias en el segmento de esloras entre 70 y 100 m. En general, estas esloras corresponden a buques petroleros y de carga general de cabotaje que hacen viajes entre puertos del litoral marítimo argentino-brasileño y de los ríos Paraná y Uruguay.

La escasa participación de buques de pequeñas esloras y grandes graneleros en el Puerto de Buenos Aires es la causa de la diferencia de forma de las distribuciones general y de los puertos. Cuando la distribución de ocurrencias de esloras en el Río de la Plata es multimodal, la de los puertos tiende a ser bimodal.

Con respecto a la distribución de mangas se aprecia el mismo fenómeno: la ausencia en Buenos Aires y Dock Sud de mangas entre 34 y 40 m (corresponden a los grandes graneleros); una superior concentración superior en mangas entre 26 y 32 m (mayor proporción de buques portacontenedores), y ausencia de mangas entre 18 y 20 m, y entre 12 y 15 m (buques de cabotaje).

Al igual que en la distribución de esloras existe un corrimiento entre los picos de las dos distribuciones, aunque en esta oportunidad el corrimiento es en el sentido opuesto: en la franja correspondiente a 22-25 m de manga se aprecia una mayor concentración de ocurrencias en el Río de la Plata que en Buenos Aires y Dock Sud.

Esto es producto de la mayor proporción de graneleros que navega aguas arriba. Como fuera mencionado anteriormente, a igual eslora, un buque granelero suele ser más esbelto que un buque de carga general o un portacontenedores. Muchos de los graneleros y petroleros cuyas esloras varían entre 150 y 180 m tienen mangas cercanas a los 24 m. En cambio, los buques portacontenedores de esloras similares tienen mangas cercanas a los 27 m.

Distribución de la Flota y Análisis de Riesgos

En el análisis de contingencias normalmente se utilizan modelos para la determinación del riesgo. Este riesgo es función de la magnitud de las consecuencias y de la probabilidad de ocurrencia (PIANC-IAPH, 1997).

En ambos factores intervienen variables relacionadas con las características de los buques y la frecuencia del tráfico. Por ejemplo, en la evaluación de la magnitud de la contingencia, el porte del buque o su eslora y manga pueden servir de parámetros de evaluación — no exclusivos — de los volúmenes involucrados en un derrame. Para una determinada ruta de navegación, la distribución de esloras y mangas puede ser transformada en una función de probabilidad de magnitud de la contingencia.

Por otro lado, la frecuencia de accidentes es función de las características ambientales (oleaje, vientos, corrientes, visibilidad, etc.), de las probabilidades de encuentro entre naves, de su maniobrabilidad, del ancho del canal de navegación, de las ayudas a la navegación, y del factor humano — la edad de los buques no aparenta ser un factor de riesgo importante (Bowdidge, 1977). Como las probabilidades de encuentro tienen relación con el tráfico total y la maniobrabilidad tiene relación con el tipo de buque, para la determinación de la frecuencia de accidentes resulta importante la consideración del número de buques utilizando la ruta de navegación. El número de buques, entonces, tiene más significación cuando es clasificado y relacionado por su tamaño con la maniobrabilidad.

Hasta el momento existe una escasez considerable de estudios para la determinación de las frecuencias de accidentes. Además, la mayoría de los estudios existentes se orientan a la determinación del riesgo de colapso de estructuras (ej. Pedersen et al., 1993). Sin embargo, AASHTO (1991), utiliza los conceptos vertidos aquí cuando desarrolla una fórmula para la determinación de la Frecuencia Anual de Colapso de Pilas de Puentes. En la guía para el diseño de puentes al impacto de embarcaciones, la AASHTO especifica que este valor depende del número anual de embarcaciones clasificado por tipo, tamaño y condiciones de carga. Otros factores que considera incluyen la probabilidad de curso aberrante, la probabilidad geométrica, y la probabilidad de colapso. De estos, el de mayor interés para la estimación del riesgo de colisión es el correspondiente a la probabilidad de curso aberrante.

Conclusiones

El creciente interés por proteger el medio y al mismo tiempo satisfacer y adecuar las infraestructuras y prácticas para cumplir con MARPOL y otros tratados internacionales, exige la toma de decisiones respecto de sistemas de prevención de accidentes. Para la correcta evaluación de las alternativas y para asegurar una adecuada relación inversión/seguridad se requiere profundizar el conocimiento actual de los riesgos. Si bien pueden utilizarse algunas metodologías extranjeras, cuando estas fueran aplicables deberían ser adaptadas a las condiciones locales. El tratamiento estadístico y sistemático para estudiar 1) el tráfico y su composición, 2) los derroteros y maniobras de las embarcaciones, y 3) las condiciones de ocurrencia de accidentes, todavía es una asignatura pendiente.

El tipo de análisis presentado para evaluar las posibles interferencias en las operaciones portuarias de los dragados y refulados podría ser el punto de partida de sucesivos estudios para asociar las variables de riesgo a la probabilidad total de ocurrencia de una contingencia.

Referencias

AASHTO, 1991, *Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington.

Bowdidge I.D., 1977, *Collisions and Strnadings in the Dover Strait Area 1960-1976*, National Maritime Institute, Middlesex, England.

Pedersen P.T., S. Valsgard, D Olsen, and S. Spangenberg, 1993, *Ship Impacts Bow Collisions*, Third International Symposium on Structural Crashworthiness and Failure, University of Liverpool, UK.

PIANC-IAPH, 1997, *Approach Channels, A Guide for Design*, Permanent International Association of Navigation Congresses, Bruselas.

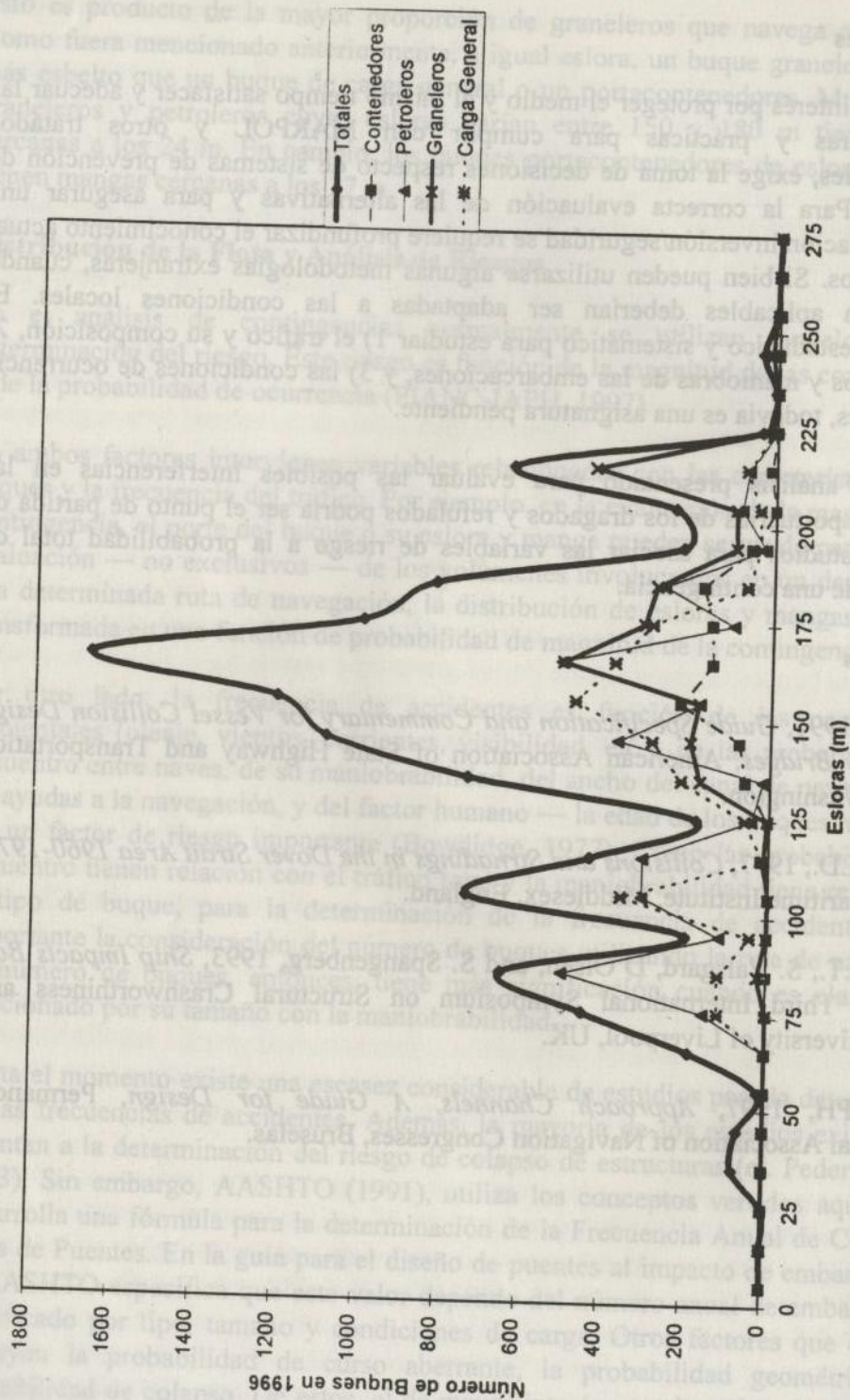


Figura 1 Río de la Plata - Distribución de Esloras en 1996

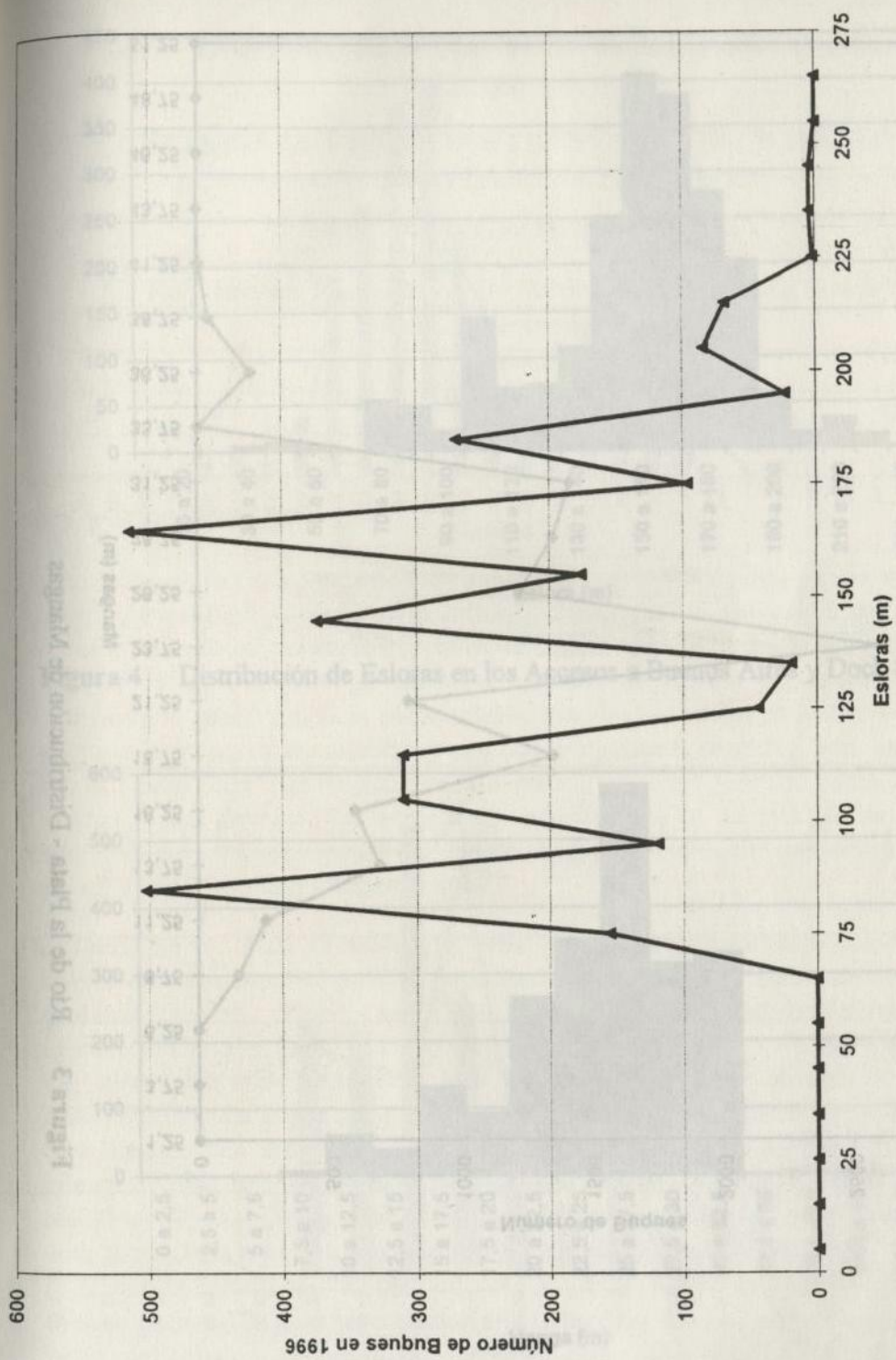


Figura 2 Río de la Plata - Distribución de Esloras de Petroleros en 1996

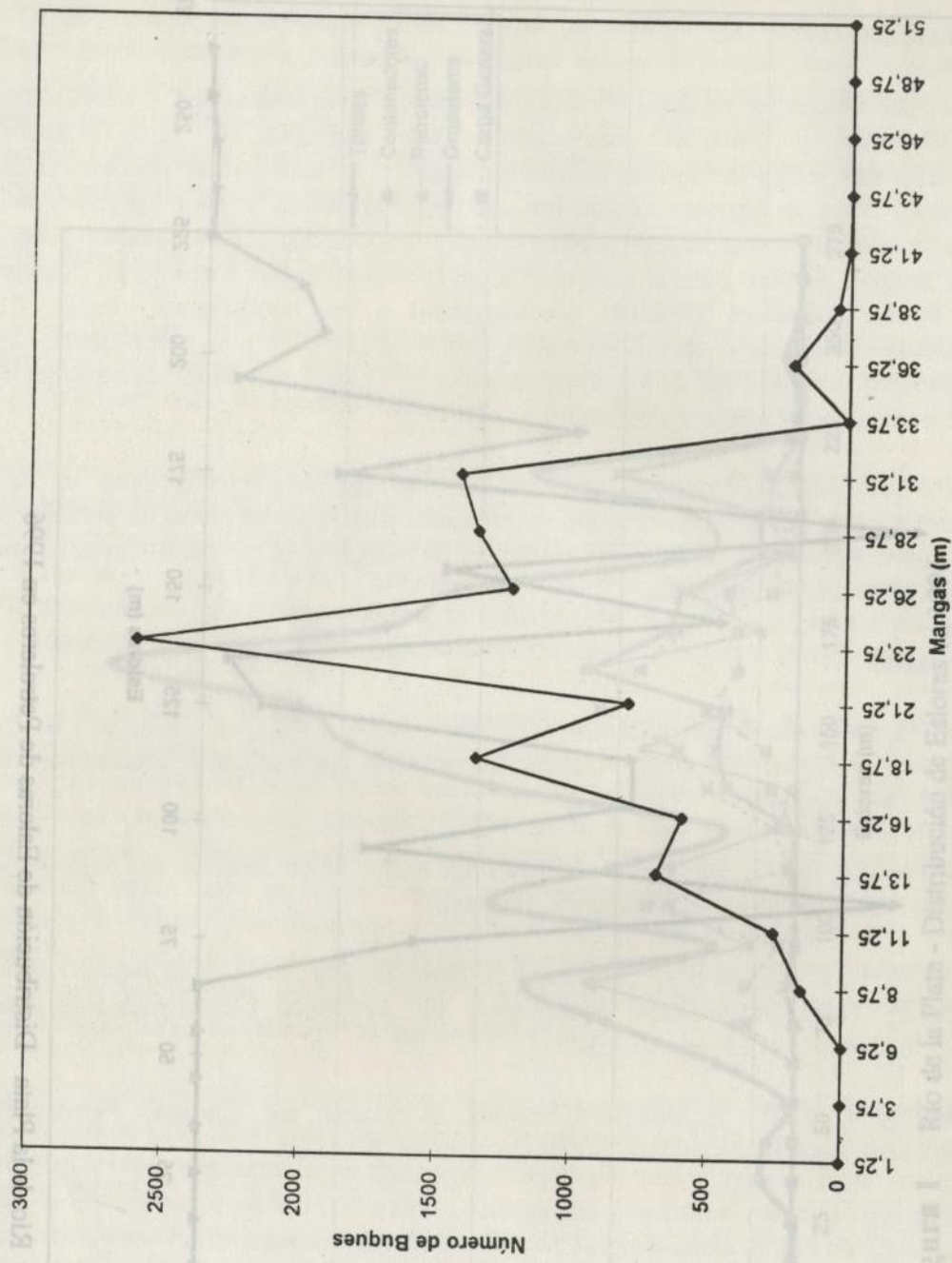


Figura 3 Río de la Plata - Distribución de Mangas

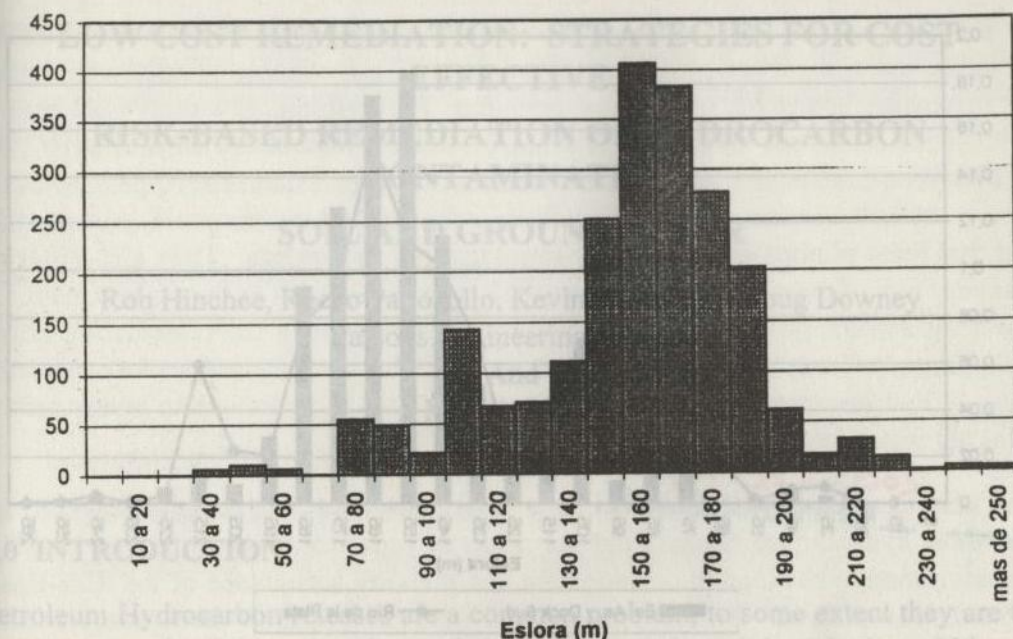


Figura 4 Distribución de Esloras en los Accesos a Buenos Aires y Dock Sud

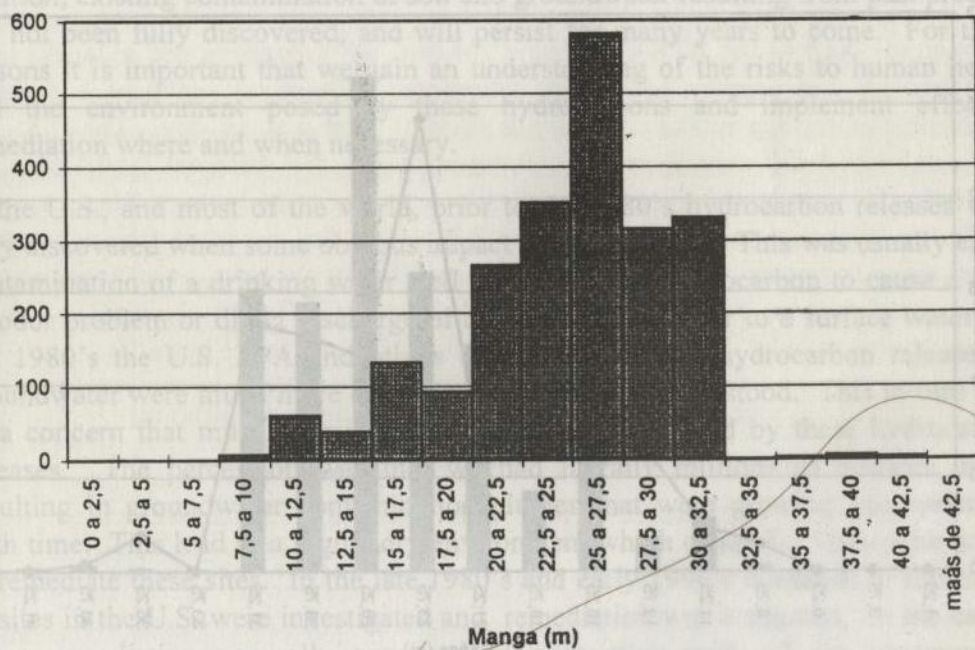


Figura 5 Distribución de Mangas en los Accesos a Buenos Aires y Dock Sud

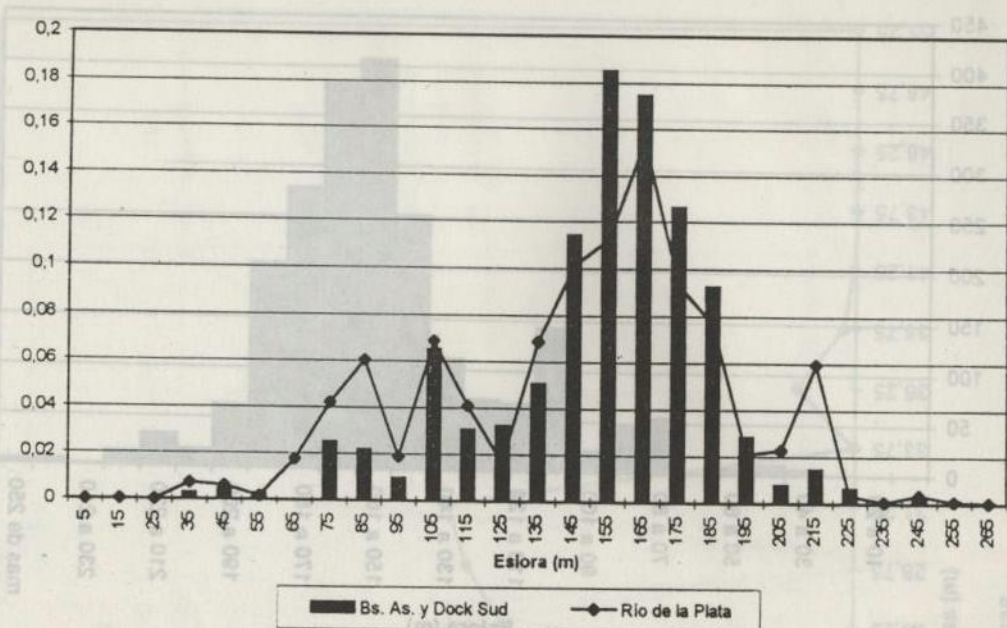


Figura 6 Comparación entre las Distribuciones de Eslora

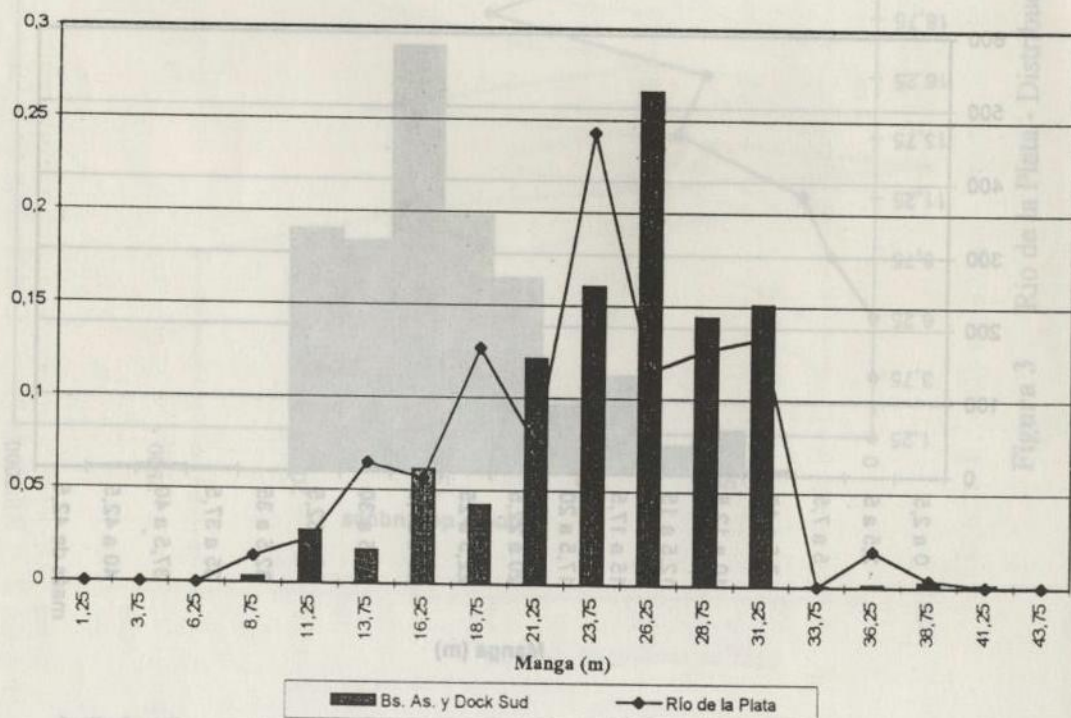


Figura 7 Comparación entre las Distribuciones de Manga