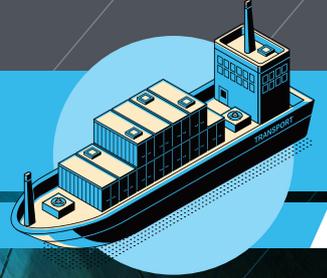


JST | SEGURIDAD EN
EL TRANSPORTE

NOTA DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Modo: Marítimo, fluvial y lacustre



NAVEGACIÓN FLUVIAL

Argentina **unida**



Ministerio de Transporte
Argentina

INTRODUCCIÓN

El día 31 de agosto de 2020 se cruzaron de vuelta encontrada el B/M “NOVA CAELI” (9836414) en navegación aguas arriba, con velocidad sobre el fondo de **11,7 nudos** y el B/M “IMABARI QUEEN” (9767766), navegando aguas abajo con velocidad sobre el fondo de **12,4 nudos**.

La zona está habilitada para el cruce y posee un **límite de velocidad de 11 nudos** acorde la Disposición PZBP RI,7 N°16/17 concordante con Art. 301.0403 del REGINAIVE.

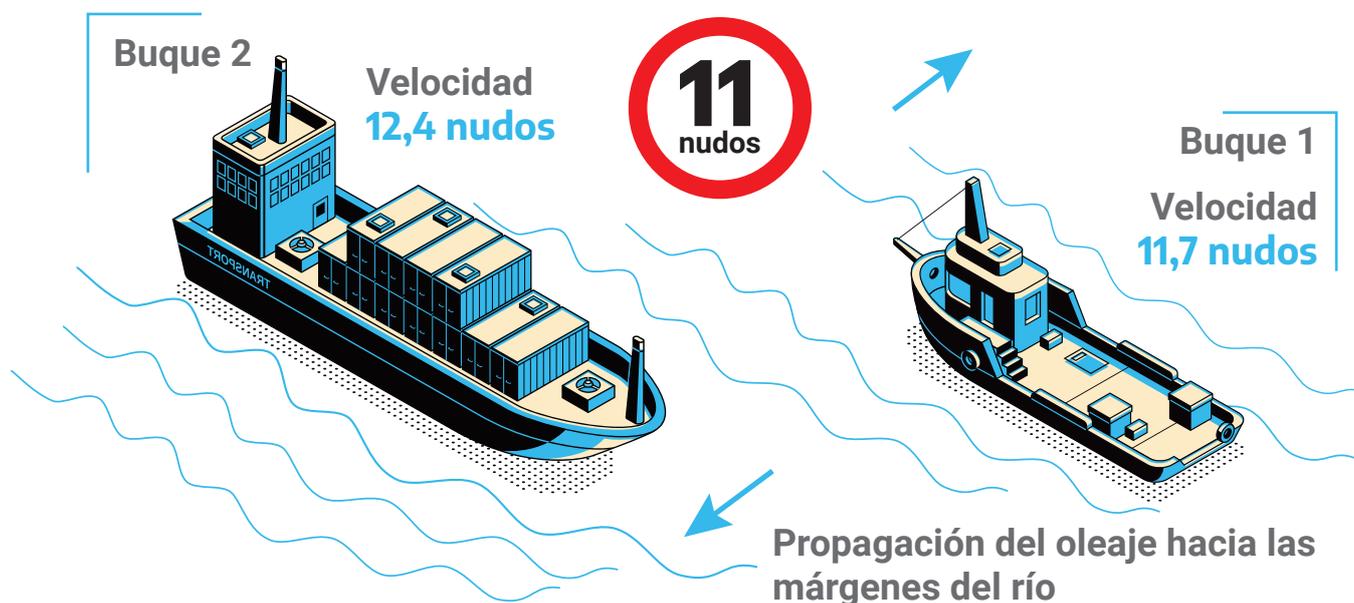
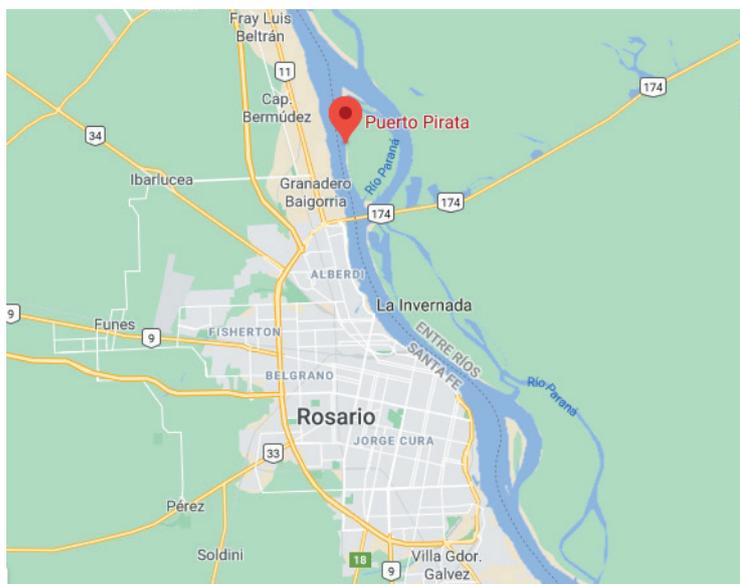


Imagen a modo ilustrativo

Como consecuencia del evento, las **olas generadas** por el paso de estos buques **causaron daños a embarcaciones menores** ubicadas en el parador “Puerto Pirata” situado en el Km. 433,5 del Río Paraná, margen izquierda, Provincia de Santa Fe.



¿POR QUÉ SE PRODUCEN ESTAS OLAS?

Número de profundidad de Froude

La resistencia hidrodinámica al avance de un buque en un canal se puede representar por el número de profundidad de Froude.

Es un número adimensional que relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido. Debe su nombre al ingeniero hidrodinámico y arquitecto naval inglés William Froude (1810 - 1879). De esta forma, el número de Froude se puede escribir como:

$$F_{nh}^2 = \frac{\text{fuerza de inercia}}{\text{fuerza de gravedad}}$$

Una vez desarrollada ambas ecuaciones de fuerzas de inercia y de gravedad para un canal, el número de Froude se define como:

$$F_{nh} = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

v= Velocidad del buque sobre el agua en [m/s].

g= Aceleración de la gravedad [m/s²]

h= Profundidad [m].

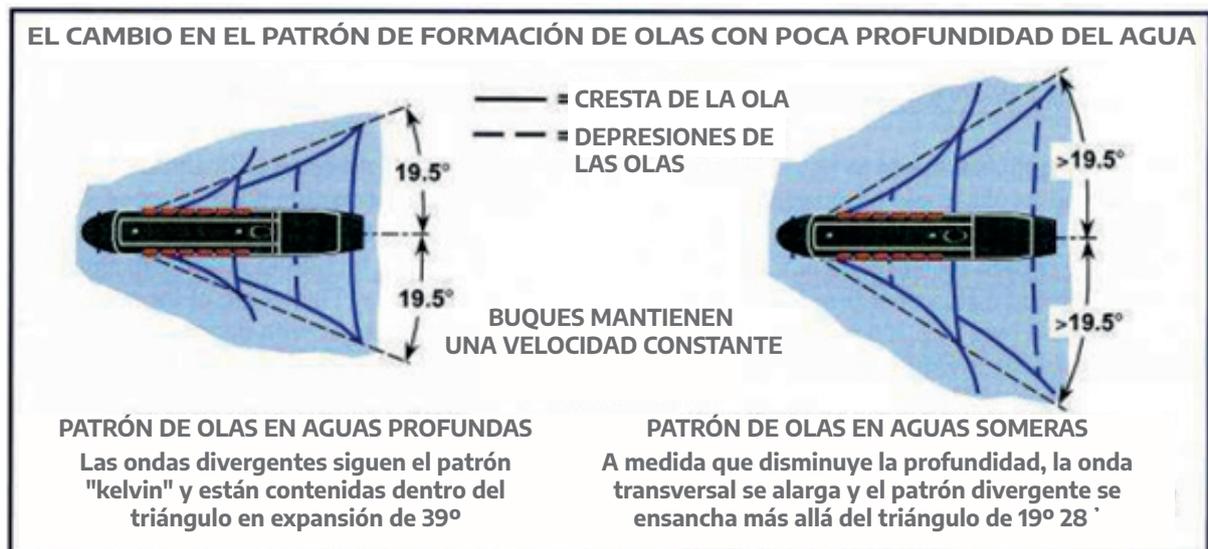
Los buques mercantes convencionales de gran porte poseen números de profundidad de Froude menores a 1 (uno), toda vez que cuanto más se aproxime este número a la unidad, la resistencia al avance alcanzará valores más altos, por lo cual, para mantener iguales velocidades tienen que aplicar mayores potencias cuanto mayor sea "Fnh".

Consecuentemente, el buque aumentará considerablemente la resistencia al avance, formará olas transversales y divergentes mayores por lo cual acumularán más energía que a su vez llegará y será descargada súbitamente en las orillas.

EL PATRÓN DE OLAS DE KELVIN

Mientras el buque avanza produce un cambio de presión en el agua que provoca un ascenso del nivel en la proa que se divide a ambos lados del buque.

En aguas profundas, esto genera un patrón de ondas transversales y divergentes que forman un ángulo de aproximadamente $19^{\circ}5'$ a cada lado. Al llegar a aguas someras, el número de profundidad de Froude aumenta, con lo cual también la resistencia a la generación de olas para la misma velocidad, las olas de proa crecen en altura, el sistema de olas divergentes también se amplía más allá de los $19^{\circ}5'$, con mayores longitudes de onda y velocidades que aumentan cercanas a la velocidad del buque.



¿CUALES PUEDEN SER LAS CONSECUENCIAS DE ESTE FENÓMENO?

Estas olas divergentes y trasversales de proa y popa se propagan por la vía navegable hacia las orillas donde sufren cambios al encontrarse con variaciones en la profundidad, en la pendiente, estructuras, corriente y viento hasta que descargan abruptamente su energía, provocan movimientos oscilantes, ascendentes y de traslado a las embarcaciones que se encuentren a su paso.

Este efecto puede generar el corte de amarras, la caída accidental de una persona al agua, la reflotación o garreo de las embarcaciones menores embicadas o fondeadas o el atrapamiento de una persona entre embarcaciones consecutivas que sean desplazadas.

¿QUÉ PARÁMETROS INFLUYEN EN LA ACUMULACIÓN Y DESCARGA DE LA ENERGÍA DE ESTAS OLAS?

Los mismos parámetros que influyen en el aumento del número de profundidad de Froude afectan a estas olas haciendo que acumulen mayor energía y representen mayores riesgos.

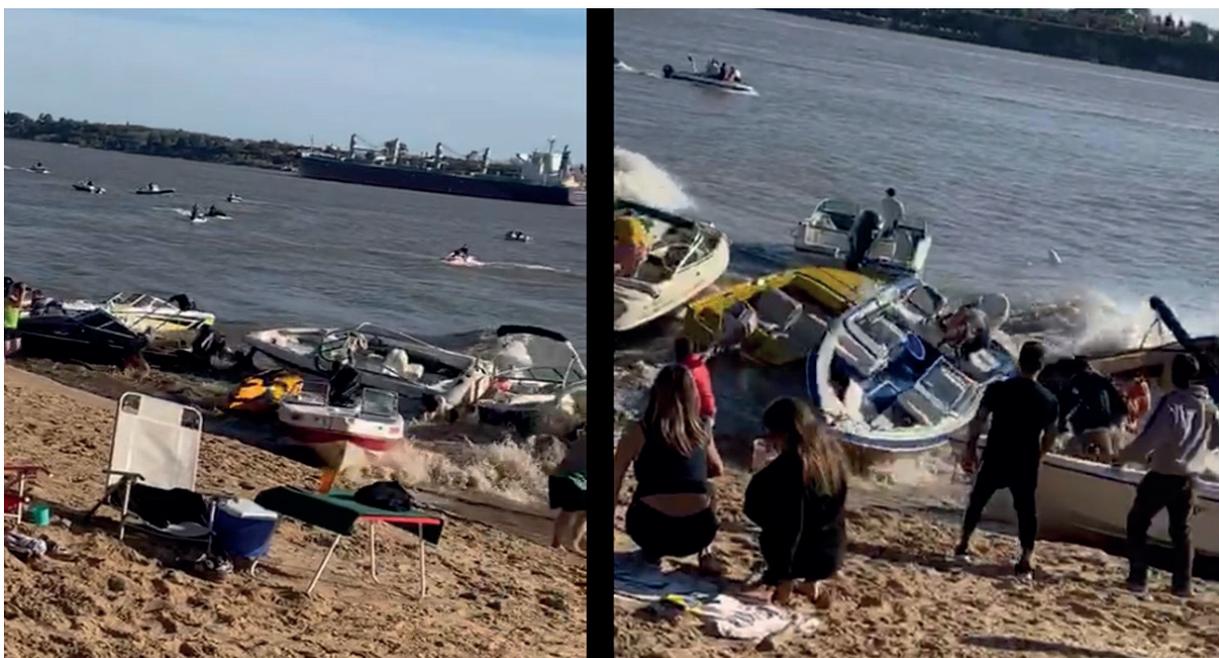
Por lo tanto:

v = Velocidad del buque sobre el agua; o sea, a iguales velocidades sobre el fondo, el buque que se desplace aguas arriba tendrá un número de profundidad de Froude mayor.

h = Profundidad del lugar, a menor profundidad del canal, mayor será el número de profundidad de Froude para la misma velocidad del buque. Asimismo, una costa con mayor pendiente recibirá una descarga más abrupta de la energía de la ola.

ANTECEDENTES DE INCIDENTES POR ESTE EFECTO

Tanto a nivel nacional como a nivel mundial se cuenta con un gran número de antecedentes de incidentes en los cuales este efecto de la disipación de la energía del buque a través de la generación de olas divergentes y transversales produjeron o contribuyeron al corte de amarras, generación de riesgos en las operaciones de carga y daños en las embarcaciones menores próximas a la costa.



Video referencia: <https://youtu.be/ZzvU7feCiaY>



EL PROBLEMA

Durante épocas de bajantes extraordinarias, la profundidad del río desciende considerablemente, las orillas están más cerca del canal y la pendiente de la costa se modifica, en algunos casos se torna mucho más pronunciada.

Por tal motivo, para una misma velocidad de tránsito, **las olas generadas por los buques durante épocas de bajantes extraordinarias son mayores y producen mayores consecuencias** con respecto a la misma situación con condiciones de altura normal del río.

MEDIDA MITIGATORIA ADOPTADA POR LA PREFECTURA NAVAL ARGENTINA

Con fecha 26/10/2020 por Disposición DI-2020-66-APN-PZBP#PNA se dejó sin efecto la Disposición PZBP, RI.7 N° 16/2017 la cual determinaba una velocidad máxima de 11 nudos, estableciéndose por el término de 90 días una nueva velocidad máxima de 9 nudos entre los Km 406 a 435 del Río Paraná, asimismo, esta nueva norma permanecerá vigente hasta tanto cesen las condiciones que originaron la misma (pronunciada bajante extraordinaria que presentan las aguas del Río Paraná), pudiendo ser modificada total o parcialmente cuando existan nuevos elementos técnicos de juicio que así lo aconsejen.

CUANTIFICACIÓN DEL EFECTO DE LA MEDIDA MITIGATORIA Y DE LOS BUQUES CON EXCESO DE VELOCIDAD UTILIZANDO DE REFERENCIA AL “Fnh”.

Tramo Puerto Rosario.	Fnh 04-04-2018 (antes de la bajante)	Fnh 31-08-20 (día del evento)	% de exceso sobre el “Fnh de referencia” para el día del evento
Determinante	12,40	8,70	---
Altura del río Puerto Rosario	4,05	0,97	---
Profundidad efectiva	16,45	9,67	---
Velocidad 9 nudos	---	0,475614	7 %
Velocidad 10 nudos	---	0,528004	18 %
Velocidad 11 nudos	0,44578	0,58142	30 %
Velocidad 12 nudos	0,485947	0,63381	42 %
Velocidad 13 nudos	0,526902	0,687226	54 %

En el cuadro anterior se aprecia:

- a) La efectividad de la medida adoptada por la Autoridad Marítima dado que tiende a mantener constante el "Fnh".
- b) El aumento considerable en el "Fnh" a igual velocidad de tránsito para diferentes profundidades del río.

NOTA DE SEGURIDAD OPERACIONAL DE LA JST

Por lo expuesto, la JST emite la presente Nota de Seguridad Operacional a la Autoridad Marítima con el objeto de que en épocas de bajante extraordinarias se refuercen las medidas de control de seguridad operacional y se adecúen los límites de las velocidades máximas de tránsito de los buques tomando en cuenta:

- El cálculo del número de profundidad de Froude acorde la profundidad efectiva del río.
- El cálculo del número de profundidad de Froude acorde la influencia de la corriente en la velocidad al agua de los buques, en especial para los que transitan aguas arriba.
- La velocidad mínima compatible con el buen gobierno acorde las circunstancias particulares.
- Verificar las condiciones de seguridad de los dispositivos y/o métodos aplicados para la estancia de las embarcaciones en la costa, ya sea que estén amarradas, fondeadas o embicadas.
- Recorrer periódicamente la costa a fin de verificar si la nueva pendiente, forma y orientación de la línea de bajante facilita el efecto de interferencia constructiva de las olas y/o la creación de una rompiente que provoque una descarga violenta de la energía acumulada en las olas.



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2020 - Año del General Manuel Belgrano

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: NSO 01-20

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 7 pagina/s.