

Paper CA1116 - GESTIÓN CONTINUA DE LA TRAZA DE LA VÍA NAVEGABLE TRONCAL PARA GARANTIZAR LA NAVEGABILIDAD EN EL TRAMO SANTA FE – CONFLUENCIA

Marpegan, Mariano; Perez, Eliecer
Hidrovia S.A

Email: mlmarpegan@gba-hidrovia.com.ar ; aeperez@gba-hidrovia.com.ar

ABSTRACT: Desde el año 1995 Hidrovia S.A. es el Concesionario de la operación y mantenimiento del dragado y balizamiento de la ruta troncal Santa Fe - Océano, tarea que demandó el diseño e implementación del sistema completo de señalización del Río de la Plata y del Río Paraná. A partir del año 2010 Hidrovia S.A. incorporó dentro de sus responsabilidades las tareas de Balizamiento del Río Paraná y en los tramos Medio y Superior con una extensión superior a los 640 km de longitud entre Santa Fe y la Confluencia de los ríos Paraguay y alto Paraná a la altura de la ciudad de Corrientes. Esta vía navegable conforma el sistema fluvial que comunica el tráfico barcacero hacia y desde el Río Paraguay y Alto Paraná con los puertos Fluvio - Marítimos de Argentina y Uruguay. Entre los principales desafíos que implicó la puesta en valor de esta vía navegable troncal, se encuentra la gestión integral y continua del canal de navegación por parte de la Gerencia de Balizamiento de Hidrovia S.A. En virtud de ello se ha priorizado acompañar la constante evolución natural del lecho del río modificando la traza del canal de navegación. De esta forma se logra maximizar el aprovechamiento de la profundidad natural del río en aquellos sitios que lo permiten minimizando las operaciones de dragado y potenciando la sustentabilidad del río Paraná. Este comportamiento dinámico del río Paraná en su tramo Medio y Superior demanda una implementación eficaz de los recursos técnicos y operativos del Concesionario para llevar a cabo la adecuación continua de la traza. Para ello se ejecutan campañas de relevamientos batimétricos, se convalida el diseño mediante el análisis de las derrotas de las embarcaciones y se planifican y ejecutan las campañas de operación de los balizadores que materializan los cambios de traza mediante los ajustes en el balizamiento. Un sistema de señalización IALA-B, compuesto por más de 330 señales luminosas que se adecua en virtud de un promedio anual de 50 cambios de traza, cubriendo los 38 Pasos y Entrepasos que abarcan la vía navegable troncal Santa Fe - Confluencia. El desarrollo de este trabajo ha sido concebido en cuatro fases de análisis. Inicialmente se presenta el estudio de la actividad hidrosedimentológica y la constante evolución morfológica del cauce y sus bancos en cortos períodos de tiempo. Una segunda fase contempla el seguimiento a través de la información del Sistema de Identificación Automática (AIS) de los tracks de navegación de las embarcaciones con sus configuraciones asociadas validando el diseño de cambio de traza realizado mediante la implementación del software Instram, específico para esta aplicación. Una tercera fase desarrolla la coordinación logística y operativa de embarcaciones y recursos técnicos asignados por la Gerencia de Balizamiento de Hidrovia S.A. que garantizan la ejecución continua de los cambios de traza. En la última fase se aborda la identificación de los stakeholders de esta vía navegable troncal y la propuesta de implementación de un plan de comunicación efectivo entre los usuarios, organizaciones y este Concesionario. Como corolario, este gran esfuerzo realizado por la Gerencia de Balizamiento de Hidrovia S.A. en cuanto a relevamientos batimétricos, ingeniería aplicada, campañas de balizadores, disponibilidad de materiales y otros recursos ha permitido mantener de manera

ininterrumpida la navegación de este extenso tramo aún en condiciones hidrométricas muy desfavorables, como ha sido la bajante extraordinaria del año 2020”

1. OBJETIVO

La edición de este documento tiene como finalidad destacar la relevancia que tiene la adecuación continua de la traza, como así también los aspectos logísticos, operativos y técnicos vinculados a la gestión eficaz de la vía navegable troncal Santa Fe – Confluencia que lleva adelante la Gerencia de Balizamiento de Hidrovía S.A., logrando un canal seguro para las embarcaciones, eficiente en cuanto al volumen de carga transportado y ambientalmente sustentable.

2. INTRODUCCIÓN

A partir del año 2010 la empresa Hidrovía S.A. posee la concesión por la operación y mantenimiento del Dragado y Señalización de la Vía Navegable Troncal comprendida entre el Km 584 del río Paraná Medio, tramo exterior de acceso al Puerto de Santa Fe hasta la altura del Km 1.238 del río Paraná Superior en la Confluencia con el río Paraguay.

En este escenario se iniciaron las movilizaciones y el alistamiento tanto del material de balizamiento y equipo flotante como de instalaciones terrestres necesarias para la ejecución de los trabajos asociados al mantenimiento de la señalización implementada actualmente. Simultáneamente se ejecutó, la instalación de la red de estaciones mareográficas, la adecuación de las escalas hidrométricas asociadas y la implementación de un estudio de impacto ambiental (EslA) y del Plan de Gestión Ambiental (PGA).

El trabajo continuo de Hidrovía S.A. ha permitido garantizar la navegación de la ruta troncal para trenes de empuje de barcazas y otras embarcaciones con mayor seguridad en la navegación durante las 24 horas del día, potenciando los beneficios de la principal vía navegable del país, disminuyendo los costos por tonelada transportada, maximizando las ventajas al comercio exterior y minimizando los efectos sobre el medio ambiente que la contiene.

La gran actividad hidro-sedimentológica, la constante evolución morfológica del cauce y de los bancos de arena en cortos períodos de tiempo, demandan la realización de numerosos cambios de traza a fin de establecer la solución de menor intervención en el curso de agua en concordancia con lo previsto en el Pliego de Bases y Condiciones. Estos desplazamientos de la traza y su consecuente movilización de señales, se materializa mediante una nueva traza del canal dentro del mismo cauce, o bien puede abarcar otro brazo del río Paraná. La velocidad con la que ocurren los cambios morfológicos referidos requiere del trabajo constante por parte del Concesionario asignando recursos técnicos, humanos y económicos; la Subsecretaría de Puertos, Vías Navegables y Marina Mercante responsable por el análisis técnico de las propuestas de cambio de traza que se realicen a los efectos de la pronta movilización de señales y de los usuarios como principales actores del sistema de navegación fluvial Santa Fe - Confluencia.

Como consecuencia de ello, a la fecha, durante el periodo de gestión 2011 – 2020 se han realizado 413 cambios de traza, de los cuales 247 correspondieron a Pasos, 114 a Entrepasos y 52 a una combinación de estos.

Fecha	Paso	Entrepaso	Comb.	Total
2011	12	0	7	19
2012	33	9	9	51
2013	23	16	1	40
2014	33	16	3	52
2015	34	16	14	64
2016	28	17	4	49
2017	47	9	2	58
2018	29	16	1	46
2019	2	11	1	14
2020	6	4	10	20
Total	247	114	52	413

Tabla 1: Corrimientos en traza durante el periodo 2011 – Julio 2020

3. INICIO DE TAREAS – Estado del sistema

Durante la Etapa 0 se realizó la atención de la señalización existente, la regularización y normalización del sistema de señalización a partir del estado en que se encontró, dando prioridad a las señales de peligro y/u obstáculos para la navegación existentes o nuevos, encendido, garreos y rescates de las señales existentes, utilizando parcial o totalmente y reacondicionándose aquellas que así lo demandaron.



Figura 1: BRC Tipo II-B Km aprox. 957



Figura 2: BzRC 853, Chapa fija a un árbol margen izquierda Paso Riacho las Nieves

En la etapa I se contempló la implementación del sistema de señalización completo acorde a lo establecido por la Asociación Internacional de Señalización Marítima – IALA, Región B y al criterio de señalización del Comité Intergubernamental de la Hidrovía Paraguay Parana, cumpliendo lo referente a forma, color, destellos y marcas diurnas en todas las señales de peligro aislado, bifurcaciones, cardinales y laterales con equipos lumínicos alimentados por sistemas fotovoltaicos.

Al finalizar esta Etapa, las tareas realizadas por la Gerencia de Balizamiento garantizaban, en la vía navegable troncal, una navegación segura y eficiente, durante las 24 horas del día.

La Etapa II vigente desde el 18 de febrero de 2012 está asociada al mantenimiento de la vía navegable troncal Santa Fe – Confluencia, con un total de 333 señales luminosas instaladas.



Figura 3: Balizamiento actual Diurno / Nocturno Cardinal Oeste en Confluencia, Baliza de Estribor en Hernandarias

4. ENTORNO – La vía navegable del río Paraná

Los ríos Paraguay y Paraná en toda su extensión forman un sistema fluvial que comunica el tráfico marítimo que ingresa por el Río de la Plata con el transporte fluvial por barcas hacia y desde Bolivia, Brasil y Paraguay. En su desarrollo presenta un calado garantizado escalonado, de forma tal que hasta el km 456 del río Paraná Medio, coincidente con la ciudad de San Martín lo hace con 34 pies desde Recalada en el km 239,1 del Canal Punta Indio, luego se convierte en fluvio-marítima con 25 pies de calado hasta el km 584 en la ciudad de Santa Fe, y finalmente pasa a 10 pies de calado para la ruta barcacera hasta la Confluencia del Río Alto Paraguay y Alto Paraná.

La actividad económica principal de esta ruta navegable está asociada a las producciones de carácter primario (granos y minerales), la carga general en contenedores y combustibles. Paraguay y Bolivia desarrollan su comercio internacional casi exclusivamente a través de ella.

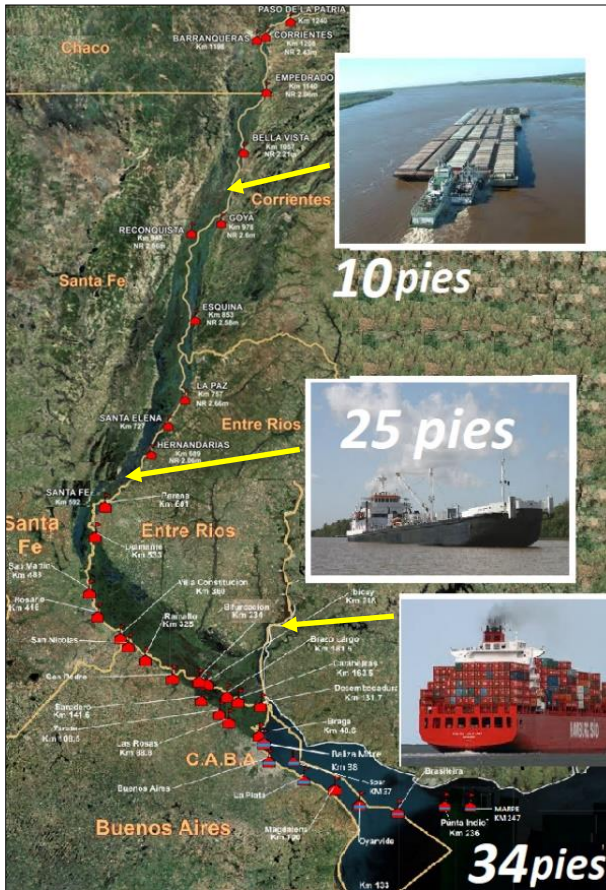


Figura 4: Calado escalonado Recalada - Confluencia

El volumen de carga en el tramo Santa Fe – Confluencia se encuentra en permanente crecimiento desde 1996, el cual pasó gradualmente de 3,7 a 22 millones de toneladas en 2019. Esto genera un importante movimiento de convoyes con graneles sólidos y barcazas tanque. En el año 2019 se registraron más de 11.300 viajes.

Se espera que durante el 2021 se presenten mayores volúmenes para casi todos los rubros siendo el trigo, maíz y mineral de hierro los de mayor dificultad para efectuar un pronóstico, resultando valores aproximados a 23 millones de toneladas y 12.300 viajes, claramente condicionados por la bajante extraordinaria que se presenta en toda la cuenca del plata.

5. GESTION DE LA VIA NAVEGABLE

La dinámica dada para un funcionamiento eficiente y sustentable de la ruta troncal Santa Fe – Confluencia sumado a una navegación segura del mix de embarcaciones que la transitan, implica la gestión continua de tareas y programas de operación y mantenimiento que permiten mantener Niveles de Servicio

compatible con los estándares internacionales de operación y hasta incluso en niveles superiores.

Entre las principales líneas de acción ejecutadas por la Gerencia de Balizamiento de Hidrovía S.A., se destacan:

- Mantenimiento y Normalización del Sistema de Señalización
- Mantenimiento y Normalización de la Red Hidrométrica
- Alistamiento de embarcaciones y gestión de Bases Operativas
- Ejecución de Relevamientos Batimétricos
- Análisis de la evolución temporal y espacial de la traza
- Diseño de la traza
- Implementación de los cambios de traza

5.1 Mantenimiento y Normalización del Sistema de Señalización

Contempla una de las actividades más relevantes del Contrato y asegura la operación continua del sistema de señalización instalado con un Nivel de Servicio superior al 97 % del funcionamiento establecido.

Las campañas de mantenimiento preventivo y correctivo, contemplan la asistencia a la totalidad de las señales presentes en el sistema realizando periódicamente las tareas de reposición de señales faltantes, limpieza de las señales, retiro de camalotes y raigones, reubicación por mejora de señalización o cambio de traza, señalización de eventuales obstáculos que puedan identificarse en la vía navegable, normalización por actos de vandalismo, recambio / reposición de componentes del sistema lumínico y fotovoltaico, verificación de los componentes del sistema de fondeo, instalación de balizas con control periódico de la vegetación mediante el desmalezado para facilitar la visualización de estas señales entre otras tareas.

Buques balizadores diseñados especialmente por su bajo calado, capacidad de maniobra y versatilidad de operación recorren la obra dedicados al mantenimiento del sistema de balizamiento.

Año	Asistencias
2011	674
2012	1997
2013	2780
2014	2427
2015	2493
2016	1955
2017	1666
2018	1355
2019	779
2020*	441
Total	16567

Tabla 2: Asistencias al Sistema de Balizamiento periodo 2011 a junio 2020*

La ejecución en tiempo y forma de las campañas de mantenimiento demanda además, de la asignación de los recursos técnicos, operativos, logísticos y humanos abordo de las embarcaciones, en las bases operativas y sectores de planificación, la interacción continua con los actores principales vinculados a la operación de la vía navegable, entre los que se destacan la Subsecretaría de Puertos, Vías Navegables y Marina Mercante, el Servicio de Hidrografía Naval, la Prefectura Naval Argentina, los usuarios, agrupados ellos en capitanes, patrones, baqueanos, armadores, entre otros.

5.2 Mantenimiento y Normalización de la Red Hidrométrica

La medición de datos hidrológicos conforma una variable fundamental para la referencia de los relevamientos batimétricos en toda la vía navegable, siendo determinante para los pasos críticos y en virtud de ello para el cálculo de los volúmenes de dragado, la definición de las restricciones de navegabilidad asociadas, es decir, la revancha bajo quilla, como así también en la calibración e implementación de los modelos hidrodinámicos y morfológicos para el estudio de la vía navegable.

5.2.1 Niveles de referencia

Estos fueron establecidos mediante criterios estadísticos sobre los datos hidrológicos que conforman la serie histórica de observaciones de niveles medios de agua diarios de los hidrómetros instalados entre los km 1238 y 584 del río Paraná, siendo las estaciones de referencia:

- Santa Fe
- Hernandarias
- Santa Elena
- La Paz
- Esquina
- Reconquista
- Goya
- Bella Vista
- Empedrado
- Barranqueras
- Corrientes
- Paso de la Patria

5.2.2 Registro de Niveles y Alturas Hidrométricas

La continuidad de la serie de datos está garantizada a partir del monitoreo constante de la red de estaciones mareográficas para la medición automática y transmisión remota e instantánea de datos de altura de agua y sus escalas hidrométricas asociadas. Programas de mantenimiento preventivo y correctivo se ejecutan periódicamente incluyendo la verificación de las cotas de los cerros, la nivelación de dichas escalas y la instalación de mojones de referencia, lo cual para el último lustro se traduce en 180 asistencias de personal técnico especializado realizando tareas de mantenimiento.

Estación	2016	2017	2018	2019	2020*
Santa Fe	0	1	1	1	3
Hernandarias	8	5	1	10	3
Santa Elena	4	6	1	4	5
La Paz	4	1	1	3	2
Esquina	6	2	8	1	2
Reconquista	5	1	4	2	2
Goya	1	3	3	4	1
Bella Vista	4	5	1	3	2
Empedrado	7	6	3	3	2
Barranqueras	0	1	5	4	4
Corrientes	2	2	1	3	4
Paso de la Patria	3	3	1	1	3
TOTAL	44	36	30	39	33

Tabla 3: Asistencias a Estaciones y Reglas hidrométricas periodo 2016 a Agosto 2020*

5.2.3 Niveles registrados durante la operación

Los niveles hidrométricos que se han registrado durante la última década permiten reflejar los tres escenarios factibles (régimen de crecida, normal y bajante) asociados al funcionamiento

de la vía navegable. Se han registrado niveles máximos de crecida durante el periodo noviembre 2015 – junio 2016, donde 7.4 metros fue el valor máximo registrado en Corrientes el 10 de enero de 2016 y valores mínimos inferiores a 1 metro durante la bajante extraordinaria actual, con 0,68 metros como el valor mínimo registrado en Corrientes el pasado 15 de mayo.

La normal operación de la vía navegable bajo estos regímenes hidrométricos valida su operatividad, a partir del trabajo constante de adecuación de la traza y su señalización asociada, acompañando la navegación y dando cumplimiento a los parámetros de diseño contractuales aun en condiciones de bajante y crecida extraordinarias.

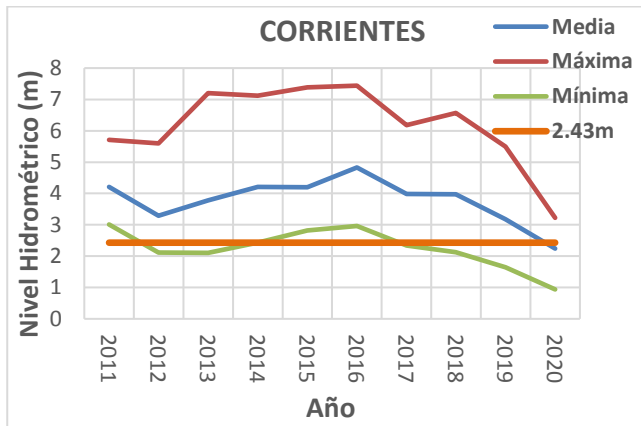


Figura 5: Nivel hidrométrico en Corrientes

5.3 Alistamiento de embarcaciones y gestión de Bases Operativas

Con el objetivo de dar respuesta eficazmente al alistamiento para la ejecución de las campañas de mantenimiento y relevamiento batimétrico que realizan los balizadores y lanchas hidrográficas, se han desarrollado Bases Operativas ubicadas en los puertos de Santa Fe y Barranqueras como apoyo a las tareas de mantenimiento de señales, abastecimiento de las embarcaciones y controles operativos. También se han implementado operaciones de alistamiento en los puertos de Goya, Reconquista, La Paz y Paraná.

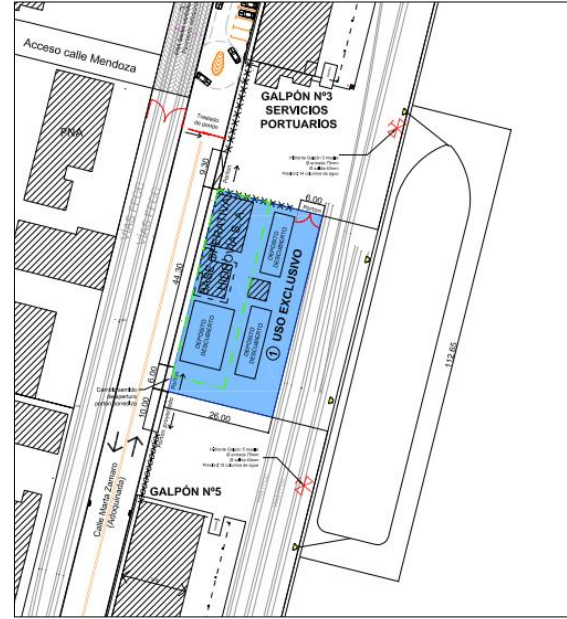


Figura 6: Mosaico de Base Operativa en Puerto de Santa Fe

Una adecuada distribución geográfica de los distintos sitios de alistamiento de las embarcaciones de mantenimiento permite dar respuesta al volumen de material de balizamiento involucrado en los cambios de traza, mantenimiento y normalización del sistema de señalización, dado que la demanda de trabajo específica de ejecución de cambios de traza requiere del recambio o reposición del sistema de fondeo completo compuesto por la cadena con sus elementos asociados y el cuerpo muerto.

Año	Cascos	Torres	Balizas	Muertos
2012	123	163	11	135
2013	221	256	9	223
2014	156	264	7	174
2015	171	260	16	211
2016	157	269	23	193
2017	86	165	11	158
2018	105	153	13	129
2019	93	145	9	107
2020	41	56	5	62
Total	1153	1731	104	1392

Tabla 4: Distribución anual del material de balizamiento periodo Febrero 2012 a Junio 2020*

5.4 Relevamientos Batimétricos

Lanchas hidrográficas recorren la vía navegable ejecutando metodologías de relevamiento distintas según la zona involucrada:

5.5.1 Tecnología asociada a Cambios de Traza

La información generada del relevamiento batimétrico es procesada y reducida por marea temporal y espacialmente según corresponda para ser representada, para lo cual se han implementado softwares específicos como el Qinsy y el Instram. Este último es un software versátil especialmente diseñado que permite la edición de cartografía digital y herramientas específicamente creadas para proyectos de ingeniería civil conjugando modelos digitales, permitiendo diseñar una de las obras de infraestructura más importante del país y una de las de mayor impacto económico en la región por su singularidad constructiva.

A partir del Pliego de Bases y Condiciones de la vía navegable troncal Santa Fe – Confluencia, documento que establece los parámetros de diseño y control del cumplimiento del Contrato, los cuales están definidos por: los radios de curvatura con sus anchos de solera asociados y la profundidad referida al plano de referencia de cada zona, se realiza el diseño de la traza vigente.

Radio de Curva (m)	Ancho de Solera (m)
750	151
100	142
1250	136
1500	131
1750	128
2000	125
2250	123
2500	121
<2500	104

Tabla 6: Parámetros de Diseño según contrato

5.6 Evolución temporal y espacial de la traza

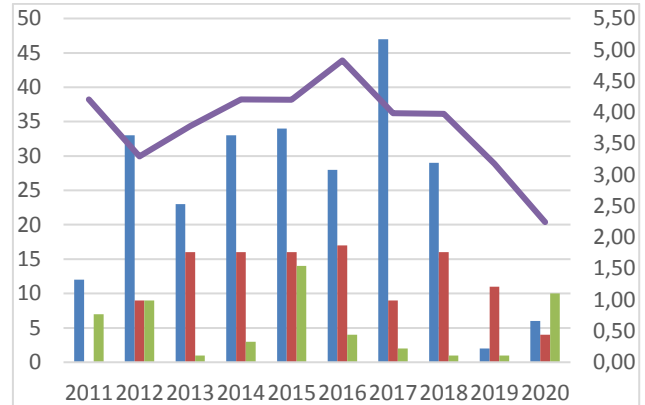


Figura 9: Modificaciones anuales de la traza frente al nivel hidrométrico en Corrientes

Como se ha mencionado, el monitoreo continuo de la traza permite conocer como la naturaleza del río modifica la geografía y morfología del cauce convirtiendo zonas del río y brazos secundarios que no eran viables técnicamente por su profundidad o ancho navegable en zonas aptas para ubicar el nuevo canal compatible con los parámetros de diseño establecidos por el Pliego de Bases y Condiciones.

En la *Figura 9* se puede apreciar la evolución constante de la traza en el tiempo, cuantificando y representado en la abscisa izquierda de color azul los Pasos, rojo los Entrepasos y verde las combinaciones de ellos; frente a la variación del nivel hidrométrico registrado en la estación mareográfica de Corrientes (abscisa derecha).

A continuación, *la Figura 10*, refleja el registro de cambios de traza según las distintas zonas definidas desde el km 1238 (Confluencia) hasta el km 584 (Santa Fe), donde, se podría dividir la vía navegable en 3 zonas, Santa Fe - Santa Elena como la zona de baja actividad en cuanto a cambios morfológicos, Goya – Confluencia con una actividad media y un amplio tramo Santa Elena – Goya como la zona crítica de mayor “movilidad” del cauce.

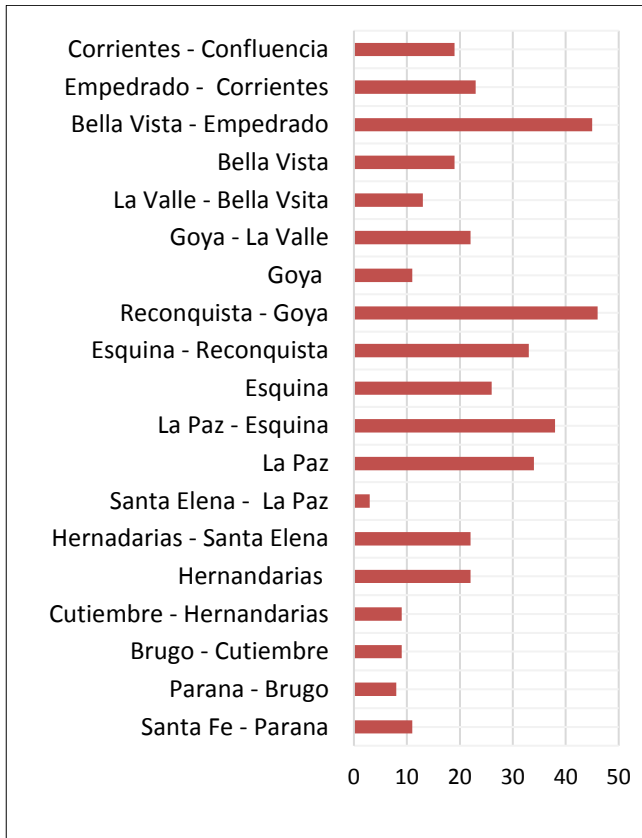


Figura 10: Evolución espacial de la traza, periodo 2012 – Julio 2020

5.7 Implementación del Sistema de Identificación Automática

Dada la importancia que posee el monitoreo de las derrotas que realizan las embarcaciones a lo largo de la vía navegable, se ha implementado el uso del Sistema de Identificación Automática (AIS, por sus siglas en inglés), el cual es un sistema autónomo instalado en las embarcaciones que emite, vía VHF, información particular propia de la navegación en forma continua y sin intervención de la tripulación.

Por su capacidad, el AIS se ha convertido en una poderosa herramienta que contribuye a la seguridad de la navegación y a la eficiencia en la gestión del tráfico fluvio/marítimo. La información suministrada por el AIS de la embarcación se divide en datos dinámicos y estáticos: entre los primeros se encuentran la posición, el rumbo y la velocidad de navegación, mientras que los datos estáticos corresponden al nombre, matrícula, tipo de embarcación y dimensiones.

A estos datos se los interrelaciona empleando criterios dinámicos y analíticos con la identificación de las embarcaciones (empujes y

buques), el sentido de navegación, tramo del río y sus niveles hidrométricos, el tipo y volumen de carga. Este análisis integral de la navegación en el tramo del río Paraná entre Santa Fe y Confluencia permite:

- Realizar un seguimiento Real-Time de la Navegación
- Apoyar y supervisar las embarcaciones de relevamiento batimétrico y de mantenimiento del sistema de balizamiento
- Generar densidades de tráfico, mapas de calor.
- Identificación y cuantificación del uso del canal de navegación, visualizar acaecimientos y embestida de señales.
- Validación continua del diseño del canal vigente junto a la funcionalidad de sus Ayudas a la Navegación.



Figura 11: Densidad de tráfico - Caso de estudio en Paso Raigones / Brazo San Juan

5.7.1 Interacción con los usuarios

Desde el inicio de la Concesión se ha interactuado por distintos medios y con variada intensidad con los stakeholders de esta vía navegable troncal, avanzando en la implementación de las herramientas disponibles y aquellas que fueran necesarias desarrollar con el objetivo que el usuario tenga acceso a la información actualizada de la ruta troncal, como ser:

- Listado de señales vigentes

- Listado de señales con Anormalidad y su tipo
- Profundidades mínimas
- Planificación de las zonas a relevar
- Diseño tentativo del cambio de traza a presentar ante la Subsecretaría de Puertos, Vías Navegables y Marina Mercante.
- Otros

Así mismo, está en vigencia un plan de comunicación efectiva entre los usuarios, agrupados ellos en capitanes, patrones, baqueanos, armadores y Organizaciones oficiales como ser la Prefectura Naval Argentina, el Servicio de Hidrografía Naval, la Subsecretaría de Puertos, Vías Navegables y Marina Mercante, y este Concesionario, con el objetivo de generar un ámbito de interacción que permita acercar opiniones y desarrollar soluciones compatibles afines a todos los actores involucrados.

6 Caso de Estudio

6.1 Selección de la Zona

A continuación, se describe el proceso de análisis llevado a cabo en una de las zonas de mayor variabilidad del lecho. De los 413 cambios de traza realizados durante el periodo de gestión 2011 – 2020, se detectó que más del 18% estuvo directamente involucrado con el comportamiento dinámico del lecho fluvial en proximidades del Puerto La Paz, entre los Km 740 y 785 de la vía navegable troncal del río Paraná Medio, como se puede apreciar en la Figura 11, involucrando directamente a los Pasos Cortada Arroyo Seco, Riacho Raigones, Curuzú Chalí, y Garibaldi con sus Entrepasos correspondientes.

6.2 Características generales y del diseño de la traza en la Zona

La zona de estudio presenta una extensión aproximada de 50km, 20km aguas abajo y 30km aguas arriba del Puerto de La Paz. Puntualmente, el río Paraná en el km 783 presenta una trifurcación resultando en los brazos San Juan y San Juancito más el Paso Raigones y Curuzú Chalí



Figura 12: Río Paraná Medio en zona de La Paz

6.3 Frecuencia de modificación de la traza

Como se ha mencionado en este documento, el fondo móvil característico del río implica para la Gerencia de Balizamiento de Hidrovía S.A. un trabajo continuo de relevamiento batimétrico verificando y/o corrigiendo el trazado del canal de navegación vigente y las ayudas visuales en términos de seguridad a la navegación.

Es entonces que, estadísticamente se ha determinado un promedio de 70 días entre corrimientos de la traza en esta zona en particular, identificando el km 765 como el crítico, donde se producen los corrimientos mas frecuentes.

6.4 Uso y análisis de datos AIS

Acorde a lo mencionado en el punto 5.7 “Implementación del Sistema de Identificación Automática” y como se refleja en la Figura 13, el correcto uso de esta herramienta permitió detectar y analizar integralmente en modo Off Line la evolución de la traza, y obtener conclusiones referidas a:

- La desviación temporal de las derrotas de las embarcaciones en la traza.
- Estimar posibles zonas de relevamiento batimétrico
- Evaluar el uso y la frecuencia de corrimiento de las alternativas existentes

- La presencia de navegaciones en zonas de poca profundidad e identificar las características de las embarcaciones que las realizan.

6.5 Relevamiento batimétrico y análisis de alternativas

Se realizó un relevamiento batimétrico de control en el paso Riacho Raigones en busca de mayor profundidad para un posible cambio de traza y de manera complementaria se realizaron relevamientos en los brazos secundarios San Juan y San Juancito, evaluando sus condiciones de navegabilidad y determinantes, manteniéndose al paso Riacho Raigones como la opción de mayor profundidad disponible.

6.6 Validación del diseño

El diseño resultante del relevamiento batimétrico fue validado con el análisis de densidad de tráfico generado a partir de las derrotas de las embarcaciones, verificándose el uso del canal proyectado sumado a las nuevas ayudas a la navegación proyectadas.

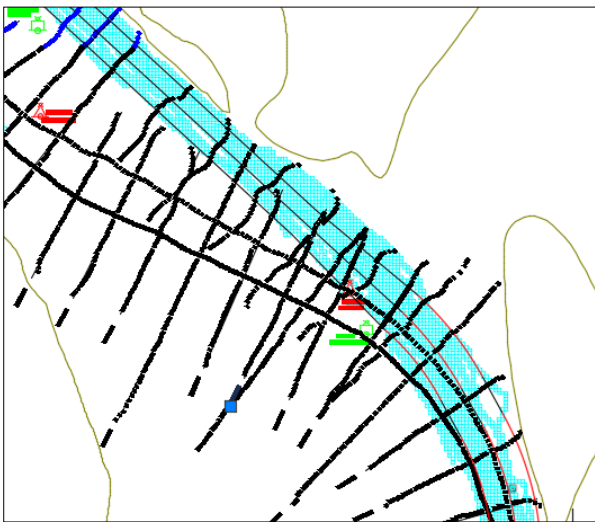


Figura 13: Corrimiento del canal a margen izquierda.

7 CONCLUSIÓN

La definición de comportamiento dinámico o de régimen hidrológico variable del río Paraná, se traduce en un lecho de arena fácilmente erosionable por sus grandes caudales de agua,

característica intrínseca de este complejo sistema fluvial, donde la corriente y la morfología interactúan continuamente sobre la traza de la vía navegable, haciendo imposible que el diseño del canal sea único o pueda permanecer fijo en el tiempo, demandando un trabajo continuo de adecuación.

Este escenario, se complementa con las restricciones de maniobra que presentan las embarcaciones que navegan el río Paraná, dado que, en ciertas zonas del río, la mejor solución desde el punto de vista morfológico, podría no ser la mejor solución desde el punto de vista náutico, generando maniobras muy forzadas en zonas de curvas de la vía navegable, o existir rutas alternativas dentro del mismo curso en las cuales las embarcaciones encuentran ventajas operativas por seguridad y tiempos de navegación debido a que los convoyes de carga tienen dimensiones considerables y una capacidad de maniobra muy restringida respecto a un buque de carga.

A su vez, resulta indispensable avanzar en la internalización de la obra por parte de los usuarios de la vía navegable fomentando su participación durante el proceso de optimización de la traza, ya que su experiencia en el río permite validar los diseños y ajustes técnicos realizados.

Continuar con el permanente monitoreo de la evolución morfológica del río, apoyado en estudios y mediciones de campo, que permitan anticipar o acompañar el comportamiento del río y así realizar una pronta movilización de las señales que demarcan la vía navegable a fin de mantener la seguridad del sistema, y evitar varaduras y colisiones a las señales.

La ingeniería aplicada sumada al uso de la tecnología y softwares específicos para el seguimiento de las embarcaciones en la vía navegable y el consecuente análisis estadístico amplia el espectro de soluciones posibles en cuanto al diseño.

El volumen de trabajo asociado al proceso de cambios de traza en la vía navegable tiene un impacto significativo en las tareas que la Gerencia de Balizamiento de Hidrovia S.A. realiza a partir de la reubicación, zarpado, instalación y adecuación de las señales involucradas redundando en un diseño de la traza confiable basado en datos reales,

calibrado por las navegaciones analizadas, y validado por el proceso de intercambio de información y criterios con los usuarios de la Vía Navegable (capitanes, baqueanos y patrones, entre otros).

Por ende, la velocidad con la que ocurren los cambios morfológicos, el gran tráfico de embarcaciones en la vía navegable, el trabajo realizado periódicamente por la Gerencia de Balizamiento de Hidrovía S.A., las Organizaciones involucradas: la Subsecretaría de Puertos, Vías Navegables y Marina Mercante, el Servicio de Hidrografía Naval, la Prefectura Naval Argentina, los usuarios, agrupados ellos en capitanes, patrones, baqueanos, armadores, entre otros, todos los actores deben trabajar para que este proceso se gestione bajo el concepto de la Mejora Continua.