

Posibilidades y Desafíos del uso de Geocontenedores en Obras Hidráulicas

A. Dal Farra, Coripa S.A., Buenos Aires, Argentina
A. Ecke, Coripa S.A., Buenos Aires, Argentina
J. C. Vertematti, Huesker, Brasil

RESUMEN

En los últimos años se ha extendido en Argentina la aplicación de geocontenedores en obras hidráulicas.

De modo similar a lo ocurrido con otras aplicaciones de geosintéticos, su empleo en forma exitosa antecede en muchos casos a los conocimientos teóricos. El criterio de selección y diseño, así como las recomendaciones de instalación, están mayormente relacionados con "el buen sentido técnico" y la aplicación de conocimientos prácticos

Esto se ha podido verificarse en diversas obras ejecutadas en Argentina. De los cuales se presentan cuatro casos puntuales, donde los resultados positivos obtenidos en ellas fueron posibles gracias a la interacción entre proyectistas, proveedores y contratistas, lo que permitió sumar al diseño teórico, las experiencias de obras previas.

De este modo se logró una adecuada respuesta técnica para afrontar las variables que condicionaban cada proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

Los geocontenedores son tubos, bolsones o colchones de geotextil, conformados de tal manera que permiten ser rellenos con distintos tipos de suelos ya sea en seco o por refulado. Los sólidos retenidos dentro del geocontenedor permiten generar estructuras de protección, contención o confinamiento aptas para múltiples aplicaciones tanto fluviales como marítimas. Las aplicaciones más frecuentes son; Espigones, Rompeolas, Defensa y reconstrucción de costas, Obras de control de erosión, Contención y desecado de lodos contaminados, etc.

Existe una amplia gama de geotextiles que pueden ser utilizados para la confección de geocontenedores, estos pueden ser no tejidos, tejidos o compuestos (tejidos + no tejidos), de diferentes polímeros, características y resistencias.

El uso de geocontenedores conformados a partir de geotextiles comenzó con las primeras experiencias a nivel mundial hace más de 50 años, pero su aplicación en forma masiva se produjo a partir de los 80's gracias a los desarrollos y avances logrados en los geotextiles, fundamentalmente en lo referido a su resistencia y durabilidad. Esto permitió ampliar su campo de acción, abarcado proyectos relacionados al control de erosión, la contención y protección de costas.

Particularmente en Argentina, se han empleado geocontenedores en diversas aplicaciones, lo que permitió realizar proyectos técnica y económicamente eficientes, que en muchos casos resultaron soluciones novedosas.

Si bien el inicio local de estas aplicaciones se dio en los 80's, con algunos proyectos en donde se utilizaron geocontenedores tipo bolsón de geotextil no tejido, fue en estos últimos años donde se vio el mayor crecimiento de esta aplicación. En la actualidad la mayor parte de los proyectos, los cuales son cada vez más ambiciosos, contemplan la utilización de geotextiles tejidos de diferentes tipos y resistencias para la confección de los geocontenedores, ya sean en forma de tubos, bolsón o colchones.

2. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE PROYECTOS CON GEOCONTENEDORES

En lo referido al cálculo y diseño de los geocontenedores, cabe destacar, que de manera similar a lo ocurrido con otras aplicaciones de geosintéticos, su empleo en forma exitosa antecedió en muchas ocasiones al desarrollo de la teoría y al conocimiento en profundidad de las solicitaciones y esfuerzos que intervienen en el cálculo. Es por ello que, si bien a la hora de proyectar geocontenedores se realiza el cálculo de las solicitaciones y hasta se desarrollaron software específicos para determinarlas, el criterio de selección y diseño, así como las recomendaciones de instalación, están mayormente relacionadas con "el buen sentido técnico" y la aplicación de criterios y conocimientos prácticos

Para simplificar, lo que en principio es un proceso de diseño complejo, es conveniente desglosar los aspectos que intervienen en el desarrollo de obras con geocontenedores.

Lo que debemos determinar son requerimientos principales que debe cumplir un geocontenedor para poder interpretar sus características. El geocontenedor debe:

- Poder ser posicionado, teniendo en cuenta los medios disponibles, en su ubicación definitiva: ya sea colocado previo al llenado, lanzado o izado posterior al llenado.
- Resistir las tensiones originadas por la presión de llenado.
- Contener e inmovilizar la fracción sólida del relleno, logrando una estructura estable.
- Mantener su integridad durante la vida útil proyectada, resistiendo las sollicitaciones del entorno.

En esencia, el geocontenedor más eficiente es el que logre cumplir con todo lo requerido del modo más económico (considerando consumo y tipo de geotextil) y con un adecuado nivel de seguridad. La economía de la obra donde se empleen los geocontenedores dependerá no solo del costo de los mismos, sino también de otros factores: la geometría de la estructura diseñada por el proyectista y la metodología constructiva adoptada por el contratista. Entonces, para aprovechar al máximo el potencial de las soluciones con geocontenedores y obtener resultados positivos es necesario una interacción armónica entre Proyectista, Proveedor y Contratista, evaluando las condicionantes del sitio, dimensiones de los geocontenedores, las características de los geotextiles, el material de relleno disponible, la metodología de llenado, etc.

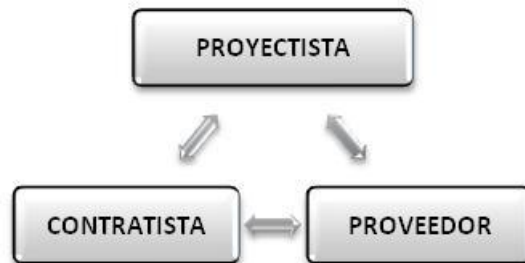


Figura 1

Al respecto Krystian W. Pilarczyk plantea claramente en “Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering” la interacción que existe entre tres de los parámetros que determinan el proceso de llenado de un geocontenedor.

Según lo publicado, el factor más crítico a tener en cuenta para asegurar una construcción exitosa, es la presión de bombeo, ya que un ligero aumento accidental de esta presión puede resultar en un aumento muy importante en las tensiones del geotextil. Por otro lado, aumentar la presión mas allá de cierto nivel, tiene poca influencia en el aumento de la altura del geocontenedor, y por ende en su volumen final.

Aquí podemos ver como se relacionan estos factores y la influencia que ejercen unos sobre otros: presión de bombeo (contratista); tensión del geotextil (proveedor); y altura final del geocontenedor (proyectista).

3. CASOS DE OBRAS

Se plantean a continuación casos de obras realizadas recientemente en Argentina, donde se verifico en la práctica las interacciones entre los distintos factores que intervienen en los proyectos con geocontenedores.

El trabajo en conjunto entre Proyectista, Proveedor y Contratista permitió en cada caso capitalizar el potencial de esta tecnología, logrando obtener resultados positivos bajo diferentes condiciones de obra.

3.1 Protección de la Torre 465 sobre el Rio Paraná – Corrientes, Argentina

La torre 465, de 135 m de altura permite el cruce aéreo sobre el río Paraná de la Línea de Alta Tensión de 500 KV que vincula la central hidroeléctrica de Yacyretá con la ciudad de Resistencia. Construida en 1994 sobre la punta de la isla Guáscara, la torre quedó prácticamente en aguas abiertas por la fuerte erosión de sus márgenes.

El proyecto contemplo la ejecución de dos sendos espigones, uno a cada lado de la isla, los cuales fueron construidos a partir de un núcleo de geocontenedores tipo tubo de 1.60m de altura y una estructura de contención, formada por tubos posicionados en forma escalonada, dentro de la cual se refuló arena. Por último se realizó con piedra un revestimiento general de la obra ejecutada, a fin de protegerla de la corriente y el oleaje

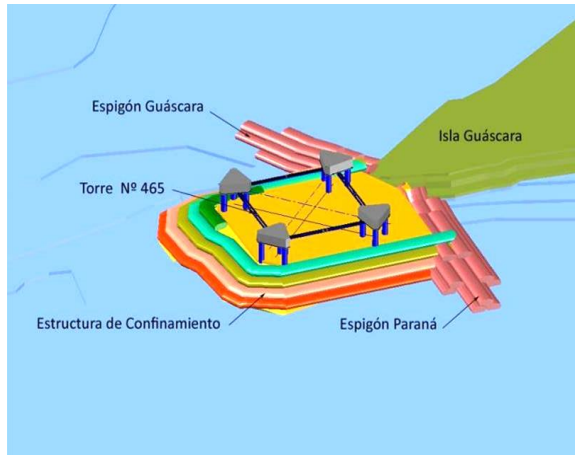


Figura 2. Proyección 3D de la protección

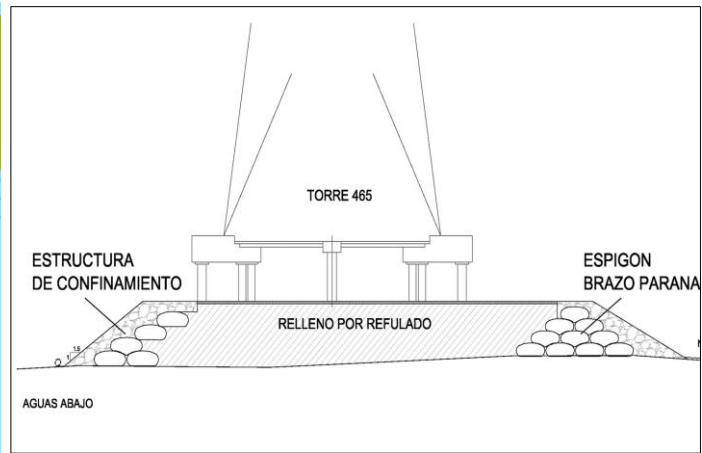


Figura 3. Corte

Los trabajos debieron realizarse bajo condiciones severas: iniciarse bajo agua con profundidades de hasta 8 m, con visibilidad mínima o nula por la turbidez del agua, con alteraciones de hasta 2,5 m del nivel del río durante los 9 meses del 2008 que demandó la obra, y a 1000 m de la costa, sin posibilidades de realizar tareas o mantener instalaciones sobre la isla por razones ambientales. Pero el mayor desafío fue que el río Paraná en este tramo presenta características geomorfológicamente muy activas debidas a fuertes procesos de erosión y sedimentación, por lo que la evolución del lecho y de las márgenes de la isla eran imprevisibles aún en períodos cortos de tiempo.



Figura 4. Llenado de geocontenedores



Figura 5. Vista aérea, espigón brazo Paraná

La versatilidad de la tecnología adoptada, empleándose geocontenedores no solo de longitudes, sino también con resistencias y accesorios diferentes que permitían adaptarlos a las condiciones de obra. Además porque Coripa, en su doble condición de proveedor e instalador de los geocontenedores podía realizar el diseño y el cálculo de las modificaciones, su confección y provisión en obra en escasos días, pudiendo contarse entonces con productos prácticamente realizados “a medida”.

3.2 Protección de toma de agua y reconstitución del pie del tablestacado de defensa – Santa Fe, Argentina

La toma de agua de la ciudad de Santa Fe así como el tablestacado de defensa del terraplén contra inundaciones, ubicados sobre el río Colastine, corrían riesgo de colapso debido a la erosión producida sobre la costa. Por ello se solicitó la ejecución de una obra de emergencia con el fin de reconstituir el pie del tablestacado y proteger la obra de toma. Debido a las condiciones geotécnicas del lugar era necesario reconstituir talud desde el cauce del río hacia la línea de costa para garantizar la estabilidad global y evitar posibles nuevas fallas.

Basados en las experiencias ganadas en la protección de la torre 465 se diseñó una estructura de contención formada por geocontenedores tipo tubos.

Las características geomorfológicas y el perfil de velocidades del río (superiores a 2m/s), determinaron la necesidad de evitar posibles erosiones al pie de la estructura, para ello se previó la colocación de un geocontenedor tipo colchón, sobre el lecho, como manta antisocavación,

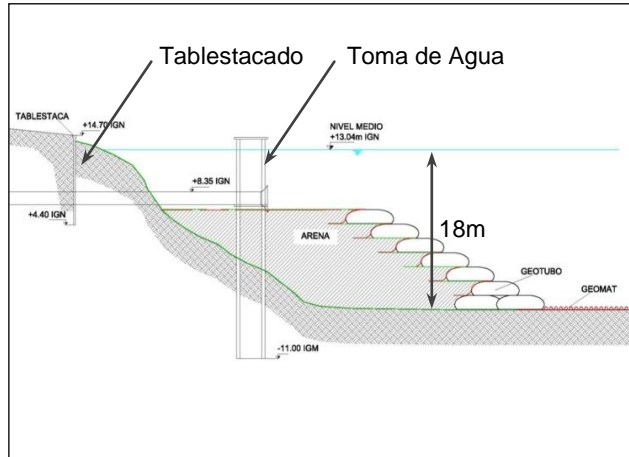


Figura 6. Corte – Sector de la toma de agua

Figura 7. Colocación de manta base

La primera línea de tubos se fundó sobre la manta base a más de 18m de profundidad, y a partir de esta se fueron colocando en forma escalonada los sucesivos niveles de tubos. Finalizado cada nivel se procedía al relleno por refulado libre de arena del recinto generado.

La solución planteada fue proyectada teniendo en cuenta los medios locales disponibles y a las restricciones constructivas impuestas por el entorno. Sumado a esto, al ser una obra de emergencia, debió ajustarse al presupuesto y tiempos fijados por el comitente.



Figura 8. Proyección 3D de la protección

El resultado fue una obra técnica y económicamente viable, la cual cumplió satisfactoriamente con los objetivos encomendados.

3.3 Protección Los Acañilados – Mar del Plata, Argentina

En las playas del sur de la ciudad de Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires, existen grandes problemas de erosión. La más austral es la denominada “Los Acañilados”, la cual presenta un importante proceso erosivo causado principalmente por la falta de aporte de arena del sector sur y la recurrencia de fuertes tormentas.

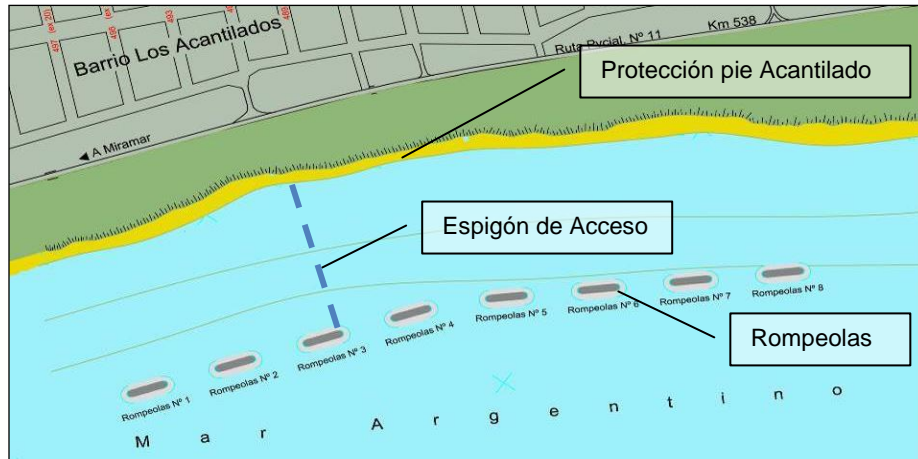


Figura 9. Planta general

Luego de estudiarse varias alternativas para su protección, se optó por la ejecución de un sistema de 8 rompeolas sumergidos de 60m de longitud ubicados a 250m, paralelos a línea de costa. Sumado a esto se ejecutó de una protección al pie del acantilado, formada por tres niveles de geocontenedores superpuestos que contienen un relleno de arena.

Debido a las condiciones de oleaje del mar y al no contarse con el equipo necesario, era inviable la ejecución de los rompeolas desde agua, por lo que se optó por realizar espigones auxiliares para permitir el acceso de los equipos y la construcción de los rompeolas. Estos espigones de acceso debían ser retirados una vez finalizada la obra, para no obstruir el aporte de arena a las playas por deriva litoral. Los geocontenedores fueron la alternativa más favorable ya que permiten ser removidos fácilmente una vez finalizada la obra.

En los inicios de la obra, durante el periodo de aprendizaje y puesta a punto de los equipos ocurrieron algunas roturas en los geocontenedores las que pueden ser atribuidas a un conjunto de factores; la falta de antecedentes de obras similares, granulometría del material de relleno, presiones de bombeo excesivas, tensiones no previstas debido al oleaje (particularmente luego de tormentas que generaron olas de más de 3m), etc. Todo esto motivó la necesidad de realizar ajustes en la metodología constructiva y reforzar los tubos para resistir las solicitaciones.



Figura 10. Avance del espigón de acceso



Figura 11. Vista de la protección al pie del acantilado

Luego de un trabajo en conjunto Contratista – Proveedor se superaron las dificultades y se logró obtener un adecuado ritmo de avance de obra. Sumado a esto se diseñaron geocontenedores de diferentes tamaños de acuerdo a la geometría proyectada, optimizando en cada aplicación los rendimientos de la obra, en tiempo, costos y consumo de materiales.

Para la ejecución del espigón se utilizaron geocontenedores de grandes secciones, buscando bajos costos por m³ de arena confinada. En cambio, para la ejecución de la protección al pie del acantilado, se utilizaron geocontenedores de secciones y longitudes tales que optimizaban los costos por metro de altura de protección.

3.4 Protección Gasoducto TGN Arroyo Zanja Honda – Salta, Argentina

El arroyo Zanja Honda es un curso meandroso con un régimen torrencial que produce la erosión de sus márgenes y taludes empinados de hasta 10 m de altura, con profundas cárcavas y sin cobertura vegetal. Debido a ello, corrían riesgo de colapso las bases de las columnas que sostienen el cruce aéreo del gasoducto ubicadas en la parte superior de las barrancas.

Usualmente las obras de defensa y encauzamiento se resuelven en la zona con gaviones, pero las piedras para rellenarlos no se encuentran cerca, y los rodados y troncos que arrastran las crecidas cortan los alambres y pueden llegar a inutilizar las obras en una temporada. Por ello, la consultora encargada del proyecto decidió el empleo de geocontenedores tipo tubo de 1.50m de altura y 3.70m de base. Estos se colocaban superpuestos uno sobre otro, hasta generar una estructura de defensa y contención de 7.50m de altura sobre los taludes.



Figura 12. Barranca y cruce del gasoducto



Figura 13. Vista general de la obra

Inicialmente se previó el llenado de los geocontenedores mediante el bombeo de suelo a través de las chimeneas que poseen los geocontenedores en su configuración estándar. El primer problema surgió porque en la época que se realizaría la obra, el arroyo está prácticamente seco y sería muy complicado generar un lodo fluido que pudiese ser bombeado.

Coripa, como proveedor de los geocontenedores, le propuso a la Inspección de Obra y a la contratista la alternativa de llenado “en seco”

Analizando los posibles modos de llenado, el equipo disponible, la configuración geométrica de los geocontenedores y el material de relleno disponible, se diseñaron los geocontenedores para cumplir con las exigencias impuestas.



Figura 14. Recubrimiento de geocontenedores con H⁹



Figura 15. Obra finalizada en época de lluvias

Los geocontenedores se confeccionaron con una boca superior de grandes dimensiones, la que permitió el llenado en seco utilizando una pala cargadora. Este proceso se realizó agregando en capas sucesivas, suelo con la humedad necesaria para su óptima compactación, finalizando, una vez alcanzado el nivel requerido, con el cierre de la boca mediante costura en obra.

Debido a las características de este curso de agua que arrastra troncos y ramas durante las crecientes, fue necesario proteger los geocontenedores. Con tal finalidad se revistieron con una capa de hormigón de 5 cm de espesor la cara externa de los tubos de las 3 hileras inferiores.

4. CONCLUSIONES

Las experiencias adquiridas en la realización de estos proyectos locales permiten extraer distintas conclusiones sobre las posibilidades y desafíos del uso de geocontenedores en obras hidráulicas.

En primer lugar, debe considerarse que actualmente los geocontenedores, gracias a la amplia gama de geotextiles disponibles (en cuanto a resistencias, tipo de polímeros, durabilidad, propiedades hidráulicas, etc.) así como la diversidad de formas y dimensiones que pueden lograrse, pueden emplearse en un extenso campo de aplicaciones en el ámbito de la ingeniería hidráulica (espigones, rompeolas, estructuras de contención o de defensa, control de erosión, etc., tanto en entornos fluviales como marítimos).

Por otro lado, el mejor modo de aprovechar todas las posibilidades que surge de la aplicación de geocontenedores en las obras hidráulicas es mediante un análisis conjunto de las variables que interactúan en cada caso: las necesidades y condicionantes del proyecto, las posibilidades de provisión (en cuanto dimensiones del geocontenedor, propiedades del geotextil, costo y disponibilidad logística), y los recursos constructivos existentes o posibles de desarrollar.

En tercer lugar se verifica que en las obras locales, como aún sucede en las realizadas en el exterior, los criterios de diseño y dimensionado, están mayormente relacionados al "buen sentido práctico" del proyectista. Por ello, para lograr intervenciones exitosas, es conveniente una estrecha cooperación entre proyectistas, proveedores y contratistas.

Por último, en las obras descritas los geocontenedores demostraron ser una solución eficiente y sencilla frente a los desafíos que representaban los proyectos en los que se los incluyó. En especial, cuando se logró interpretar adecuadamente la interacción entre las características del proyecto, las propias del geocontenedor, y las derivadas de la metodología y el lay-out constructivo adoptado.

5. REFERENCIAS

Pilarczyk, K. W. (2000). *Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering*, A. A. Balkeman, Rotterdam, Netherlands

Algera, A., Burger, B., Hartog, W.M., de Rijke, Q.C. (2004) *Study on the reconstruction of Los Acantilados Beach*, Faculty of Civil Engineering, Delft University of Technology, Netherlands

Dal Farra, A. (2009). *Empleo de geocontenedores en la protección de la torre 465 de la L.A.T. Yacyreta – Resistencia*. 4º Simposio Regional de Ríos, Salta, Argentina

Dal Farra, A. (2010). *Usos recientes de geocontenedores para control de erosión en Argentina*. V CICES, Panamá