

## Uso de Geomallas para el control de caída de Piedras en la Costa Verde

Ing. Juan Mansilla Sanchez, Tecnología de Materiales S.A., Lima, Peru.

### ABSTRACT

The Lima coast highway also known as “Costa Verde” was built in the sixties as a great space for leisure and enjoyment for citizens and as an alternative way to release the traffic from the main urban areas. Unfortunately, today it has become the opposite. The high traffic of vehicles that move along this road and the constant vibrations that they produce, this added to the elements such as the sea breeze, the rains and the small earthquakes, generate rockfalls from the slope. These situation increased the accident rate of this road causing a series of accidents. Parallel to these accidents, the engineering of geosynthetics was advancing looking for alternative solutions to conventional ones (steel + concrete anchors) that became impractical and very expensive. This led to the finding in the geogrids a solution that helped to reduce the energy produced by the rockfall, minimizing the damage they could produce.

Keywords: Geosintethics, Geogrid, Erosion Control, Rockfall

### RESUMEN

El Circuito de Playas de la Costa Verde fue construido en los años 60's como un espacio de entretenimiento para los ciudadanos que podían acceder a las playas limeñas, además de una alternativa para escapar del tráfico de la zona urbana. Desafortunadamente ahora es todo lo contrario el alto tránsito de vehículos que circulan por esta vía y las vibraciones que estos producen, sumadas a la briza marina, la lluvia y los pequeños sismos han generado desprendimientos de roca de los taludes aumentando la tasa de accidentes en esta vía. Paralelo a estos accidentes la ingeniería de los geosintéticos fue avanzando buscando alternativas de solución a las convencionales (Acero y Concreto) que se convertían en soluciones poco prácticas y muy costosas. Es así que se encontró en la Geomallas una solución para reducir la energía producida por el desprendimiento de rocas, minimizando el daño que este podría ocasionar.

Palabras Claves: Geosintéticos, Geomalla, Control de Erosión, Caída de Rocas

## 1. INTRODUCCIÓN

El circuito de la Costa Verde es una vía ubicada en la ciudad de Lima, que recorre la parte sur central del litoral limeño desde los distritos del Callao hasta Chorrillos en una longitud aproximada de 25 Km.



Figura 1. Imagen de la Costa Verde (fuente: wikipedia)

La Costa Verde tiene sus orígenes cuando el Arq. Ernesto Aramburú tuvo una visión de la costa limeña similar al borde marino de Copacabana, en Brasil. En los bocetos que el arquitecto plasmó para nuestra zona costera se pueden ver edificios y malecones en la zona de playa y una vía que discurre en las faldas de los acantilados.

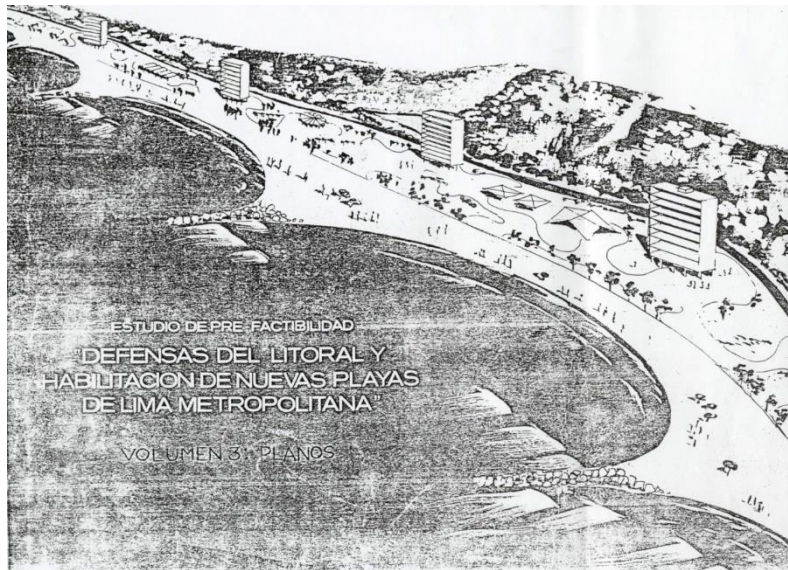


Figura 2. Visión Arq. Ernesto Aramburú Menchaca

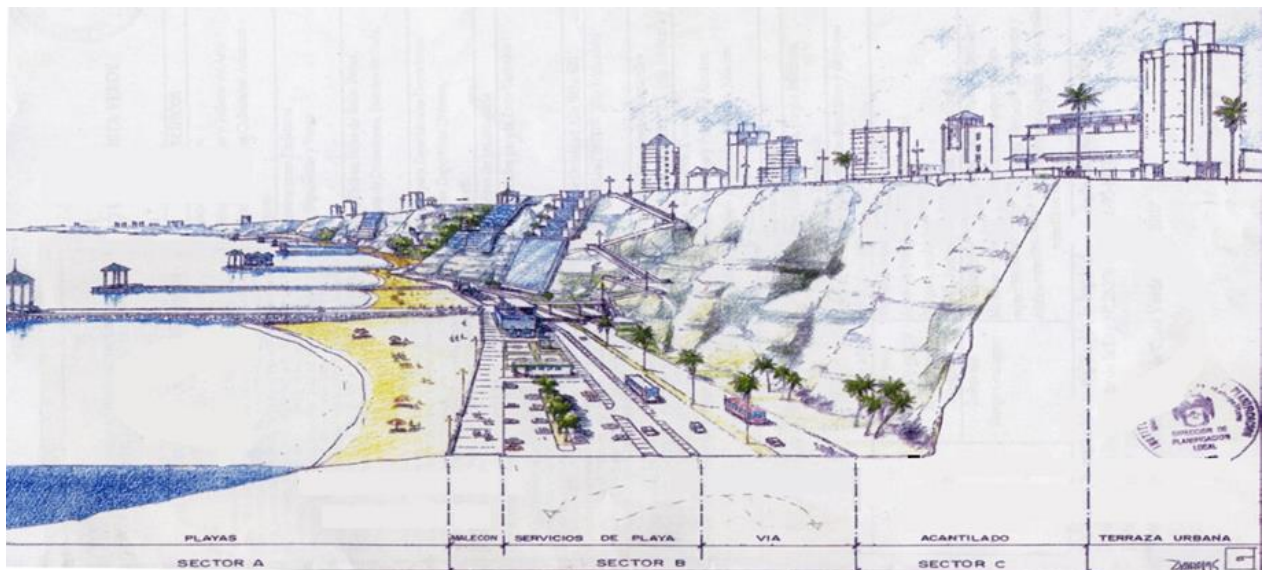


Figura 3. Visión Plan Maestro 1995

En los años setentas la Municipalidad de Lima vio en la Costa Verde una oportunidad para conectar La Punta (Callao) con Chorrillos con una vía que facilite el tránsito vehicular.

En la actualidad la Costa Verde es una de las vías más transitadas. Inicialmente se contaba con dos carriles en cada sentido, sin embargo ahora tiene tres carriles en cada sentido y los vehículos que transitan esta vía van a una velocidad entre 60 y 80 Km/hora.

## 2. EL PROBLEMA

Con los años, la alta demanda de tránsito ha hecho que La Costa Verde sea una de las vías rápidas más transitadas por los limeños y a su vez una de las vías más peligrosas debido al desprendimiento de rocas que provienen de los acantilados que acompañan esta vía.



Figura 4. Imagen de la Costa Verde

Los acantilados de la costa verde están constituidos por bancos de canto rodado, arenas limosas pertenecientes a la penúltima terraza fluvioaluvial del río Rímac. Estos se pueden considerar estables para no esperar que ocurran deslizamientos o desprendimientos masivos de clastos o bloques; sin embargo por las características de la composición del suelo que compone los taludes estos van a estar siempre expuestos a un proceso de intemperismo (humedad, viento, cambios de temperatura, etc.) que pueden generar un proceso erosivo que genere el desprendimiento de material más pequeño pero, que al estar a grandes alturas, se convierten en un riesgo para los vehículos que transitan por la vía al pie de los taludes.



Figura 5. Imagen del Conglomerado de los acantilados de la Costa Verde

### 3. VARIABLES DEL PROBLEMA

Los taludes poseen una resistencia al corte que depende de la cohesión y la fricción del conglomerado. La cohesión está compuesta por partículas de rodean la parte pétreo del suelo, esta matriz de connotación fina (arenas o material que pasa la malla #200) es sensible a:

- La humedad, la que a su vez depende de la humedad atmosférica. La zona se encuentra frente al mar por lo que la presencia de neblina es recurrente.
- La temperatura externa del suelo. La zona está en un lugar árido y desértico con gradientes de temperatura muy elevada.
- El viento, es típico que el viento asociado a los cambios de temperatura y presión entre día y noche sea permanente por ser zona costera. Vientos del mar hacia el continente y del continente al mar según sea de noche o de día.
- La dilatancia del suelo, determinada en ensayos de corte inalterados en estudio de estabilidad de taludes, también es un indicador de la sensibilidad del conglomerado a efectos externos.
- Las vibraciones, presentes de naturaleza sísmica.

Estas variables no son las únicas pero si las principales que determinan la inestabilidad superficial en los acantilados de la Costa Verde.

A esto se añade la intervención de las actividades humanas, que por necesidad de infraestructura para el desarrollo (que son necesarias), cambia las geometrías naturales por unas más apropiadas para el propósito, llevando el equilibrio superficial al límite.

### 4. ACCIDENTABILIDAD DE LA COSTA VERDE

En los últimos 25 años hemos tenido varios accidentes a causa del desprendimiento de rocas en la costa verde, muchos de ellos con consecuencias graves, como la muerte del periodista Francés de la agencia AFP Frederic Chapaz en el año 95 y la muerte del ciudadano Peruano Carlos Pardo Figueroa en el 2002.

Pero el accidente más recordado fue el caso del pequeño Tiago de 3 años de edad que quedo en coma luego que una piedra entrará por la ventana del vehículo donde se desplazaba con sus padres y le impactara en la cabeza.



Figuro 6. Imágenes de accidentes ocurridos en la Costa Verde

## 5. LA SOLUCIÓN

En el año 2000 la autoridad del proyecto costa verde comenzó a evaluar las posibles soluciones para el desprendimiento de roca, analizando soluciones con mallas metálicas, soluciones con anclajes sin embargo estas eran muy costosas y por su naturaleza eran bastante complicadas de ejecutar.

Ya en el año 2013 durante la construcción de un paso a desnivel en esta vía, se analizó con el consultor una solución que permita coleccionar el material desprendido y reduzca su energía de impacto. Entonces luego de analizar distintos tipos de solución se vio en las cortinas contra caída de rocas una solución económica y que logra buen efecto reductor de daños para la problemática planteada.



Figura 7. Foto de las Geomallas instaladas.

## 6. SISTEMA DE CONTROL DE EROSIÓN CONTRA CAIDA DE ROCAS

De la gama de elementos externos de protección se considera la existencia de dos tipos de protección contra caída de piedras: Los sistemas Activos y Los sistemas Pasivos.

Los Sistemas Activos, hacen uso de anclajes colocados dentro de macizos rocosos que luego terminan en bloques de hormigón en los que se pretensan o ajustan para proporcionar una tensión que ayude al esfuerzo de corte necesario para lograr la estabilidad de un talud, también pueden ser anclajes no tan profundos pero ubicados en puntos apropiados para generar anclaje de mallas metálicas los que a su vez llevan un arreglo de cables que complementan un confinamiento mayor contra el talud, ya sea uno o los dos métodos pueden ir acompañados.

Los Sistemas Pasivos, tienen como objetivo esperar coleccionar el material desprendido y reducir su energía de impacto al colocar una serie de obstrucciones a la trayectoria de cuerpo libre que tendría una partícula. Esto se puede lograr con Cortinas contra Caída de piedras, Vallas Dinámicas, Diques de colección ente otros. Si son adecuadamente ubicados pueden lograr un efecto muy evidente de reducción de daños a las instalaciones y vidas humanas.

Se escoge un “Sistema Pasivo” ya que definitivamente este tipo de soluciones son mucho más económicas y logran un muy buen efecto reductor de daños para la situación presentada.

Se hace uso de Cortinas de Protección Contra Caída de Piedras, es una técnica que emplea el uso de mallas flexibles de poliéster de gran resistencia para el control de las trayectorias cinéticas de las partículas pétreas en un rango discreto, producto de la constante obstrucción entre el talud y la malla de poliéster se logra caídas graduales y en distintos tiempos, lo que permite disipar la gran energía potencial inicial a un nivel fácilmente absorbible por el sistema.

Esta técnica es de carácter preventivo contra la generalización de caída de material pétreo sin control y basa su desarrollo en la captación de partículas pequeñas que originen el movimiento de partículas más grandes. De allí que la malla utiliza una abertura entre 25mm y 30mm aproximadamente, esto evita la caída libre de partículas mayores que puedan causar daño talud abajo.

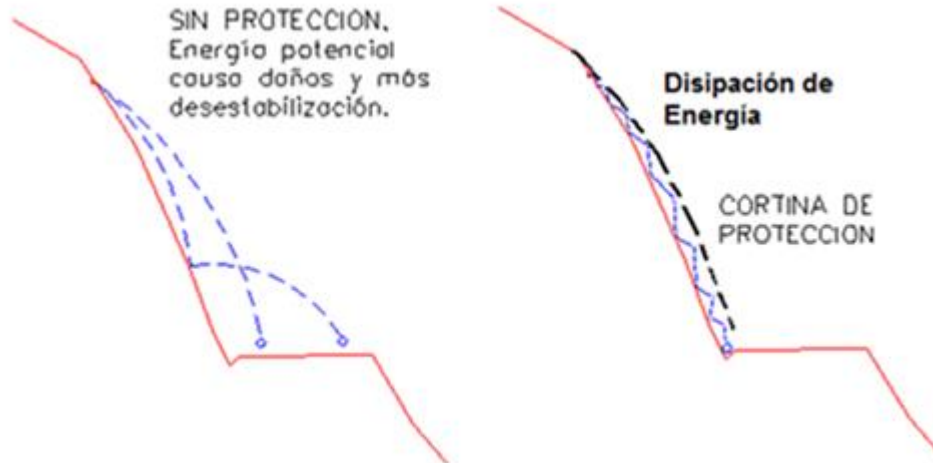


Figura 8. Esquema de la solución planteada

La cortina contra caída de piedras es casi tan resistente como una malla metálica, sin embargo es más económica, no se corroe y tiene protección contra UV, también es más ligera para ser instalada en posiciones complicadas por lo que permite un gran rendimiento en su ejecución.

La cortina de protección restringe el rango de trayectorias peligrosas a trayectorias seguras.

De existir un material sumamente grande que desgarré una parte del material este puede ser fácilmente reparado con material unido en traslapes según el nivel de abertura, haciendo su mantenimiento de muy bajo costo.

## 7. IMPLEMENTACIÓN: CORTINAS CONTRA CAIDA DE ROCAS

En el 2013 La municipalidad de Lima, a través de la Empresa Municipal Administradora de Peajes (EMAPE) inició la instalación de geomallas a lo largo del acantilado de la Costa Verde. En el primer año se instalaron aprox. 600,000 m<sup>2</sup> de geomallas biaxiales de 55 KN de resistencia.



Figura 9. Instalación de Geomallas

Las geomallas fueron instaladas por escaladores de alta montaña, que realizaron las costuras de unión entre mallas. Debido al alto tránsito de la carretera los trabajos se realizaron en horario nocturno. El trabajo se dividió en un total de 21 sectores. La naturaleza flexible de la geomalla le permite adaptarse a la superficie del terreno. La Geomalla puede ser instalada con rapidez lo cual ayuda a la reducción por costos de instalación. Además, no se necesita mucha mano de obra y su manipulación es sencilla. La instalación sencilla, permite el empleo de mano de obra no calificada, en la zona.

Al día de hoy se tienen instalado aproximadamente más de un millón de m<sup>2</sup> de geomalla entre los distritos de Miraflores, Barranco, Chorrillos, Magdalena y San Miguel.



Figura 10. Imágenes de las Geomallas instaladas.



Figura 11. Imágenes de las Geomallas instaladas.

## 8. COMENTARIOS FINALES

Después de la instalación de las Geomallas en la Costa Verde no se han reportado accidentes graves a causa de desprendimiento de rocas. La Costa Verde cuenta con un área aproximada de 1'600,000 m<sup>2</sup>, por lo que se puede decir que a la fecha tenemos cubierto un 75% del área total de esta vía.

Durante el año 2019 se presentaron unos deslizamientos en los acantilados de la Costa Verde, como se conceptualizo la solución inicialmente las geomallas no estaban previstas para soportar este tipo de fallas sin embargo se puede apreciar que la función de direccionar el desprendimiento de rocas se dio de manera óptima.



Figura 12. Imagen de los deslizamientos en la costa verde Año 2019

Como comentario final, se puede verificar que el uso de Geomallas como sistema de control de erosión contra caída de rocas es una solución que permite el mantenimiento a muy bajo costo y facilita la vegetación. Es una solución que ha dado resultados, a bajo costo, y que se puede replicar en otras vías con los mismos riesgos.

