

EMPLEO DE GEOCONTENEDORES EN LA PROTECCIÓN DE LA TORRE 465 DE LA L.A.T. YACYRETA - RESISTENCIA

Alberto Dal Farra

CORIPA S.A. - Virrey del Pino 2458 piso 3° - Ciudad Autónoma de Buenos Aires – 011 4576 3888-

E-mail: adalfarra@coripa.com.ar – Web: www.coripa.com.ar

RESUMEN

En obras de defensa y reconstrucción de costas, sobre tramos fluviales geomorfológicamente activos, la utilización de geocontenedores presenta ventajas significativas, permitiendo adaptar el diseño de la obra a las cambiantes condiciones del entorno. Esto es posible debido a la flexibilidad operativa y versatilidad de los mismos. En el presente trabajo se exponen las condiciones particulares que surgieron en la ejecución de la protección de la fundación de la torre 465, la cual se encontraba prácticamente en aguas abiertas, debido a la fuerte erosión que sufrió la punta de la isla Guáscara, donde está emplazada.

Los desafíos presentados por el entorno, pudieron ser superados gracias a las propiedades del sistema de GeoTubos® utilizado y un intensivo trabajo en equipo entre Comitente, Proyectista, Dirección de Obra, Contratista y Proveedor.

ABSTRACT

As regards works of coast defense and reconstruction on geo- morphologically active fluvial segments the use of geo-containers shows significant advantages in the adaptation of the construction design to the changing surrounding conditions. This is possible due to the operating flexibility and versatility of the same. The present work describes the particular conditions which emerged during the execution of the foundations protection in tower 465, the same being practically placed within open waters as a consequence of the strong erosion suffered by the extreme of the Guáscara Island, where it is situated.

The existing challenges in the environment could be overcome because of the characteristics of the GeoTubos® systems as well as an intensive team work among the Principal, Designer, Work Supervision, Contractor and Supplier.

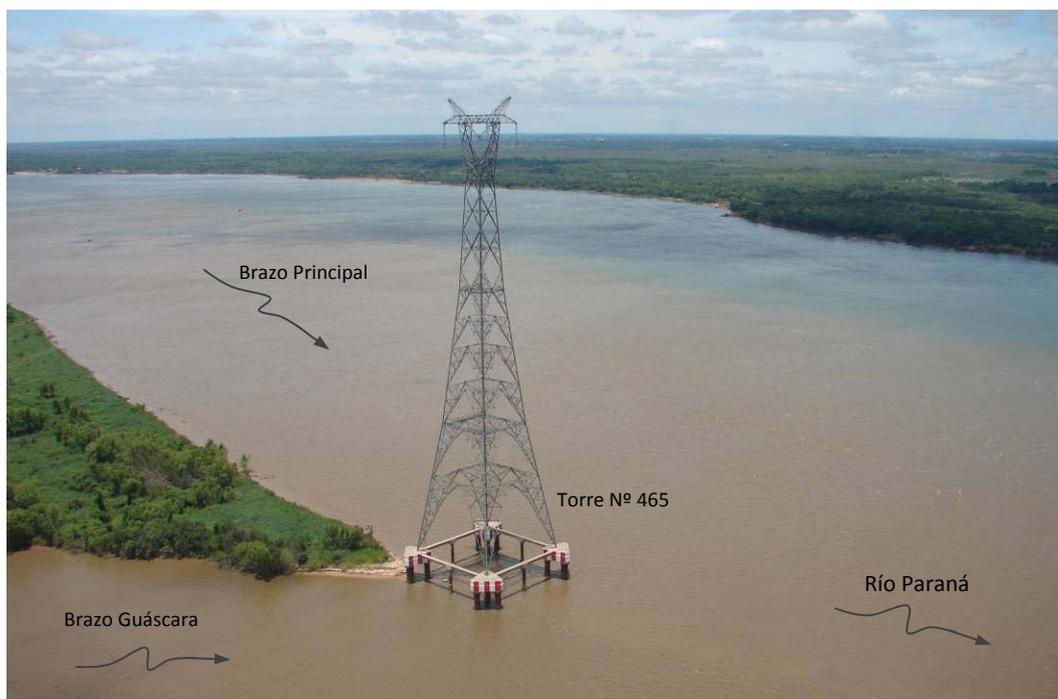


Figura 1.- Vista de la Torre Previa al Inicio de la Obra.

INTRODUCCIÓN

La torre 465 forma parte de la Línea de Alta Tensión de 500 KV que vincula la Central Hidroeléctrica Yacyretá con la Estación Transformadora Resistencia. Cuando en 1994 se construyó, fue fundada sobre pilotes ubicados en la cola de la isla Guáscara, en el Km. 1220 del río Paraná. Los 135 m de altura de la Torre 465 permite el cruce en altura de la LAT sobre el referido curso de agua, vinculando la torres 464, cercana a Paso de la Patria – Corrientes-, con la torre 466, situada en la Isla del Cerrito –Chaco- .

Desde fines de la década del 90 se observaba un proceso de erosión de la punta de la isla donde está ubicada la torre. Este fenómeno se había acelerado en los últimos años, provocando la desaparición progresiva de la isla bajo la torre, dejándola prácticamente en aguas abiertas. Esto la tornaba más vulnerable estructuralmente al reducirse el empotramiento de los pilotes, exponiéndolos además a la acción hidrodinámica de la corriente, que tendía a agudizar el fenómeno apuntado, y al eventual peligro de colisión con las embarcaciones que navegan ese tramo de la Hidrovía Paraná-Paraguay.

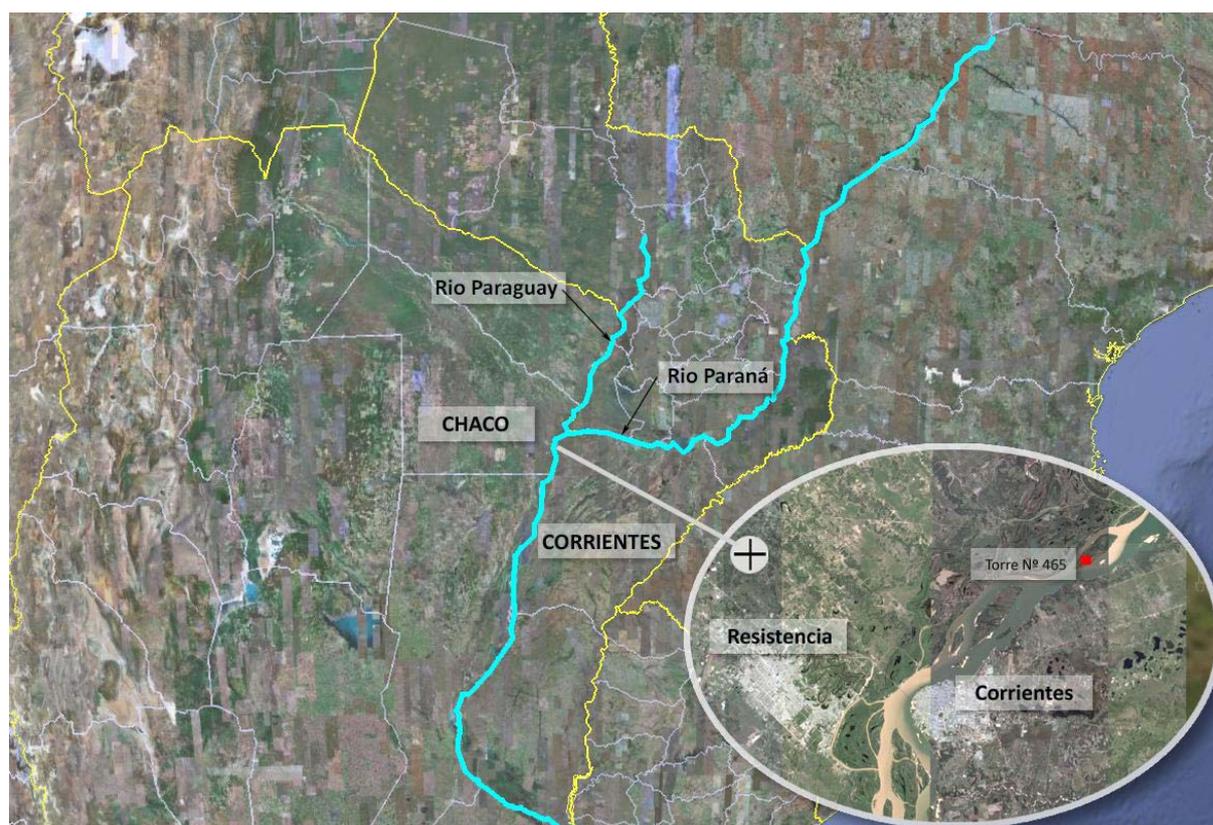


Figura 2.- Ubicación de la Torre 465.

Frente a ésta situación, en febrero del 2007 Yacylec S.A., propietaria y operadora de esta LAT, encara la contratación de los trabajos de defensa y protección de la fundación de la torre sobre la base de un anteproyecto realizado al efecto. Coripa S.A. resulta adjudicataria de la

obra en agosto del 2007, la que ejecuta entre abril y diciembre del 2008, luego de realizar el proyecto ejecutivo de la misma.

Este último contemplaba un uso intensivo de geocontenedores tipo manga, o sea tubos confeccionados con geotextil que rellenos con suelo conforman estructuras de contención, protección o confinamiento. Se emplearon GeoTubos® de gran diámetro para conformar sendos espigones, uno sobre cada brazo del río, y un recinto anular que confinaría la arena refulada con la que se rellenaría la base de la Torre. La obra se completaba con un revestimiento de piedra partida, tanto de los GeoTubos® de los espigones como de los que formaban la estructura de confinamiento.

ANTECEDENTES E LA OBRA

Las conclusiones de los relevamientos batimétricos que realizara EVARSA entre el 2003 y el 2005 para Transener S.A y Yacylec S.A, motivaron que ésta última le encomendara a los Ings Ángel N. Menéndez y Carlos A. Pelliccia un “Estudio de la protección de la fundación de la Torre 465”. De la primer etapa del mismo (“Diagnostico sobre la evolución morfológica de la cola de la isla Guáscara y recomendaciones para su control”) surge que este tramo del río Paraná se caracteriza por ser una zona geomorfológicamente muy activa, que sufre en períodos relativamente breves de tiempo, la creación y destrucción de islas y riachos, así como la modificación de sus márgenes. Éste fenómeno es interpretado “como una respuesta del sistema a los efectos inducidos por el forzante hidrodinámico, condicionado a su vez por el tipo de suelo de la isla y del lecho circundante, los cambios de caudales y la carga sedimentaria que ingresa a este tramo del río Paraná” desde el río Paraguay , que desemboca 10 km aguas arriba .



Figura 3.- Tramo del río Paraná, formación del Brazo Principal y Guáscara.

El referido Informe hace referencia también al particular comportamiento del Guáscara. Convertido en un importante brazo del Paraná durante sus crecidas, normalmente lleva

caudales comparativamente menores, insuficientes para terminar de modelar su ingreso al curso principal. Por otra parte, durante la mayor parte del tiempo sufre sedimentación debido a la alta concentración de finos que transporta, aunque los depósitos sedimentarios que se originan son muy sensibles a la erosión apenas aumentan los caudales y las velocidades en este Brazo.

Como consecuencia de lo expuesto, se informa que el área de implantación de la Torre se halla expuesta a un conjunto de fenómenos que provocan la erosión de las márgenes de la isla, lo que produce el angostamiento y retroceso de su punta. Este proceso, parte de una tendencia lenta pero continua en los últimos 30 años, se vio agudizado con el paso de la crecida del 2004, que provocó la falla de la margen izquierda de la isla y la retracción de su punta, dejando así expuestos los pilotes sobre los que se funda la torre. Simultáneamente al confluir el riacho Guáscara con el río Paraná se desarrolla un abrupto escalón de fondo que mantiene activa una hoya erosiva a su pie, cuya tendencia a profundizarse y acercarse a la Torre aumentaba el riesgo de debilitar el empotramiento de los referidos pilotes.

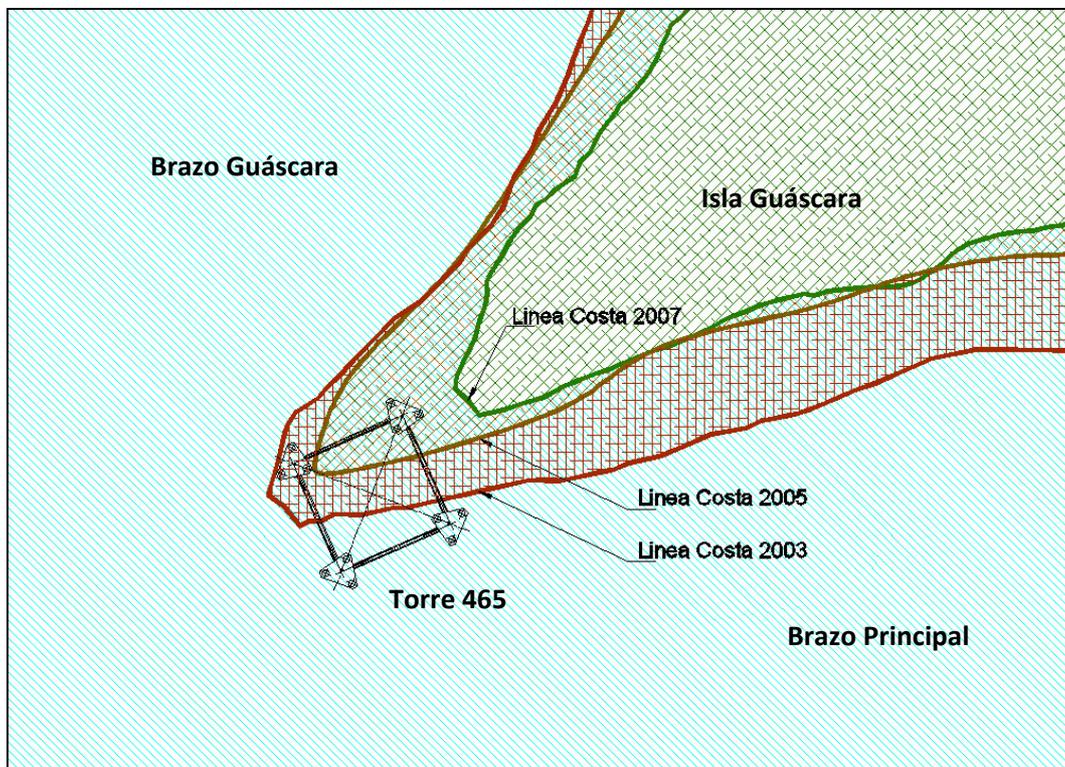


Figura 4.- Isla Guáscara, Modificación de sus márgenes periodo 2003 – 2007.

Las recomendaciones de los Ings Menéndez-Pelliccia basadas en la información y los antecedentes recopilados identificaban tres alternativas: 1) desplazar la torre hacia el interior de la isla, 2) reforzar con nuevos pilotes la fundación de la torre existente, o 3) reconstruir y proteger la punta de la isla. De ésta última opción desarrollan como segunda etapa de su estudio el anteproyecto para la “Obra de protección de la cola de la isla Guáscaras”. La propuesta encara el problema de estabilidad de la torre con una “solución de corto a mediano plazo” mediante “la implantación de una obra de defensa de las fundaciones de la torre y de estabilización de las márgenes de la isla en el área involucrada”. Es decir que frente a un escenario donde los cambios se suceden con gran rapidez, el objetivo de la obra es reconstruir

la punta de la isla y mantener su área inmediata dentro de un campo de bajas velocidades, con el propósito de revertir las consecuencias locales de los fenómenos analizados.

Básicamente este anteproyecto contemplaba la ejecución de espigones sobre cada brazo del Paraná, que se materializarían con piedra a partir de un reducido núcleo de geocontenedores, y un relleno de la base de la torre mediante un refulado libre de arena, protegido por una capa de piedra sobre un geotextil no tejido como filtro.

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Para realizar el proyecto de la obra, adjudicada a Coripa S.A. en agosto de 2007, su Oficina Técnica contó con la colaboración del Ing. Daniel Berrilio, y la consultoría especializada del Ing. José C. Vertematti (especialista en geocontenedores de Huesker-Brasil), y del Ing. Juan H. Hopwood (que desarrolló un modelo matemático para analizar el posible comportamiento de los espigones previstos).

El proyecto ejecutivo mantuvo los objetivos y los lineamientos generales del anteproyecto, si bien introdujo algunas modificaciones importantes. Respecto al diseño de la obra puede mencionarse la prolongación y rectificación de los espigones, y la previsión de zampeados de piedra como protecciones al pie de los mismos. Pero fue en el aspecto constructivo donde se realizaron los cambios más significativos, materializándose con GeoTubos[®] de gran diámetro ambos espigones, y conteniendo el previsto refulado libre de arena en una estructura anular de confinamiento realizada también con GeoTubos[®], en este caso dispuestos escalonadamente.

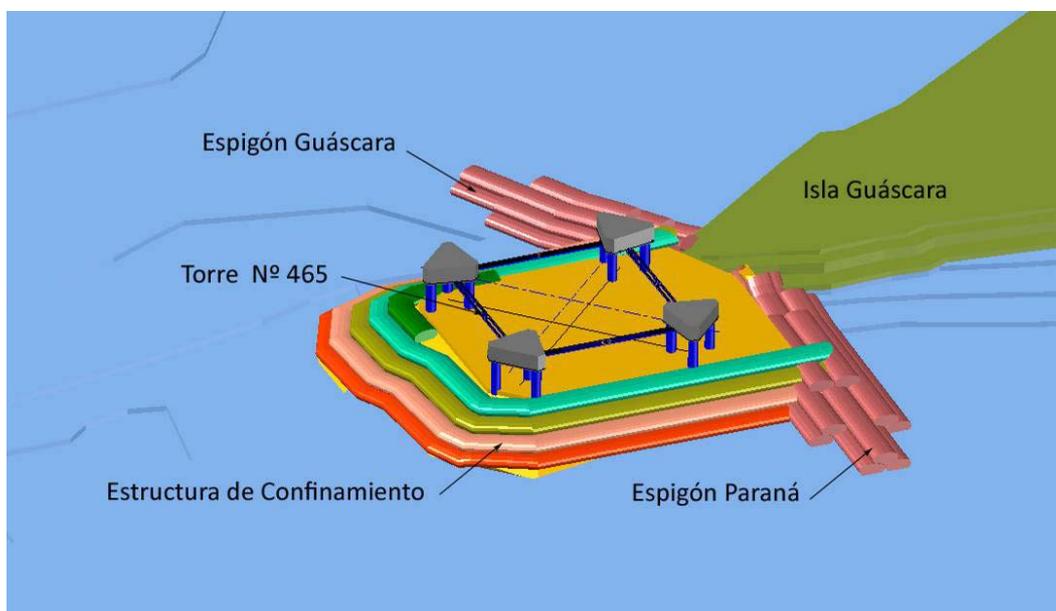


Figura 5.- Esquema de Disposición de los GeoTubos[®].

El proyecto ejecutivo diferenciaba cinco etapas constructivas, las primeras cuatro de las cuales se realizarían de modo complementario y progresivo a medida que se verificara el avance de la obra:

1. Instalación de las mantas base. Confeccionadas combinando un geotextil tejido PlusTex T 55-55 con un geotextil no tejido Bidim RT-16, poseían a lo largo de uno de sus bordes alforjas realizadas con los mismos materiales y que se rellenaban en obra del mismo modo que el resto de los geocontenedores. Colocadas sobre el lecho del río donde luego se instalarían los GeoTubos[®], su función era limitar los asentamientos de éstos cuando se llenaran, controlando la acción erosiva originada por el escape a través del geotextil del agua de la hidromezcla bombeada para su relleno. Además, posicionadas extendidas hacia aguas afuera, se fijaban mediante grampas metálicas para servir de filtro bajo los zampeados previstos en la 5° etapa. Las alforjas ayudaban a fijar las mantas y a retener la piedra de las protecciones al pie de los espigones.
2. Ejecución de los espigones. Se realizó relleno con arena refulada desde un barco arenero los geocontenedores previamente posicionados. Se previeron GeoTubos[®] de 1,60 m de altura teórica, y de longitudes variables entre 10 y 20 m dependiendo su ubicación. Se dispusieron en varios niveles hasta alcanzar la cota requerida por el proyecto. Para su confección se emplearon geotextiles tejidos altamente estabilizados PlusTex HLT tipo 80/80 y 110/110. Una vez conformados, los espigones mantenían alejada la corriente del río, pero su ejecución constituyó uno de los momentos más críticos de la obra, ya que durante la misma se debió trabajar sin ninguna reparo y en dirección transversal a la corriente.
3. Construcción de la estructura de confinamiento. Mediante GeoTubos[®] de idénticas características a los anteriores, se materializaron anillos concéntricos a la posición de la torre (el primero de casi 70 m de diámetro). La estructura de confinamiento posee entre 4 y 5 capas de acuerdo a la profundidad del lecho en cada sector, las que por disponerse escalonadamente obligaba a realizar el relleno interior de cada nivel cuyo confinamiento se aseguraba, antes de iniciarse la ejecución de la siguiente capa. .



Figura 6.- Relleno de GeoTubos®.

4. Relleno del recinto. El recinto interior, conformado por los GeoTubos® de la estructura de confinamiento y los de los espigones, se rellenaba por refulado con arena de río obtenida en un yacimiento cercano. Este relleno se realizaba en capas a medida que progresaban los niveles de los anillos perimetrales. Entre cada uno de ellos se colocaba un geotextil no tejido Bidim© RT 31 al efecto de evitar la fuga de la arena por entre las distintas capas de GeoTubos®. La función principal del relleno es proteger y recalzar los pilotes de la torre 465.

5. Coraza de protección. Tanto los espigones como los taludes expuestos y el hombro del anillo de confinamiento se protegieron con un enrocado de piedra basáltica de “primera voladura” seleccionada ($D_n = 0,38$ m, con máx de 0,58 m y mín. 0,23 m; y 0,80 m de espesor mínimo). Debajo del mismo se colocó un geotextil Bidim© RT 31 a modo de protección mecánica de los GeoTubos®. La superficie superior del relleno de arena bajo la torre se cubrió íntegramente con piedra de “primera trituración” (100-300 mm) en un espesor mínimo de 0,25 m, interponiendo como filtro otro geotextil Bidim© RT 31. Finalmente la coraza de los taludes en la punta de los espigones se prolongó sobre el lecho alrededor de 10 m a modo de zampeado. En este caso se empleo piedra 100-300, y se aprovechó como filtro la extensión inicial de la manta base., buscando materializar una protección al pie que limitara las socavaciones en los sectores más expuestos.

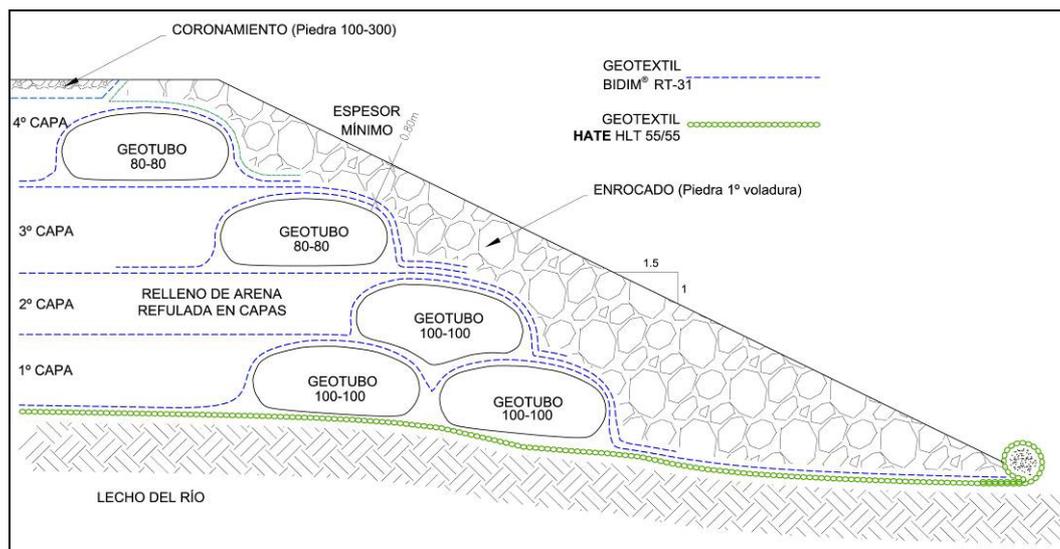


Figura 7.- Corte esquemático de la configuración del recinto

La ejecución de los trabajos presentó importantes desafíos.

El primero y más obvio era que la obra se encontraba en el medio del río Paraná, a 1000 m del embarcadero dispuesto sobre la costa correntina para la carga de los materiales, el personal y los equipos. Además, para mitigar el impacto ambiental se descartó la realización de cualquier tarea o instalación en la isla.

Otro importante obstáculo era que los trabajos se debían realizar mayormente bajo agua, iniciándose en sectores con profundidades cercanas a los 8 m, y con grados de turbidez variables pero que normalmente generaban condiciones de visibilidad mínimas o nulas para el desarrollo de las tareas de los buzos.

Por otra parte, durante los 9 meses que duró la obra, el nivel del Paraná presentó diferencias de hasta 2,5 m. Con los niveles más altos los trabajos se veían afectados por la velocidad de la corriente, y con los más bajos por la falta de calado para acercarse a determinados áreas de la obra.

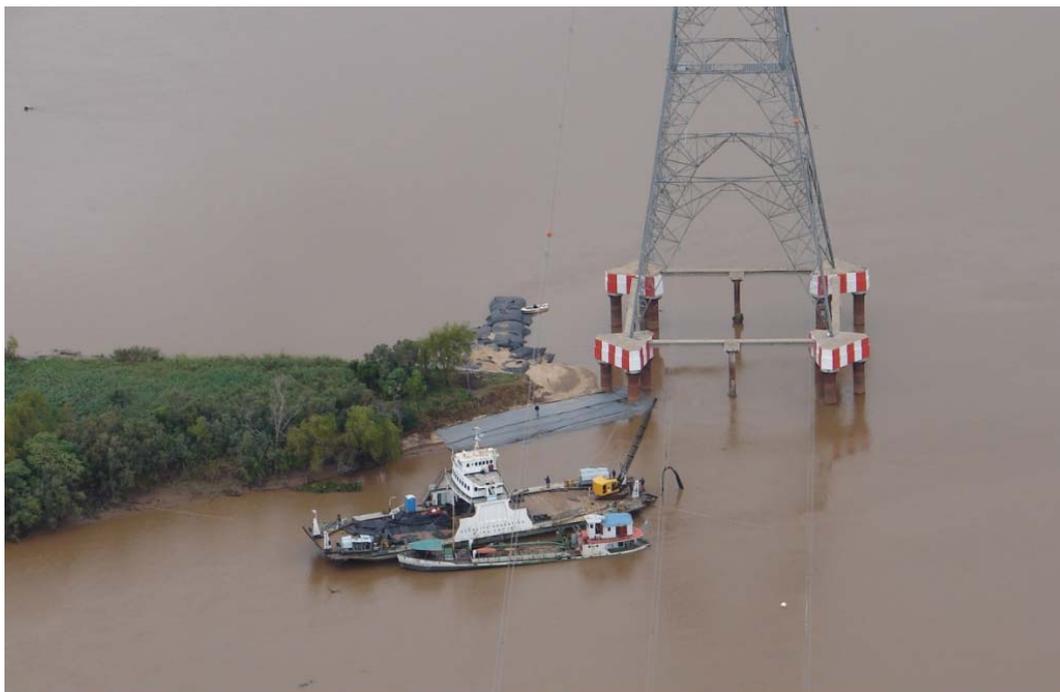


Figura 8.- Vista panorámica de la Obra - Ejecución del Espigón Brazo Guáscara.

Las características geomorfológicamente activas que el río presenta en este tramo fueron la causa de la mayor imprevisibilidad que presentó la obra, ya que el lecho presentaba variaciones significativas de sus cotas en plazos relativamente cortos, sea tanto por erosión como por sedimentación.

A estos desafíos se le sumaron contratiempos constructivos habituales en este tipo de obras, como las modificaciones en la metodología de posicionamiento de las mantas bases y los primeros geocontenedores debido a la fuerza de la corriente, o los ajustes en el llenado bajo agua de los GeoTubos[®] para alcanzar su relleno óptimo. Por otra parte, el tiempo que transcurrió entre la presupuestación de la obra y su inicio alteró la disponibilidad de recursos flotantes obligando a modificar la metodología proyectada. Finalmente se recurrió al uso de una barcaza autopropulsada tipo ferry de 240 tn de capacidad, con la cual se realizaron todas las tareas, tanto las de traslado de materiales como de base flotante para la operación de los equipos.

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS .

Estos desafíos y contratiempos justificaron las modificaciones realizadas inicialmente en el anteproyecto, si bien obligaron a la Jefatura de Obra a adaptar el proyecto ejecutivo a las reales condiciones en las que se realizó la obra. Todo esto debió ser realizado sin que la obra perdiese su eficiencia ni se alterasen los costos presupuestados ni los plazos comprometidos. Es así que se ajustó el utilaje y diversas rutinas operativas, como también las dimensiones de los geocontenedores empleados y su altura de llenado, a fin de acomodarlos mejor en el anillo de confinamiento. También se debió disponer de una capa adicional de GeoTubos[®] y

modificar la superficie y replanteo de la obra, ya que la erosión había separado la isla de la base de la Torre más de lo previsto.

Esta flexibilidad operativa y las adaptaciones que el medio le impuso al proyecto fueron posibles por varias razones. La más importante de ellas es la versatilidad de la tecnología adoptada, empleándose GeoTubos[®] no solo de longitudes variables según las necesidades de la obra, sino también con resistencias y accesorios (presillas de anclaje, chimeneas de carga extra-largas, bocas de alivio adicionales, etc.) que le permitían adaptarlos a las cambiantes condiciones que se presentaban.



Figura 9.- Relleno de GeoTubos[®].

La versatilidad que representa el uso de geocontenedores estuvo acompañada por el hecho que Coripa S.A. era no solo quien los instalaba sino también quien los proveía. El diseño y el cálculo de las modificaciones, su confección y provisión en obra demandaba escasos días, pudiendo contarse entonces con productos realizados casi a medida. La disponibilidad local de estos materiales fue extensiva también al suministro de las mantas-base y demás geotextiles que la obra demandó.

Por último pero no menos importante fue la coordinación lograda entre Comitente, Proyectista y Contratista, indispensable en este tipo de obras hidráulicas donde las condiciones de proyecto pueden ser variables. Así fue posible durante los plazos previstos contractualmente realizar no solo los ajustes que el medio le imponía a la obra, sino también las modificaciones que el proyecto ejecutivo introdujo inicialmente en el anteproyecto. Estos cambios se vieron también facilitados por haber permanecido el Ing. Pelliccia, co-autor del anteproyecto, como asesor técnico del Comitente durante todo el desarrollo de los trabajos.

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Terminada la obra, EVARSA realizó un nuevo relevamiento batimétrico en marzo de 2009, informando que “ha habido deposición de material en el Brazo Guáscara y en el sector del Brazo Principal contra la isla”, tal como se ve observa en el gráfico. [Figura 10] . A su vez, indicó que la zona de la hoya erosiva de aguas abajo (progresivas 770 a 990) se encontraba en situación similar o mejor que las detectadas en campañas anteriores.

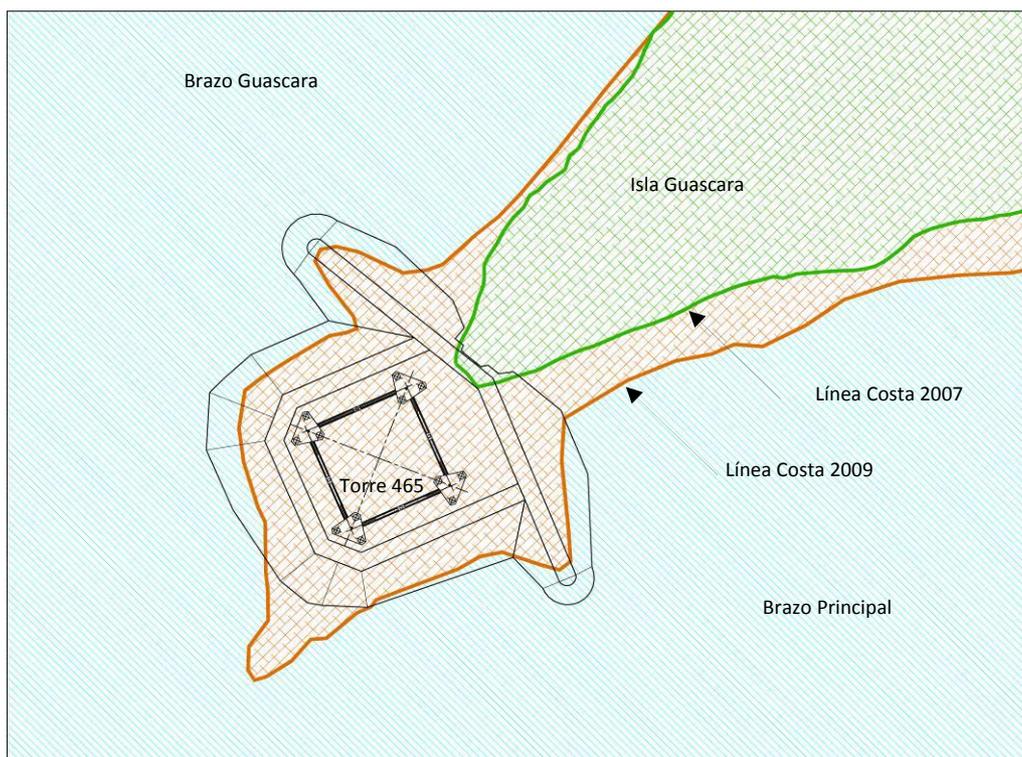


Figura 10.- Isla Guáscara – Modificación de sus márgenes luego de implantada la Obra

Para evaluar correctamente los resultados que se obtengan de la obra, debe recordarse que su objetivo final es “tratar de reconstruir la punta de la isla para volver a dar abrigo a la Torre”, ya que por la escala de la intervención no es previsible que pueda influir sobre la actividad geomorfológica del río en este tramo. Por ello, y tal cual lo recomiendan los Ings Menendez-Pelliccia en su estudio, “debe efectuarse un seguimiento continuo para registrar y analizar su evolución”.

De tal seguimiento puede surgir la conveniencia de futuras acciones complementarias tendientes a prolongar y asegurar el éxito de la obra realizada, revirtiendo el angostamiento de la cola de la isla. Con ese fin, y aprovechando la experiencia brindada por estos trabajos, se podría disponer la ejecución de nuevos espigones aguas arriba, e incluso prolongar los ya realizados, tarea que se vería facilitada por estar constituidos sus núcleos con geocontenedores.

CONCLUSIONES

- 1) La necesidad de prever obras de protección cuando se localizan infraestructuras sobre tramos fluviales geomorfológicamente activos, o en su defecto, el control de las consecuencias que su ausencia origina.
- 2) La flexibilidad operativa y las adaptaciones que requirió el proyecto por las condiciones variables de la obra fueron posibles principalmente por la versatilidad que presentó el uso de GeoTubos[®].
- 3) La disponibilidad de los geosintéticos empleados, sumada a la posibilidad de calcular, y confeccionar localmente los geocontenedores según las modificaciones que la obra requería, permitió su provisión en plazos reducidos, que no afectaron el cronograma de los trabajos.
- 4) Para un desarrollo óptimo de este tipo de obra, con condiciones de proyecto y constructivas variables y empleo de productos o tecnologías versátiles, es recomendable un fuerte trabajo en equipo entre Comitente, Proyectista, Dirección de Obra, Contratista y Proveedor.
- 5) Esta obra, como otras similares es tramos fluviales activos, requieren un seguimiento planificado para controlar su comportamiento y detectar con tiempo la necesidad de acciones que aseguren o prolonguen su éxito.



Figura 11.- Vista de la Obra Finalizada.



Figura 12.- Vista de la Obra Finalizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) **EVARSA** “Relevamiento batimétrico Km. 1220 Paraná Superior” / Enero 2003 – Junio 2004 – Agosto 2005 – Noviembre 2006 – Febrero 2007 – Agosto 2007 – Enero 2008 – Agosto 2008 – Febrero 2009
- 2) **Minetti, J. C., Werlen, M. E.** (2005) “Erosión en zona de confluencias”
- 3) **Menéndez, A.N., Pelliccia, A.C** (2006) “Diagnostico sobre la evolución morfológica de la cola de la isla Guáscara y recomendaciones para su control”
- 4) **Menéndez, A.N., Pelliccia, A.C** (2007) “Obra de protección de la cola de la isla Guáscaras”

5) Coripa - Oficina Técnica (2007) “Obra de Protección Torre 465 – Proyecto Ejecutivo”