

Paper CA1224_Andrini_J - ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES DE DRAGADO EN BASE A DATOS AIS

Andrini, Juan Cruz; Temer Leonel
EMEPA S.A.

Email: andrinijuancruz@gmail.com

ABSTRACT: El monitoreo de los trabajos que realizan los equipos de dragado utilizados en un determinado proyecto es una tarea importante. La utilización del AIS (Automatic Identification System) puede configurarse como una herramienta fundamental dentro de dicho monitoreo, en particular para dragas de succión en marcha (TSHD).

El control por medio de AIS de los movimientos de las dragas TSHD permite realizar el seguimiento de distintos aspectos relevantes durante la operación. Un claro ejemplo de ello es la verificación del cumplimiento de las zonas definidas y aprobadas para la descarga del material extraído. Otro de los aspectos importantes que puede ser controlado de esta manera, son los tiempos que componen el denominado ciclo de trabajo del equipo (dragado, descarga y navegación en ambos sentidos). En aquellos casos en los que se disponga de las especificaciones técnicas de las embarcaciones utilizadas, en especial las capacidades de cántara y sus factores de aprovechamiento (dados por el tipo de suelo y basados generalmente en la experiencia de trabajos antecedentes), los tiempos mencionados permitirán realizar una primera estimación de volúmenes extraídos y posteriormente descargados en cada uno de los ciclos mencionados.

El presente trabajo tiene por objetivo el desarrollo de una metodología para realizar una adecuada estimación de volúmenes dragados por equipos TSHD en base al procesamiento de datos de AIS y mostrar su aplicación en el caso de la draga Capitán Nuñez durante una de sus campañas de dragado en la Vía Navegable Troncal. Para este último caso, los valores calculados fueron comparados con aquellos informados oficialmente por la Administración General de Puertos S.E. en su carácter de Administrador de la Vía Navegable, con resultados acordes para una instancia preliminar de control o de estimación de volúmenes extraídos.

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de un contexto mundial como el actual, caracterizado por el fenómeno de globalización, el aumento demográfico y el desarrollo continuo de nuevas tecnologías, el transporte por agua se configura como un pilar fundamental para el comercio internacional de bienes y servicios. Los proyectos relacionados con esta modalidad de transporte, en especial aquellos que tienen por objeto el desarrollo de infraestructura para la navegación, cobran una importancia relevante y deben dar respuesta a las demandas con el fin de sustentar y mantener economías tanto locales como regionales y/o nacionales.

Las obras de dragado, destinadas generalmente a incrementar y mantener las profundidades disponibles en vías navegables e instalaciones portuarias, juegan un papel primordial dentro del escenario anteriormente descrito. En este tipo de proyectos, el monitoreo continuo de las tareas ejecutadas por los equipos de dragado puede ser importante, no solo para verificar el cumplimiento de las condiciones contractuales,

sino también para analizar de manera detallada los ciclos de trabajo realizados y desde allí intentar optimizarlos.

Existen distintas tipologías de equipamiento y la elección adecuada del mismo para garantizar una ejecución exitosa de los trabajos dependerá de las características de cada proyecto en particular (tipo de suelo a extraer, profundidades de dragado y condiciones ambientales). La draga de succión por arrastre, TSHD por sus siglas en inglés (Trailing Suction Hopper Dredge), es actualmente uno de los equipos más relevantes y de mayor uso en la industria debido a una gran cantidad de ventajas entre las que se destaca su gran versatilidad.

Las dragas TSHD funcionan como un buque muy especializado. Realizan la totalidad de las operaciones de dragado mientras se desplazan con el movimiento de un barco normal y es allí donde surge la posibilidad de implementar el sistema AIS (Automatic Identification System) como una herramienta de monitoreo con gran potencial. Esto, no solo permite realizar un seguimiento de los equipos trabajando y con ello

obtener un detalle de la operatoria (tiempos y distancias), sino que también da la posibilidad de, conociendo ciertas características de las dragas, **estimar volúmenes extraídos**.

2 DESARROLLO

2.1 Producción de Equipos de Dragado

La producción de un equipo de dragado, es decir, la cantidad de material extraído por el mismo durante un determinado período de tiempo, es uno de los aspectos que pueden ser monitoreados a la hora de ejecutar una obra. Si bien este dato es de fundamental importancia, ya sea por cuestiones relacionadas con la certificación de volúmenes, el control de las operaciones o aspectos de índole ambiental, su obtención no es sencilla y en general existen distintos métodos de medición.

En particular para las dragas de succión por arrastre, en la etapa de ejecución de obra, se pueden distinguir diversas metodologías para la determinación de los volúmenes extraídos, entre los cuales se pueden mencionar la comparación de relevamientos batimétricos de pre y post dragado, los controles de caudales en tuberías, o de erogación por vertederos, las mediciones en cántara o en sitios de descarga, entre otros.

Si bien son varias las posibilidades a la hora de definir valores de producción para un equipo, las características operativas de las dragas TSHD (ver apartado 2.2) hacen posible que por medio del procesamiento de datos **AIS** (ver apartado 2.3), es decir, en base al seguimiento remoto de los equipos y la identificación de los distintos ciclos de trabajo, se realice una primera estimación de volúmenes de material en cántara. Para ello, se requiere conocer una serie de parámetros propios del equipo y de las experiencias en trabajos anteriores que, de estar disponibles, permitirán arribar a resultados acordes para una etapa de control preliminar.

2.2 Draga de Succión por Arrastre (TSHD)

Este tipo de equipos se clasifica dentro de la categoría de “dragas mecánicas / hidráulicas”. Básicamente son buques autopropulsados que poseen cántaras en las que se deposita el material dragado para luego expulsarlo en las inmediaciones de la zona trabajo o transportarlo horizontalmente hasta el sitio de descarga. El dragado se realiza mientras la draga navega a bajas velocidades utilizando tubos de succión que se ubican a los costados del buque y que se bajan hasta ponerlos en contacto con el fondo. La succión del material, mezcla de agua y sedimentos, se realiza por medio de bombas

centrífugas. En la Figura 1 se observa la representación de una draga TSHD trabajando.



Figura 1: Esquema de Draga TSHD durante el proceso de dragado

Estos equipos de dragado se caracterizan por su tener una gran versatilidad dada por el abanico de materiales que puede extraer, las distintas modalidades de descarga y su capacidad de poder trabajar tanto en aguas protegidas como no protegidas. Estos aspectos le otorgan la posibilidad de ser empleadas en proyectos de distinta índole, incluyendo dragados de apertura y mantenimiento, rellenos de playa, excavación de trincheras, entre otros.

Este tipo de dragas se clasifican en función de su capacidad de cántara, que es el equivalente a la bodega de los buques de carga, es decir, el lugar donde se almacena el material removido para luego transportarlo al lugar de deposición final. La cántara puede tener de 1000 m³ a 46.000 m³, pero las unidades con más de 20.000 m³ son muy escasas. Los equipos con menos de 4.000 m³ se clasifican como pequeños, aquellos de entre 4.000 a 7.000 medianos y de 7.000 a 11.000 como grandes. Para tamaños mayores se asignan categoría Jumbo (11.000 a 20.000) y Mega (más de 20.000).

Dadas las características particulares de estas dragas y su metodología de operación, los rendimientos o valores de producción de las mismas tienen una influencia directa sobre los costos del proyecto y por lo tanto, es importante comprender de que factores depende y como se compone el llamado “Ciclo de Dragado”.

El trabajo de un equipo de succión por arrastre puede entenderse como una serie de ciclos de dragado sencillos, es decir, en una sucesión de etapas o fases que pueden resumirse a grandes rasgos de la siguiente manera:

1. Carga de la cántara - Etapa de dragado
2. Navegación a sitio de descarga (cargada)
3. Descarga de la cántara en sitio de descarga

4. Navegación a sitio de dragado (descargada)

La productividad de la draga dependerá del tipo de material a extraer, la capacidad de la cántara (volumen efectivo) y, dicho de manera general, de la duración total del ciclo de trabajo del equipo, incluyendo tiempos de dragado, tiempos de navegación al sitio de descarga, tiempos de descarga y tiempos de giro, entre otros.

Por lo tanto, si se conociera la capacidad de cántara, el factor de aprovechamiento de la misma para cierto tipo de material (volumen efectivo) y el número de ciclos realizados por el equipo en cierto período de tiempo, es posible estimar de manera acertada el volumen de material removido durante las tareas realizadas.



Figura 2: Dragas TSHD vista desde puente de mando durante elevación de tubos de succión luego de completar su cántara y previo a la navegación hacia sitio de descarga.

2.3 Automatic Identification System (AIS)

El Sistema de Identificación Automática (AIS) es un sistema de emisión de datos instalado en buques y estaciones terrestres que trabaja en la banda marina de VHF. El principal objetivo de este sistema es permitir la identificación de los buques, es decir, que estos comuniquen su posición y otra información relevante adicional para que otros buques o estaciones en tierra puedan conocerla. De esta manera se logra evitar colisiones y además asistir al buque durante su navegación. Por lo tanto, esta herramienta contribuye no solo a la seguridad en la navegación, sino que también a la eficiencia en la gestión del tráfico por agua.

El Sistema de Identificación Automática fue aprobado por la OMI (Organización Marítima Internacional) en el año 2002 y es obligatorio desde diciembre de 2004 para aquellos buques sometidos al Convenio SOLAS que cumplan con las siguientes características:

- Buques con arqueado bruto superior a 500 GT;
- Buques en viaje internacional con arqueado bruto superior a 300 GT;

- Todos los buques de pasajeros, sin importar su tamaño

La unidad de AIS consiste en un transceptor de radio VHF con capacidad para enviar a otros buques y a receptores terrestres información de identificación de la estación, posición, rumbo, velocidad, datos referidos al buque y a la carga, entre otros. Una vez que la unidad se encuentra instalada a bordo y es configurada de manera correcta, transmite la información de manera continua y automáticamente sin la necesidad de intervención de la tripulación del buque. En la Figura 3 se puede observar un esquema del sistema AIS.

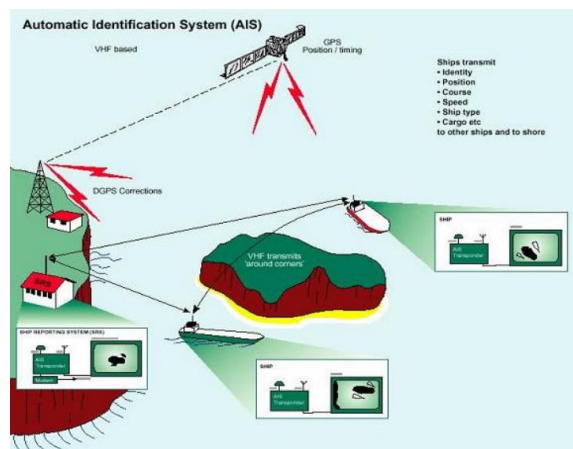


Figura 3: Esquema general del sistema AIS

Los datos generados por el sistema AIS pueden ser almacenados para luego ser gestionados y procesados mediante el uso de algún software que permita la representación gráfica de dicha información. Esto, hace que sea posible realizar un análisis (Offline) de forma estática o dinámica sobre las navegaciones de aquellos buques que cuenten con una unidad a bordo.

2.4 AIS para monitoreo de dragas TSHD

Considerando la metodología operativa de las dragas TSHD descrita en un apartado anterior, queda claro que por medio de la utilización de datos generados por AIS es posible realizar el seguimiento de los equipos durante la tarea de dragado y así analizar en detalle la operación y realizar una serie de verificaciones importantes para el proyecto.

Son dos los aspectos fundamentales que se pueden monitorear por medio del uso de esta herramienta:

1. Verificación del correcto cumplimiento de las zonas delimitadas para el trabajo de los

equipos de dragado y, en especial, de los **sitios de descarga** de material extraído.

2. Detalle de la duración de las distintas etapas del ciclo de dragado del equipo.

En cuanto al primero de los puntos, verificar que la descarga del material dragado se realiza en los sitios especialmente definidos por el contrato para tal fin, es muy importante para el correcto desarrollo del proyecto. Los lugares de descarga son uno de los elementos que mayor influencia tienen en el costo total de las operaciones de dragado y deben ser respetadas. Estas zonas definen las distancias y el método de transporte a utilizar e incluso pueden intervenir en la decisión del equipo de dragado a utilizar. En general, la determinación de estos sitios está acompañada de limitaciones del tipo ambiental dadas por las condiciones del material a extraer y por las características del medio acuático. La tendencia mundial actual apunta a tomar todas las precauciones necesarias que permitan no producir impactos ambientales desfavorables. Por lo tanto, si bien en general el dragado de sedimentos no contaminados no tiene asociado impactos ambientales significativos, respetar y verificar el correcto uso de las zonas de descarga establecidas es un punto importante a considerar y en el cual el seguimiento por medio de AIS puede funcionar como una herramienta de gran potencial.

Respecto al segundo punto, y en línea con el objetivo del presente trabajo, si se analiza en detalle los movimientos de los equipos durante la campaña de dragado, es posible identificar las distintas etapas del ciclo de trabajo de la draga y su duración estimada. De esta manera se puede determinar número de ciclos realizados por el equipo y con ello, según se mostrará en un apartado posterior, **estimar volúmenes de material extraído**.

2.5 Estimación de volúmenes con AIS

Si se realiza el análisis con AIS de una campaña de dragado determinada, es posible realizar una rápida y sencilla estimación de los volúmenes dragados por el equipo de la siguiente manera:

- Se debe conocer la capacidad de cántara (m^3) de la draga utilizada. Este valor se conoce como **volumen de cántara nominal (V_c)**
- Se debe considerar el valor del **volumen de cántara efectivo (V_{ce})** que será función del valor nominal y el tipo de material a dragar. Este valor resulta de multiplicar la capacidad nominal de la cántara del equipo por un “factor de aprovechamiento” de la misma

que puede ser establecido con una mayor precisión en función de experiencias de dragado previas. Es importante mencionar que en este aspecto depende fuertemente del material a extraer. La mayoría de las dragas se diseñan para llevar una carga completa de materiales fino y, por lo tanto, en el caso de trabajar con materiales más gruesos, de mayor densidad como arenas o gravas, la capacidad de carga de la cántara se ve afectada.

- Se debe determinar el número de ciclos de trabajo realizados durante el período de tiempo estudiado (C_t), es decir el número de viajes totales que realiza la draga con la cántara llena entre zona de extracción y zona de descarga.

Contando con los datos mencionados se pasa a realizar el cálculo según:

- ✓ Capacidad Nominal de Cántara = V_c [m^3]
- ✓ Factor Aprovechamiento de Cántara = F [%]
- ✓ Cap. Efectiva Cántara = $V_{ce} = V_c \times F$ [m^3]
- ✓ Número de Ciclo de trabajo = C_t [-]
- ✓ **Volumen dragado = $V = V_{ce} \times C_t$ [m^3]**

Es importante mencionar que el valor calculado corresponde al volumen de material extraído en cántara y que, debido a cuestiones propias del tipo de suelo, es mayor al volumen in-situ o al volumen efectivo, que es calculado como la diferencia de dos relevamientos batimétricos, uno de pre y otro de post dragado.

2.6 Caso de Aplicación

Con la finalidad de verificar la validez del método descripto, se realiza la estimación de volúmenes extraídos en una de las campañas de dragado realizadas por una draga tipo TSHD en el marco del mantenimiento de las profundidades de la Vía Navegable Troncal (VNT) Argentina.

2.6.1 Vía Navegable Troncal

La VNT, constituye un sistema de canales aptos para la navegación que integran la denominada Hidrovía Paraguay - Paraná en el tramo de la misma conformada por los ríos Paraná, Paraná de Las Palmas y Río de La Plata. Con una extensión de aproximadamente 1450 km entre Confluencia y el km 239,1 de la Extensión del Canal Punta Indio en la zona exterior del Río de La Plata, la Vía Navegable Troncal se configura como un complejo sistema de navegación con características únicas a nivel mundial. Puede dividirse la vía en dos (2) tramos, cada uno con sus características propias en lo que refiere a

profundidades y en consecuencia a tipo de tráfico. El tramo denominado Santa Fe - Océano (34 y 25 pies) navegado principalmente por buques oceánicos y el tramo Santa Fe - Confluencia (10 pies) navegado principalmente por convoyes de barcazas y buques menores.

Esta vía navegable es un corredor logístico que vincula las principales terminales fluviales de Argentina y cumple un rol fundamental para el desarrollo del país canalizando la mayor parte de las exportaciones e importaciones. Desde septiembre de 2021 se encuentra gestionada por la Administración General de Puertos SE (AGPSE), ente que se encarga del cobro del peaje y de la contratación de los servicios tanto de dragado como de balizamiento del sistema.

En la Figura 4 que se presenta a continuación se muestra un esquema general de totalidad de la vía navegable en sus dos tramos, Santa Fe - Océano y Santa Fe - Confluencia.

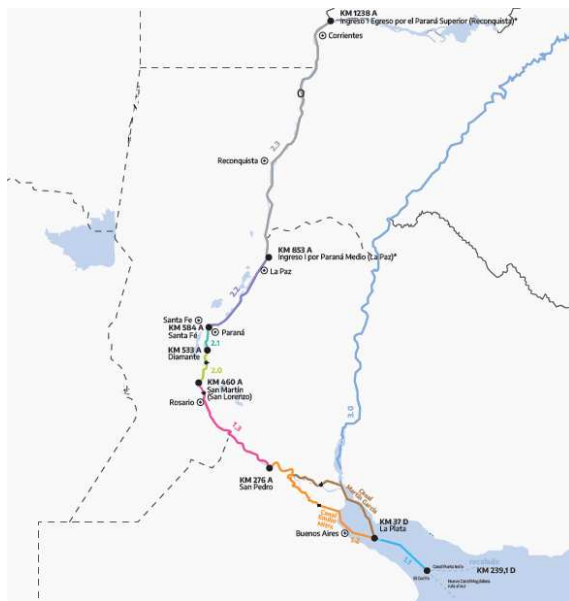


Figura 4: Esquema general de la VNT

El dragado que se realiza actualmente en la Vía Navegable Troncal se encuentra a cargo de la empresa nacional Compañía Sudamericana de Dragados, miembro del grupo Jan de Nul. La mayoría de las tareas se desarrollan utilizando un plantel de dragas de succión por arrastre del cual forma parte la draga **Capitán Núñez**, la cual ha sido utilizada para realizar la estimación de volúmenes objeto del presente trabajo.

2.6.2 Dragas Capitán Núñez

La draga Capitán Núñez 256-C es un equipo del tipo TSHD que se encuentra en la categoría medianos dados sus 6,000 m³ de capacidad de cántara. Construida en 1977, fue especialmente diseñada para trabajar en la zona del Río de La

Plata. En el año 1998 fue sometida a un proceso de actualización y actualmente se encuentra trabajando para el mantenimiento de la VNT. En la Figura 5 se presenta una fotografía de la draga Núñez.



Figura 5: Dragas TSHD Capitán Núñez 256-C

Este equipo cuenta con una eslora de 146.50 m, una manga de 22.70 m y un calado en condición de carga total de 6.85 m. Alcanza una máxima profundidad de dragado de aproximadamente 26.50 m y cuenta con la posibilidad de utilizar dos tubos de succión, los cuales durante la operación se encuentran en contacto con el fondo y al momento de la navegación se ubican a bordo.

En cuanto a los mecanismos de descarga, esta draga tiene la posibilidad de volcar el material dragado por medio de sus compuertas de fondo.

2.6.3 Análisis de datos AIS

Con el objetivo de realizar la estimación de volúmenes dragados, se recopiló los datos AIS generados por la draga Capitán Núñez en una de sus campañas en el tramo Santa Fe al Océano. Fue analizada en detalle la información generada durante fines del mes de abril de 2022 (25-04-2022 al 30-04-2022) en el marco de una de las campañas de dragado en el Paso Abajo San Nicolás entre los kilómetros 340.6 y 343.8 del Río Paraná Inferior.

Para lograr visualizar los datos disponibles, fue utilizado el software de procesamiento de datos AIS llamado IWRAP Mk2 por sus siglas en inglés (IALA Waterway Risk Assessment Program). Este fue desarrollado por IALA, la Asociación Internacional de Señalización Marítima con el objetivo de suministrar un método cuantitativo estandarizado para evaluar la probabilidad de colisiones y varaduras, es decir realizar análisis de riesgo.



Figura 6: Logo Software IWRAP Mk2 de IALA

En este caso, el programa fue solo utilizado como un visualizador que permite presentar en forma gráfica los datos AIS disponibles. Además de observar y contabilizar la cantidad viajes realizados por la draga, también fue verificada la correcta utilización de la zona de descarga establecida para ese sector de la VNT y mensurados los tiempos destinados para el dragado y para las navegaciones de ida, vuelta y descarga de material. En la figura se muestra una captura de la pantalla del software durante la reproducción de datos de AIS de las fechas mencionadas y el sector de la VNT analizado. Allí, se destaca en con rojo la draga Capitán Núñez trabajando.

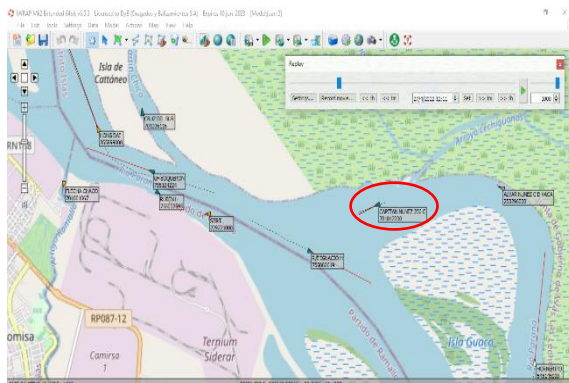


Figura 7: Captura de pantalla del IWRAP Mk2 durante análisis de datos de la draga Capitán Núñez en Abajo San Nicolás.

La deposición del material extraído en el sector en estudio, el Paso Abajo San Nicolás, debe ser realizada en el entropaso Cortada Isla Nueva - Yaguarón en la zona denominada Descarga CIN-YGN localizada entre los kilómetros 344.6 y 345.8 de la VNT. Con ayuda de los datos AIS pudo ser verificado este procedimiento durante todo el proceso de dragado realizado por la Capitán Núñez.

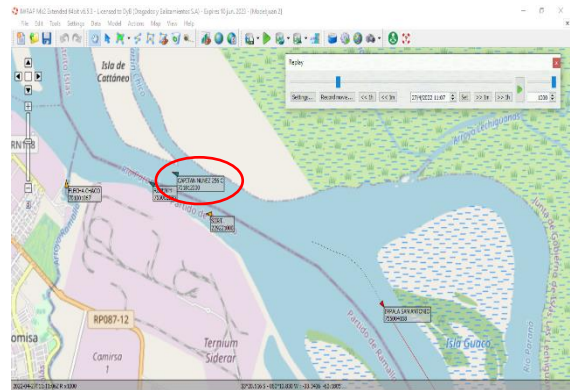


Figura 8: Captura de pantalla del IWRAP Mk2 durante análisis de datos de la draga Capitán Núñez descargando en Descarga CIN-YGN.

Respecto a la operación de dragado, entre las 00:00 hs del día 26/04/2022 y las 00:00 hs del 30/04/2022 fueron registrados un total de 49 ciclos de trabajo completos. En promedio, el tiempo destinado por la draga para la operación de extracción fue de 90 minutos con mínimos de 60 minutos y un máximo de 180 minutos. Esta amplitud se debe a la continua interacción de la Capitán Núñez con otros buques que utilizan la Vía Navegable Troncal en ambos sentidos (subida y bajada), lo que implica que la draga deba dejar de operar para dejar el paso libre. Esta operación mensurada incluye tiempos de giros, preparación de la draga para iniciar el dragado, de extracción, de espera por paso de buques y de preparación para la navegación a zona de descarga.

En cuanto al resto del ciclo, las operaciones de navegación en condición de carga a zona de descarga, descarga del material por medio de la apertura de compuertas de fondo y navegación de vuelta en condición de cántara vacía al sitio de trabajo, el promedio para la suma fue de 58 minutos con mínimos de 45 minutos y máximo de 90 minutos. Del mismo modo, la adición de tiempos se debe a la interacción de la draga con otros buques.

La distribución de los ciclos a lo largo del período analizado se puede observar en el gráfico de barras de la Figura 9. El promedio de viajes realizados a la zona de descarga para los días completos es de 9.8 y las diferencias se deben a las demoras propias de cada caso.



Figura 9: Distribución de ciclos de dragado a lo largo de la campaña analizada.

2.6.3 Estimación de volúmenes

Una vez obtenido el número de ciclos realizados durante la campaña de dragado analizada, es posible estimar los volúmenes en función de la metodología descrita en el apartado 2.5.

El paso anterior a realizar el cómputo es definir un valor para el factor de aprovechamiento de la cántara.

Las tareas analizadas corresponden a un paso del Río Paraná Inferior, tramo de la vía donde la característica principal de los sedimentos es el alto contenido de material de grano grueso y, por lo tanto, el aprovechamiento de la cántara de la draga no será total. Por otro lado, se dispone de diferentes y múltiples estudios antecedentes de estudios y proyectos para la profundización y el mantenimiento de la VNT y de los registros de la actividad de dragado en campañas anteriores realizadas en la zona de estudio, los cuales permiten definir porcentajes de concentración de material en cántara. En este caso se optó por trabajar con un factor de concentración de material sólido en cántara del 70% y, por lo tanto, la capacidad efectiva utilizada en el cálculo para la draga Núñez será de 4.200 m³.

Los resultados obtenidos para la estimación de volúmenes dragados de cada uno de los días de trabajo de la draga Capitán Núñez 256-C se resumen en la Tabla 1. Luego, en la Tabla 2 se presenta la comparación con los volúmenes extraídos en cántara publicados oficialmente por la Administración General de Puertos Sociedad del Estado en su Reporte de Gestión de la VNT del mes de abril de 2022. En dichos informes, la AGPSE publica, entre otros documentos, los

denominados Partes Diarios de dragado en los cuales se informa la actividad de cada una de las dragas durante todos los días del mes, incluyendo zonas de extracción de material y descarga, tiempo de dragados y demoras en las tareas, número de viajes realizados y valores de producción reales de los equipos. Si bien son documentos que proporcionan un alto nivel de detalle en la información y que harían que la estimación de volúmenes extraídos no fuese necesaria, podría darse un escenario en el que no se disponga de la totalidad de la información suministrada, haciendo necesarios los cálculos.

Estimación de Volúmenes Dragados Campaña Draga Núñez abril 2022

Día	N° Ciclos	Factor Apr.	Cap. Cántara Efectiva (m ³)	Volumen Estimado (m ³)
26	9	0.70	4.200	37.800
27	9	0.70	4.200	37.800
28	10	0.70	4.200	42.000
29	10	0.70	4.200	42.000
30	11	0.70	4.200	46.200

Tabla 1: Estimación de volúmenes dragados por la Draga Capitán Núñez en base a datos AIS.

Comparación volúmenes AIS - AGPSE Campaña Draga Núñez abril 2022

Día	Volumen AIS (m ³)	Volumen AGPSE (m ³)	Comparación (%)
26	37.800	37.000	+ 2.2 %
27	37.800	36.000	+ 5.0 %
28	42.000	46.000	- 8.7 %
29	42.000	38.000	+ 10.5 %
30	46.200	49.000	- 5.7 %

Tabla 2: Comparación de volúmenes estimados en función de datos AIS y volúmenes oficiales publicados por AGPSE.

Tal como puede observarse en las tablas antes presentadas, las estimaciones realizadas para el dragado realizado por la draga Capitán Núñez son sumamente representativas de los valores reales publicados por AGPSE. Las diferencias encontradas entre los valores calculados y los informados son del orden de +/- 10% lo que

resulta más que razonable teniendo en cuenta lo sencillo del método y la adopción realizada para el factor de aprovechamiento de cántara del equipo en este caso.

3 CONCLUSIÓN

En función de lo expuesto a lo largo del presente trabajo sobre la metodología propuesta y de los resultados obtenidos luego de la estimación de volúmenes desarrollada, es posible realizar una serie de comentarios a modo de conclusiones.

En primer lugar, debe destacarse la importancia de los monitoreos durante la operación de los equipos utilizados en obras de dragado. No solo son importantes por cuestiones de certificación de volúmenes sino también para la verificación de planes de trabajo, metodologías propuestas, cumplimiento de sitios definidos para descarga de material, entre otros. Este último aspecto es de vital importancia dado que la definición de estas zonas se basa no solo en cuestiones operativas o de rentabilidad del proyecto sino también en aspectos ambientales.

El AIS se presenta como una herramienta de gran potencial a la hora de monitorear los trabajos de dragado, en especial aquellos realizados por equipos de succión por arrastre en virtud de las características típicas de estos equipos que operan al mismo tiempo que navegan como un buque común. Dada la obligatoriedad de este sistema de identificación automática, establecida en el año 2004, no debería ser un problema contar con los datos AIS de las embarcaciones a monitorear.

La posibilidad de estimar volúmenes en cántara extraídos por medio de equipos TSHD como valor agregado a la implementación del AIS como herramienta de seguimiento de las tareas, es un aspecto que no deber ser subestimado. Los resultados obtenidos y presentados en este trabajo demuestran el potencial de este método.

Queda claro que uno de los factores de mayor relevancia para el método es la experiencia en trabajos antecedentes y el conocimiento de los materiales a ser extraídos por el equipo. Ambos tienen influencia significativa a la hora de definir el factor de aprovechamiento de la cántara, el cual es directamente proporcional al valor final calculado. Sin embargo, de existir antecedentes y la información necesaria para estimar un factor correcto, los cálculos demuestran buenos resultados. Las diferencias del orden del 10% como máximo entre los valores estimados y los oficiales publicados por AGPSE son por demás razonables para una instancia preliminar de control.

4 REFERENCIAS

IADC, IAPH, Bray, R.N. y Cohen, M. (2010) - "Dredging for development" - 6th edition 2010

IADC (2014) - "Facts about Trailing Suction Hoppers Dredgers" - Number 1/2014

IALA (2018) - "NAVGUIDE 2018, Marine Aids to Navigation Manual" - 8th edition 2018.

Escalante, R. (2022) - "Tema 9: Draga de Succión por Arrastre". Apunte de la Cátedra de Ingeniería de Dragado de la EGIP - FIUBA.

Escalante, R. (2022) - "Tema 10: Draga de Succión por Arrastre. Cálculo de Producción". Apunte de la Cátedra de Ingeniería de Dragado de la EGIP - FIUBA.