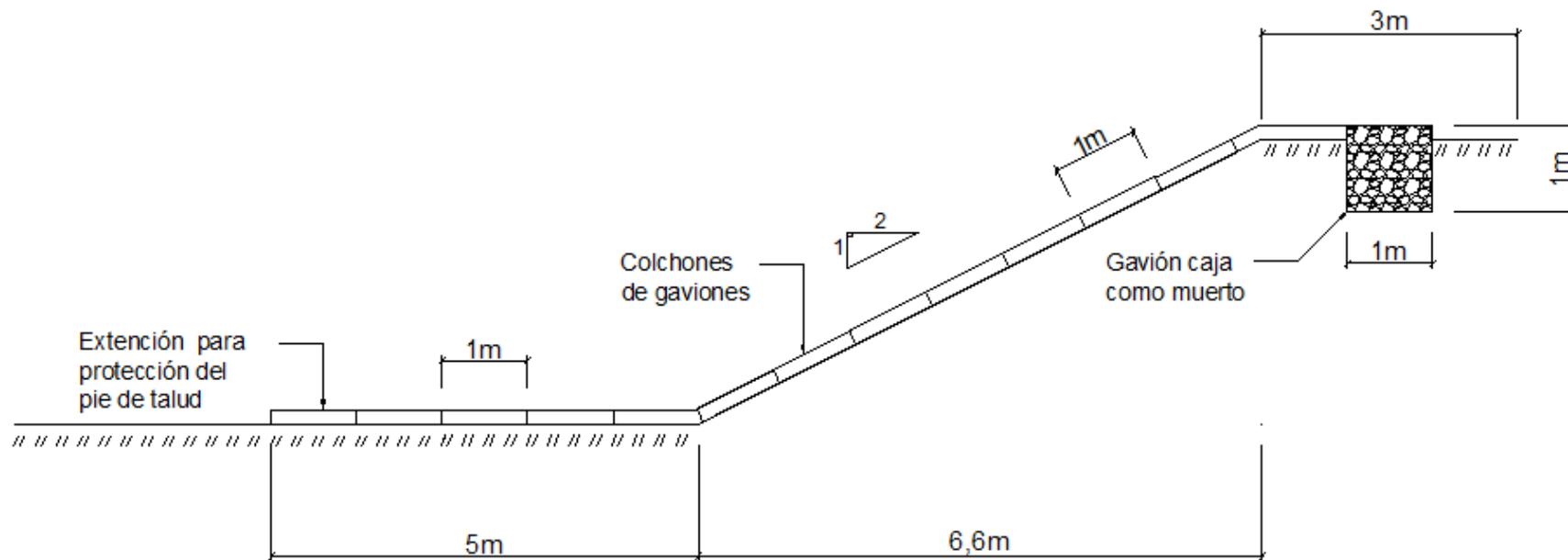


Apendices



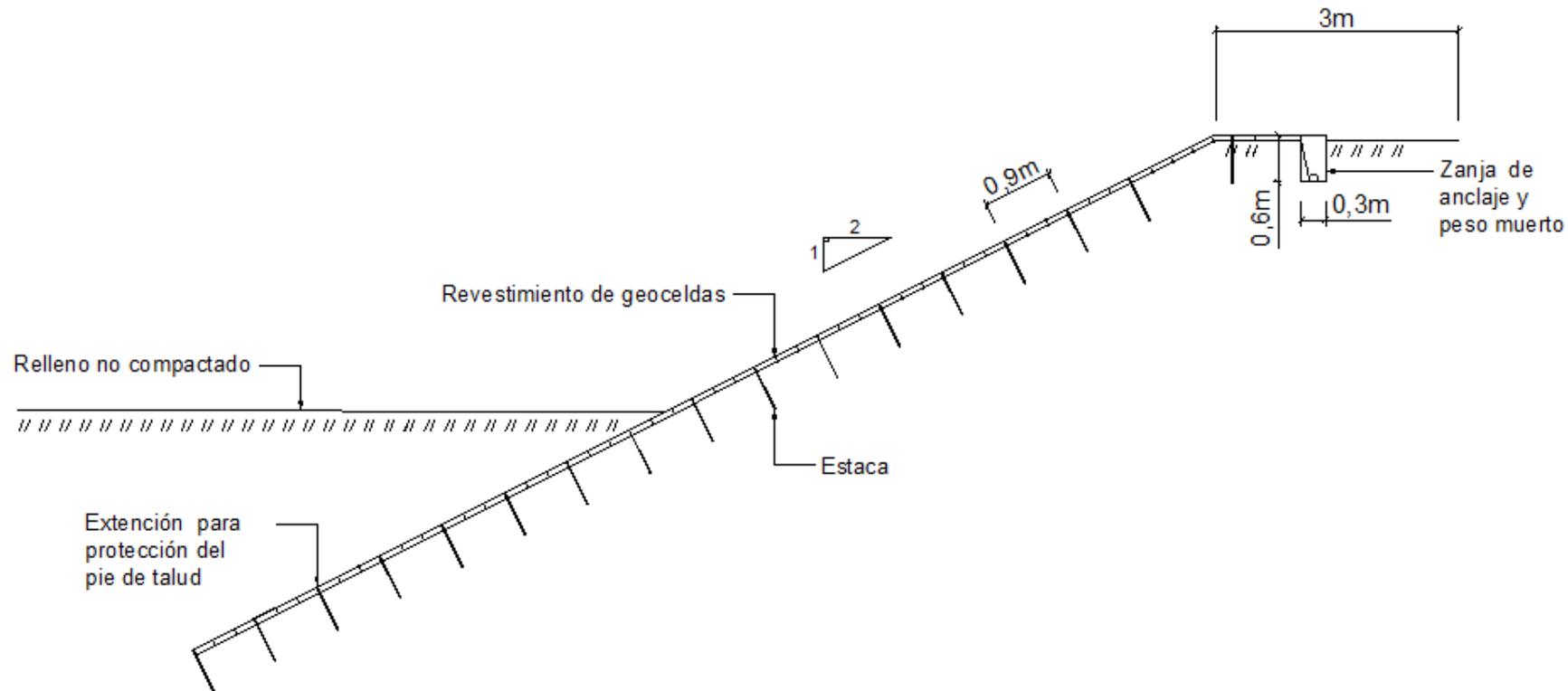
Apéndice A: Revestimiento de colchones de gaviones diseñado para la sección crítica del proyecto.

SECCIÓN DE REVESTIMIENTO CON COLCHONES DE GAVIONES



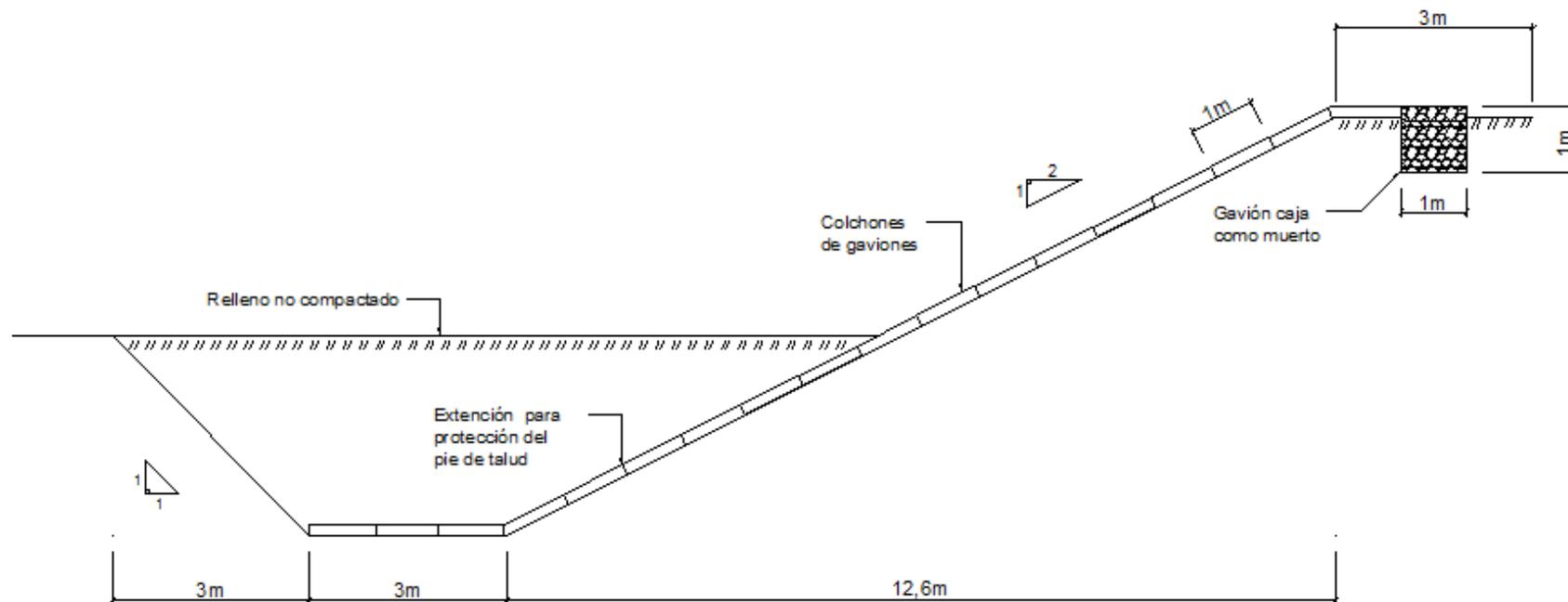
Apéndice B: Revestimiento de geoceldas con relleno de concreto diseñado para la sección crítica del proyecto.

SECCIÓN DE REVESTIMIENTO CON GEOELDAS



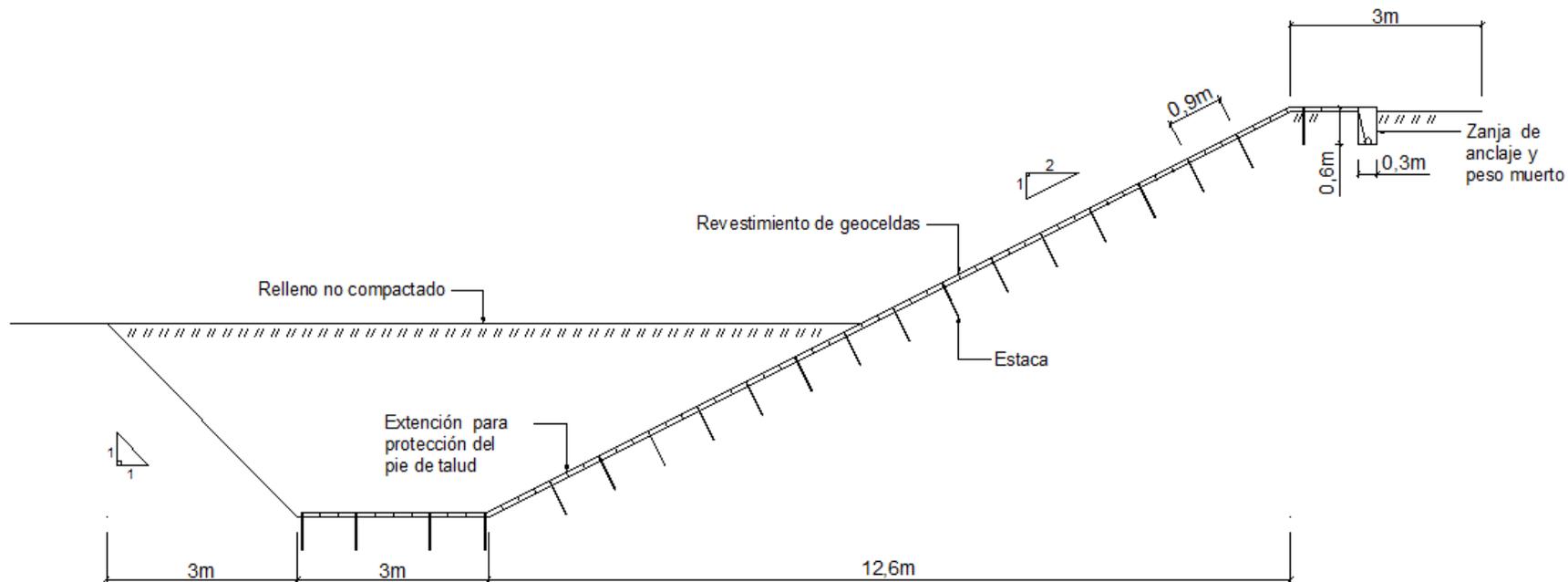
Apéndice C: Revestimiento de colchones de gaviones diseñado para la sección crítica del proyecto considerando una mayor protección de pie de talud.

SECCIÓN DE REVESTIMIENTO CON COLCHONES DE GAVIONES



Apéndice D: Revestimiento de geoceldas con relleno de concreto diseñado para la sección crítica del proyecto considerando una mayor protección de pie de talud.

SECCIÓN DE REVESTIMIENTO CON GEOCELDAS



Apéndice E: Documento de exposición GeoAméricas 2012.



*Second Pan American Geosynthetics Conference & Exhibition
GeoAmericas 2012
Lima, Peru - May 2012*

GOWEB EN DEFENSAS RIBEREÑAS RIO ZARUMILLA –TUMBES, PERU

J Otiniano, Director de Estudios – P E Binacional Puyango Tumbes, Ms. Sc. Ing. Ambiental UNP, Ing. Agrónomo
E. Grimaldo, Consultor Independiente, CANDIDATO Ms. Sc. Ingeniería Civil UNP, Ing. Civil UNI.
Jesus Cardozo, Presidente Ejecutivo Andex, Ms.Sc. Gestion Ambiental, CAEN, PAD – UDEP, ESAN, Ing. Civil.

RESUMEN

Una de las muchas aplicaciones del Sistema de Confinamiento Geocelular Geoweb son las Losas Flexibles de Concreto para protección de diques. Una de las obras de mayor impacto y representativa son las Defensas Ribereñas del Río Zarumilla en Tumbes, frontera norte del Perú, limítrofe con el Ecuador; que protege 15.72 Km de diques desde la Bocatoma la Palma hasta 500m aguas abajo del puente Bolsico, en la Carretera Panamericana, las mismas que fueron construidas por el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes.

La ventaja de las losas flexibles frente a obras convencionales de defensas ribereñas con gaviones, son su flexibilidad al acomodarse a las depresiones del suelo, su mayor acorazamiento evita los daños causados por las palizadas, la rapidez y facilidad de instalación, no necesitando personal especializado y procurando empleo a la gente de la zona, el reemplazo de la piedra (para gaviones) por el empleo de los materiales abundantes y propios de la zona (arena del río para el mortero), confirman su versatilidad y adaptación a las condiciones y recursos de la obra.

1. ANTECEDENTES

El Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes encargó la realización de los estudios para las Defensas Ribereñas del Río Zarumilla a la empresa SISA en el año 2000, quienes propusieron el empleo de colchones de gaviones de 0.17m con relleno de piedra para la protección ribereña, sin embargo la explotación indiscriminada de las canteras de piedra para las obras de prevención contra el fenómeno del Niño 2008 agotaron este recurso y las canteras disponibles más cercanas (Piura) representaban un alto costo para esta partida, esto motivó una actualización y replanteamiento de la alternativa, además la zonas donde se había propuesto explotar rocas estaba dentro del Parque y Reserva protegida por el Estado, por lo tanto impedido de explotar y extraer rocas.

Ante la escasez de rocas para gaviones y abundancia de canteras de agregados y arena en Tumbes, se propuso que la alternativa más idónea sería utilizando el empleo de Losas de concreto flexible, esta nueva alternativa ya había sido utilizada en las Defensas Ribereñas del Río Acre en Madre de Dios con excelentes resultados, es así que se elige el Sistema de confinamiento Geocelular Geoweb relleno con concreto, sistema aceptado para ser ejecutado, después de más de 02 años de proponerse el diseño .

En Junio del 2009 la empresa Energoprojekt Niskogradnja S.A. firmó contrato para la realización de esta obra en un plazo de 360 días a un costo de S/. 56, 801,202.46, la misma que se ejecutó y en la fecha ya ha soportado 02 avenidas con resultados satisfactorios.

2. OBJETIVOS

- Presentar una alternativa innovadora de Revestimiento Flexible Reforzado con concreto, que combine las propiedades de dureza y solidez del concreto con la flexibilidad del las Geoweb para adaptarse a las posibles deflexiones que pueda sufrir el terreno así como también a las curvas de los meandros en los ríos para las aplicaciones de las Defensas Ribereñas.
- Dar a conocer un sistema innovador que reemplace sistemas convencionales como los gaviones y enrocados en aplicaciones de Defensas Ribereñas, cuando la ausencia de material pétreo y roca eleve los costos del presupuesto de obra.
- Posibilitar nuevas aplicaciones compartiendo las experiencias del Sistema de Confinamiento Geocelular.

3. DEFENSAS RIBEREÑAS

3.1 Estudios Hidráulicos

En el estudio del consultor SISA del 2000 se presentó un modelamiento para cuantificar los efectos de las Defensas del Río Zarumilla a lo largo de los sectores proyectados, el mismo que se realizó en el Software HEC RAS, en el que se plantearon 68 secciones de control del modelo que representan 13,240 ml de protección en puntos determinados.

Los resultados mostraron que las velocidades máximas determinadas son iguales o menores a 3.5 m/s.

De igual manera los esfuerzos de corte hidráulico asociados máximos son inferiores a los 10 kg/m².

Dada las características del Cauce, y de los materiales disponibles (arena o arcilla) para la conformación de los diques, las condiciones hidráulicas resultaban altamente erosivas. Sin embargo, el uso de una losa flexible de concreto con el Sistema de Confinamiento Geocelular Geoweb, como un acorazamiento flexible, más un geotextil no tejido, colocado por debajo del Geoweb con concreto, como separador y filtro, conformarían una excelente protección de la cara húmeda del dique.

Igualmente, los niveles de socavación que se presentan al pie de la protección ribereña estimada de acuerdo al HEC RAS y de la socavación generalizada tomando en cuenta la topografía del lugar, van desde valores pequeños hasta los 3.0m, de aquí un valor promedio esta del orden de los 2.00m a 2.50m.

El criterio determinado para estimar la longitud de la protección contra socavación, es el que se utiliza en ingeniería hidráulica al considerar de 2 a 3 veces la profundidad estimada de socavación por lo que es típico ver en las secciones transversales valores del orden de 2.0m a 3.0m.

Los diques fueron diseñados para caudales de avenidas con probabilidad de ocurrencia de 1% y 2%, correspondientes a los periodos de retorno de 100 y 50 años respectivamente.

Se consideró una mayor protección en la margen derecha del valle, cercana al canal internacional y las zonas que se encuentran próximos al puente Bolsico, en los distritos fronterizos de Aguas Verdes (Peru) y Huaquillas (Ecuador) donde cruza la carretera Panamericana, por ser la más vulnerable.

3.2 Conformación de los Diques de Defensa

El proyecto contempló la construcción de un total de 15,75 Km de diques de defensa en el río Zarumilla, dividiéndose en:

Margen Derecha:	13.24 Km
Margen izquierda:	2.51 Km

Se consideraron tres secciones típicas de dique:

Tipo 1 : Dique de Arcilla compactada con talud y cara húmeda 2:1
 Tipo 2 : Dique de Arena compactada con talud y cara húmeda 3:1
 Tipo 3 : Dique de Arcilla compactada con talud y cara húmeda 2:1

El ancho de corona es para todos los tipos de 3.50m y un cuerpo conformado con taludes de longitudes variables que van desde los 4m de altura, dependiendo de la zona; la conformación del dique es con el material propio del cauce del río Zarumilla y material de préstamo de las canteras cercanas cuando este no sea óptimo.

El material del cauce del río está conformado por los siguientes materiales:

- | | |
|---|------------------------|
| a) Arenas Limosas | Clasificación SUCS: SM |
| b) Arenas de baja plasticidad | Clasificación SUCS: CL |
| c) Arenas limpias pobremente graduadas, tendientes a grano grueso | Clasificación SUCS: SP |

Para los materiales de préstamo se consideraron los materiales de las canteras el Huaco y Canario, próximas al lugar de las obras, que corresponden a materiales arcillosos.

4. ALTERNATIVA PROPUESTA

Las condiciones planteadas en el estudio inicial recomendaba enrocados y/o gaviones, los cuales se hizo inviable ante la ausencia del material pétreo del tamaño recomendado para gaviones y enrocados, la protección de las canteras de Amotape (prohibición de voladuras), vandalismo en las cercanías de las zonas urbanas (fuego en malezas), depredación de la piedra y malla de gavión al elevarse el costo del m³ de piedra por el transporte a más de 80 km. y el alza del costo internacional del acero. Por estas consideraciones se buscó una alternativa eficiente y rentable, que cumpla con las características de las alternativas planteadas o superiores a éstas.

4.1 Características del Sistema de Confinamiento Geocelular Geoweb

El sistema de Confinamiento Geocelular está conformado por fajas laminares texturadas de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) con las siguientes características:

4.1.1 Texturado

Las fajas laminares de HDPE tienen un patrón romboidal, el cual fue diseñado para una capacidad del 85% del ángulo de fricción de la arena sílicea #40. Ensayo de Corte Directo ASTM D5321

4.1.2 Perforación

El diámetro de perforaciones en las paredes del Geoweb, son de 10mm que se disponen en hileras desfasadas tipo tresbolillo, cuya área total de perforación debería estar entre 19% – 28% del area total de las bandas que conforman el Geoweb, las cuales cumplen las siguientes funciones:

Con Suelo Vegetal: La perforación, permite el paso de raíces entre las celdas posibilitando un mayor agarre del sistema vegetativo con la capa de suelo vegetal contenidas en ellas, sobre todo en taludes fuertemente empinados, también facilita el drenaje a través de todo el sistema.

Con Concreto: La perforación posibilita un mayor entrelazamiento durante el vaciado del concreto dentro del sistema geocelular permitiendo una distribución rápida y pareja entre celdas así como una trabazón aumentando la resistencia contra las fuerzas de extracción las cuales están calculadas (el caso que estamos tratando) para una resistencia de 31 kN medido por ensayo de extracción. Ver Figuras 1 y 2.



Figura 1. Flexibilidad del Sistema de Confinamiento Geocelular con Concreto



Figura 2. Vaceado in situ de concreto en las Geoceldas

4.1.3 Uniones

Las fajas laminares de HDPE, están unidas entre sí por soldadura ultrasónica en 3 puntos por pulgada, estos se ensayan a las 10,000 horas (poco más de un año y dos meses de tensión continua) según el método de ensayo ASTM D 2990

4.1.4 Paso para Accesorios

Ranuras de 35mm por 10mm distribuidas equidistantes, situadas en los extremos de la celda, donde coinciden con las soldaduras, y en el centro de cada banda.

4.1.5 Espesor de la pared Texturada

El proceso de fabricación es por extrusión siendo el espesor de la pared incluyendo el texturado de 1.52 mm más menos 15% ASTM D5199.

Todas estas características unidas conforman una estructura tridimensional flexible que al expandir simula un panel de abejas, donde se colocará el relleno de concreto, cuyo espesor será de 75 mm, y en el caso de las zonas cercanas al canal internacional y el puente del puente Bolsico, el espesor será de 100 mm; esta losa así terminada combina la solidez del concreto con la flexibilidad de las Geoceldas.

4.1.6 Accesorios

El Sistema de Confinamiento Geocelular Geoweb garantiza su efectividad con la combinación de los siguientes accesorios:

4.1.6.1 Tendones

Confeccionados en poliéster de alta resistencia los cuales tiene que ser pasados por la ranura u orificio central de las celdas antes de expandir las secciones y fijados con amarre doble al muerto de anclaje, que en este caso fue una tubería de PVC de $d=4"$ de paredes gruesas que fue colocada dentro de una zanja de anclaje de 0.50m de profundidad por un ancho de 0.30m (esta zanja fue rellena con el material propio procedente de la misma excavación, compactada y finalmente terminada con concreto).

Los tendones enlazan los anclajes al terreno en toda la longitud del talud desde el muerto de anclaje y soportan las tensiones estructurales picos en los procesos de socavación y acomodo del sistema durante la puesta de servicio del sistema, la elección del tipo de tendón a utilizar está concebido por el cálculo de los esfuerzos y cargas que deberá soportar.

4.1.6.2 Clip ATRA

Confeccionado en Polietileno de Alta Densidad, que se colocaron en los extremos de las estacas de fierro corrugado de $\frac{1}{2}"$ y cuyos brazos en forma de "T" con ganchos direccionados hacia abajo, tienen la función de asir los tendones en un amarre en forma de cruz como medio de restricción y transferencias de esfuerzos. Ver Figura 3 y 4



Figura No. 3 Detalle Atra Clip



Figura No. 4 En Funcionamiento del Atra Clip

4.1.6.3 Estacas

Son varillas de Fierro Corrugado de $\frac{1}{2}"$ de $L=0.75$ m, las que tendrán en un extremo los Clip Atra, estos se colocaran a manera de anclaje en un patrón de estacado distribuidos en toda la longitud horizontal y vertical de la sección para evitar el deslizamiento y el levantamiento originados por las supresiones hidráulicas sobre todo pasada la temporada de lluvias de Diciembre a Marzo, que ocurren estacionariamente en el Departamento de Tumbes.

La densidad del patrón de estacado, así como la longitud de estacas, depende de las inclinaciones del talud, el tipo de suelo y peso o carga a soportar, estos se dimensionan para soportar los esfuerzos de corte en el sentido del flujo, y en el sentido transversal a este.

4.1.6.4 Grapas Galvanizadas y Engrapadoras

Las cuales permiten las uniones entre secciones y entre cortes en las curvas, se usan con las engrapadoras que pueden ser neumáticas y funcionan con una pequeña compresora, o pueden ser manuales.

4.1.6.5 Geotextil No tejido

El Geotextil No Tejido Clase 1, es empleado como separación y filtro, separación entre el vaciado del concreto y el suelo compactado del dique.

4.2 Metodología de la Alternativa Propuesta

La Alternativa del Sistema de Confinamiento Geocelular, cumplía y superaba las principales características necesarias para el buen desempeño del un sistema de protección ribereña y que se tomaron en consideración a la hora de elegir la Alternativa Técnica y Económica más viable y que son:

- Flexibilidad: Combinación de la dureza del concreto con la flexibilidad de las Geoceldas.
- Durabilidad. Garantía del Sistema por 10 años, período de vida útil de 50 a 100 años
- Facilidad de construcción. No requiere mano de obra especializada
- Rapidez de construcción. Avances de 1000 m² por día
- Seguridad contra Vandalismo. No pueden ser extraídas, ni movidas por el peso del concreto.
- Seguridad contra Fuego. Al estar cubierto con el concreto el riesgo de fuego es nulo.

Se planteó que la cara húmeda del dique expuesta a las aguas del Río Zarumilla, se protegería con una losa flexible de Geoceldas de $e=0.075\text{m}$. con relleno de concreto $f_c=175\text{ kg/cm}^2$, y aguas arriba y bajo del puente Bolsico donde se angosta el cauce, se instalaría geoceldas de $e=0.10\text{m}$. rellenas de concreto $f_c=210\text{ kg/cm}^2$.

El sistema se ancló en la corona del dique en una zanja de las dimensiones establecidas en los planos y diseño, a una tubería de PVC de paredes gruesas de $d=4"$ que actuó como un muerto de anclaje, sujeto con tendones hasta el pie del talud y con un patrón de estacado con varillas de fierro corrugado de $\frac{1}{2}"$ de 0.75 m de longitud en cuyo extremo superior se colocó el accesorio Atra Clip, cuyos brazos sujetan en forma de cruz los tendones que actúan como medio de restricción y transferencia de fuerzas, y que se colocan en un patrón de estacados en toda la longitud vertical y horizontal de la sección. para evitar el deslizamiento y el levantamiento por supresiones hidráulicas sobre todo pasada la temporada de lluvias de Diciembre a Marzo donde las avenidas normales registran 300 m³/seg y en periodos extraordinarios llegan hasta los 700 m³/seg.

El área del proyecto está ubicada desde 1 msnm hasta 20 msnm, el volumen de agua durante el periodo de estiaje es nulo, el cauce es casi plano con abundante acumulación de arenas, el eje del trazo de los diques cruzan en su mayoría zonas de cultivo, que se encuentran ubicados en ambas márgenes del río Zarumilla, sin embargo en algunas zonas el cauce del río tuvo variaciones de ingreso y salida afectando a los agricultores colindantes a la frontera entre Perú y Ecuador, quienes usualmente refieren el curso del Río Zarumilla como límite de su propiedad, lo que provocó un nuevo trazo y expropiaciones con retribución de algunas zonas de cultivo.

Los diseños obedecieron a los resultados del programa Hec Ras, los mismos que aunados al criterio y experiencia del diseñador definieron los niveles del recubrimiento del Dique.

La sección tipo es un terraplén de tierra de longitudes variables de 3.50 m de ancho de corona y un cuerpo conformado con material propio procedente del mismo cauce del río Zarumilla y cuando este no sea suficiente, se complementará con material de préstamo. Ver Figura 5.-

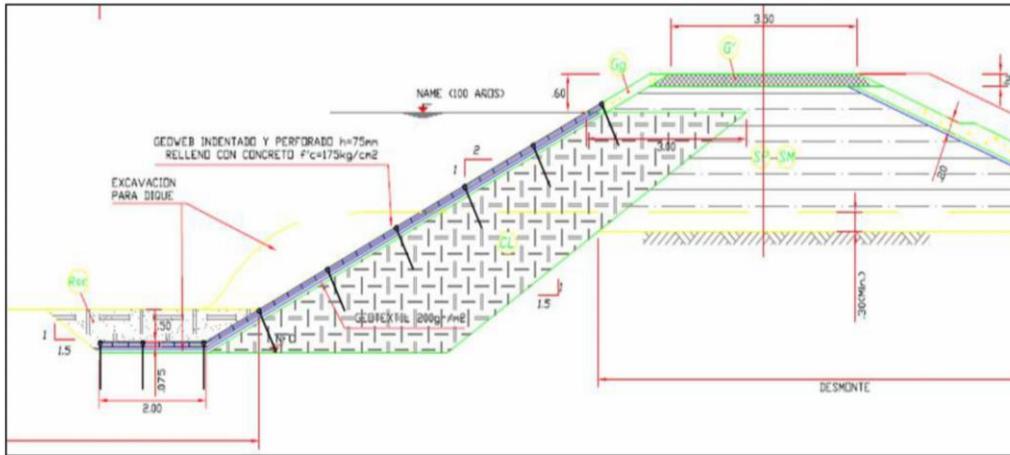


Figura 5 Sección Tipo del Dique

5. CONCLUSIONES

- El sistema de confinamiento Geocelular es versátil y fácil de instalar.
- Los rendimientos para esta obra específica estuvieron en el orden de 700 a 1000 m² por día, los mismos que se vieron incrementados notablemente al haberse trabajado en horario nocturno.
- Las Losas Flexibles no requieren de juntas ni encofrados.
- El sistema emplea mayormente el material disponible en la zona de trabajo.
- Su instalación no requiere de mano de obra calificada.
- El sistema reemplaza aplicaciones convencionales de gaviones y enrocados, cuando no se cuenta con material pétreo y roca.
- Son fácilmente adaptables a otras aplicaciones donde la flexibilidad o capacidad de acomodarse a las deflexiones del suelo sean una característica importante a considerar.
- Controla la cantidad exacta de concreto en el vaciado, no incurriendo en desperdicios.

6. PANEL FOTOGRAFICO DE LA OBRA



Figura 6. Zona de Trabajo al inicio de la obra



Figura 7. Sistema de Confinamiento Geocelular instalado en el Dique



Figura 8. Anclaje e inicio del vaciado de concreto.



Figura 9. Vaciado de Concreto



Figura 10. Vaciado del Concreto



Figura 11. Defensas Ribereñas Terminadas