

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROCESO CONSTRUCTIVO Y COSTOS DE
CANALES CON LOSAS FLEXIBLES
(SISTEMA GEOWEB)**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ARI ANTHONY VÉLEZ RIVERA

Lima - Perú

2014

Dedicatoria

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron y hacen todo en la vida para que yo pudiera lograr mis metas y sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi eterno agradecimiento.

Papá y mamá

Agradecimientos

A mis padres, que son las personas que me aconsejan y siempre me apoyan en las decisiones que tomo.

A mi hermana Ivy, que a lo largo de mi vida universitaria y siendo egresado me ha apoyado y lo seguirá haciendo.

A mi enamorada Elena, por estar allí y sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con una meta mía.

A la empresa Andex del Norte, lugar donde conocí buenos amigos y colegas, por la confianza depositada a crecer profesionalmente.

A mis amigos y compañeros de trabajo, Erick Soto, Juan Torres, Julio Mujica, Steve Grande, Evert Cáceres, por su solidaridad, estímulo y apoyo durante el desarrollo de la presente tesis.

INDICE

RESUMEN	iv
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: ANTECEDENTES	2
1.1. GENERALIDADES	2
1.2. GEOSINTETICOS	2
1.2.1. Propiedades de los Geosintéticos	3
1.3. GEOSINTETICOS EN CANALES DE LOSA FLEXIBLE	4
1.3.1. GEOWEB.....	4
1.3.2. Geotextil No Tejido.....	6
1.3.3. Accesorio Clip Atra.....	6
1.3.4. Accesorio Atra Key.....	8
1.3.5. Tendones de Poliéster	9
CAPITULO II: LOSAS FLEXIBLES DE CONCRETO EN CANALES	11
2.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO CANAL LOSA FLEXIBLE.....	11
2.1.1. Capacidad del Canal y Velocidad del Flujo	11
2.1.2. Coeficiente de Rugosidad y Tipo de Flujo	13
2.1.3. Diseño para una Eficiencia Hidráulica Máxima.....	14
2.2. CANAL DE CONCRETO SISTEMA GEOWEB.....	14
2.2.1. Ventajas del Confinamiento Celular	15
2.2.2. Selección del Tamaño de Celdas.....	16
2.2.3. Componentes del Sistema Geoweb	17
CAPITULO III: PROCESO DE INSTALACION DEL SISTEMA GEOWEB EN CANALES DE LOSA FLEXIBLE	20
3.1. PREPARACION DEL TERRENO	20

3.1.1.	Protección de Filtro y Drenaje	20
3.2.	COLOCACION DE LAS SECCION DE GEOWEB	21
3.2.1.	Preparación de las Secciones de Geoweb con Tendones.....	24
3.2.2.	Terminación y Anclado de los Tendones.....	26
3.3.	COLOCACION DE LAS SECCIONES DE GEOWEB SOBRE SUPERFICIES CURVAS O DE FORMAS IRREGULARES.....	27
3.3.1.	Proceso Constructivo Número 1.....	27
3.3.2.	Proceso Constructivo Número 2.....	27
3.3.3.	Proceso Constructivo Número 3.....	28
3.4.	TIPO DE ANCLAJES	29
3.4.1.	Anclajes Internos	29
3.4.2.	Anclaje Tensionado Antideslizante Interno.....	29
3.4.3.	Anclaje de Coronación del Sistema Geoweb Tensionado	30
3.5.	COLOCACIÓN DEL RELLENO DE LA CELDA DEL GEOWEB	32
3.6.	EXPERIENCIAS DIVERSAS	36
3.6.1.	Sistema Geoweb Relleno – Concreto.....	36
3.6.2.	Sistema Geoweb Relleno – Suelo Cemento.....	46
CAPITULO IV: EVALUACION DE COSTOS EN CANALES DE LOSA FLEXIBLE (SISTEMA GEOWEB).....		50
4.1.	DISEÑO DE DIFERENTES TIPOS DE SECCIONES DE CANALES DE LOSA FLEXIBLE.....	50
4.1.1.	Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 1).....	50
4.1.2.	Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 2).....	52
4.1.3.	Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 3).....	55
4.1.4.	Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 4).....	58
4.1.5.	Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 5).....	60
4.2.	COSTO EN LOS DIFERENTES TIPOS DE SECCIONES DE CANALES DE LOSA FLEXIBLE	63

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1. CONCLUSIONES.....	64
5.2. RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFIA	67
ANEXOS	68

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia tiene por finalidad determinar la conveniencia de la implementación de un sistema innovador (Sistema GEOWEB) para los trabajos de revestimiento de canales, en el rubro de la construcción.

Para llevar a cabo este propósito, el estudio se desarrolla en 2 partes: la primera de ellas se basa fundamentalmente en comprobar mediante experiencia efectuada en campo la fácil instalación de este sistema en diversas obras y resaltar las ventajas de instalación del Sistema Geoweb, frente a la construcción de los canales convencionales.

En el desarrollo del análisis comparativo, se describe cada sistema de acuerdo a las características principales de cada uno, para luego efectuar un análisis económico y técnico, en base a su aplicación a un elemento en común (revestimiento de canal) con determinadas características previamente establecidas.

El análisis económico se desarrolla inicialmente en base a la ejecución de cada sistema para los metros lineales totales del desarrollo del canal, considerando la programación de tareas, identificando las variaciones de costo y tiempo que implica la implementación de los sistemas. Para el análisis técnico, se consideran los factores como son: instalación, forma de traslado, manipulación y acopio en obra, mano de obra, terminaciones, durabilidad y escorrentía.

Finalmente se extraen y recalcan los beneficios o innovaciones generadas con la implementación del sistema de revestimiento geoceldas (GEOWEB), destacando cualidades propias del producto para la construcción de canales.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 01. Modelos y Medidas de Geoweb	16
Cuadro N° 02. Modelos y Resistencia de los Tendones.	18
Cuadro N° 03. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 1.	50
Cuadro N° 04. Resumen de Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 1.	52
Cuadro N° 05. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 2.	52
Cuadro N° 06. Resumen del Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 2.	55
Cuadro N° 07. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 3.	55
Cuadro N° 08. Resumen del Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 3.	57
Cuadro N° 09. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 4.	58
Cuadro N° 10. Resumen del Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 4.	60
Cuadro N° 11. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 5.	60
Cuadro N° 12. Resumen del Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 5.	63
Cuadro N° 13. Resumen del análisis de Costos.	63

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 01. Geoweb	4
Figura N° 02. Perforaciones e Indentaciones Romboidales	5
Figura N° 03. Slot (Ojo Chino)	5
Figura N° 04. Geotextil No Tejido	6
Figura N° 05. Accesorio Clip Atra	6
Figura N° 06. Amarre Antideslizante de Moore	7
Figura N° 07. Accesorio Clip Atra – restringe esfuerzos	7
Figura N° 08. Accesorio Atra Key	8
Figura N° 09. Accesorio Atra Key- Unión de Secciones	8
Figura N° 10. Instalación de los Tendones	9
Figura N° 11. Distribución de los Tendones de Acuerdo a Diseño	10
Figura N° 12. Tendones con Clip Atra	10
Figura N° 13. Geometría de Canal Trapezoidal Típico	12
Figura N° 14. Flujo en Canal Abierto	12
Figura N° 15. Diseño de Sección Transversal para una Máxima Eficiencia Hidráulica	14
Figura N° 16. Dimensiones de la Celda – Geoweb	16
Figura N° 17. Espesor de las Celda - Geoweb	17
Figura N° 18. Revestimiento del Canal – Componentes del Sistema	17
Figura N° 19. Estaca Fierro Corrugado Unido con el Accesorio ATRA CLIP... ..	19
Figura N° 20. Excavación y Perfilado de la Sección del Canal	20
Figura N° 21. Colocación de Geotextil No Tejido	21
Figura N° 22. Estaca en Borde Superior de la Celda	22
Figura N° 23. Instalación del Sistema Geoweb	22
Figura N° 24. Instalación del Accesorio Clip Atra	23
Figura N° 25. Instalación del Accesorio Atra Key	23
Figura N° 26. Inserción del Tendón	24
Figura N° 27. Inserción de los Tendones	25
Figura N° 28. Utilización de Tubos como Guías.	25
Figura N° 29. Terminación de Tendones.	26
Figura N° 30. Anclados de los Tendones en su Extremo.	26
Figura N° 31. Extensión de una Sección en Curvas	27
Figura N° 32. Extensión Trapezoidal de una Sección	28

Figura N° 33. Corte en Obra de una Sección de Geoweb para lograr una Forma Trapezoidal	28
Figura N° 34. Anclajes Internos	29
Figura N° 35. Amarre Antideslizante de Moore.	30
Figura N° 36. Anclaje de Coronación de Peso Muerto.	30
Figura N° 37. Clip Atra de Fijación.	31
Figura N° 38. Excavadora.	32
Figura N° 39. Cargador.	33
Figura N° 40. Faja Transportadora.	34
Figura N° 41. Balde.	35
Figura N° 42. Chute (Canalón).	36
Figura N° 43. Instalación del Geotextil No Tejido.	37
Figura N° 44. Traslape del Geotextil No Tejido.	37
Figura N° 45. Perfilado de las Paredes del Canal	38
Figura N° 46. Anclaje del Sistema Geoweb a las Paredes del Canal.	38
Figura N° 47. Vaciado del Concreto.	39
Figura N° 48. Fraguado del Concreto en la Losa Flexible.	39
Figura N° 49. Vista Sistema Geoweb Instalado.	40
Figura N° 50. Canal Losa Flexible (Sistema Geoweb) Terminado 1.	40
Figura N° 51. Canal Losa Flexible (Sistema Geoweb) Terminado 2.	41
Figura N° 52. Vista Panorámica Canal Sistema Geoweb.	41
Figura N° 53. Ubicación del Proyecto.	42
Figura N° 54. Perfilado del Canal - Rápida.	42
Figura N° 55. Instalación del Sistema Geoweb.	43
Figura N° 56. Instalación de los Dados Disipadores de Energía.	43
Figura N° 57. Fraguado del Concreto.	44
Figura N° 58. Vista Canal – Rápida 1.	44
Figura N° 59. Vista Canal – Rápida 2.	45
Figura N° 60. Canal – Rápida en Funcionamiento.	45
Figura N° 61. Ubicación del Proyecto.	46
Figura N° 62. Estado Inicial del Proyecto.	46
Figura N° 63. Instalación del Sistema Geoweb (Margen Derecho).	47
Figura N° 64. Instalación del Sistema Geoweb (Margen Izquierdo).	47
Figura N° 65. Suelo Cemento hasta el Tirante de Agua máximo.	48
Figura N° 66. Encima del Tirante de Agua Máximo - TopSoil.	48
Figura N° 67. Sistema Geoweb en Operación 1.	49

Figura N° 68. Sistema Geoweb en Operación 2.	49
Figura N° 69. H-Canales / Sección Trapezoidal del Canal 1.	50
Figura N° 70. H-Canales / Sección Trapezoidal del Canal 2.	53
Figura N° 71. H-Canales / Sección Trapezoidal del Canal 3.	56
Figura N° 72. H-Canales / Sección Trapezoidal del Canal 4.	58
Figura N° 73. H-Canales / Sección Trapezoidal del Canal 5.	61

INTRODUCCION

Los Sistemas de Confinamiento Celular proporcionan una gran diversidad y flexibilidad de tratamientos para el control de erosión en canales abiertos y en otras estructuras hidráulicas. El comportamiento estructural y la durabilidad de los materiales convencionales de protección tales como el concreto (losas flexibles), la grava, el ripio y la vegetación pueden incrementarse de manera significativa al confinar dichos materiales dentro de las celdas de los sistemas Geoweb.

Para el diseño de revestimientos de protección, se requiere una clara definición de los parámetros de flujo máximo previsto y de los esfuerzos hidráulicos resultantes que se ejercerán sobre la protección. Se tienen que tomar en consideración los requerimientos de sub-drenaje y la posibilidad de deformaciones estacionales o a largo plazo de la estructura en su conjunto. Otros factores a tener en cuenta incluyen la rugosidad de la superficie, o sea la eficiencia hidráulica del sistema de revestimiento, y la facilidad con la que se podrán realizar las operaciones futuras de mantenimiento y limpieza de sedimentos. El sistema de protección debe además adecuarse a los requerimientos locales en materia de protección ambiental, ecología y estética.

Todos estos parámetros se deben tener en cuenta al momento de realizar los cuadros comparativos de canales de losa rígida (concreto armado, simple, piedra emboquillada), versus lo canales de losa flexible (sistema de confinamiento celular relleno con concreto), y a su vez determinar los rendimientos de avance de ambos sistemas.

CAPITULO I: ANTECEDENTES

1.1. GENERALIDADES

Existen muchos sistemas de protección para las estructuras de canales tanto abiertos como cerrados, en los que se puede utilizar una variedad de materiales naturales o sintéticos. En forma general se pueden mencionar los siguientes sistemas de protección:

- Revestimientos con tierra vegetal o con vegetación (por ejemplo: pasto)
- Armadura dura y flexible (por ejemplo: grava, gaviones, bloques prefabricados, sistemas de protección Geoweb)
- Armadura rígida (por ejemplo: concreto reforzado vaciado in-situ)

Dentro de un sistema de canalización de aguas se acostumbra utilizar una combinación de varios materiales de protección, de acuerdo con las variaciones de los parámetros hidráulicos, los requerimientos estéticos, los factores ambientales y las limitaciones presupuestales.

La elección del revestimiento adecuado puede verse muy influenciada por el tipo de estructura de canalización y por su función; en efecto, algunos sistemas de protección tienen que ser descartados frente a la probabilidad de flujos extremos con sus resultantes esfuerzos hidráulicos.

1.2. GEOSINTETICOS

Los geosintéticos son un grupo de materiales fabricados mediante la transformación industrial de sustancias químicas denominadas polímeros, del tipo conocido genéricamente como "plásticos", que de su forma elemental, de polvos o gránulos, son convertidos mediante uno o más procesos, en láminas, fibras, perfiles, películas, tejidos, mallas, etc., o en compuestos de dos o más de ellos, existiendo también algunas combinaciones con materiales de origen vegetal.

Aunque en la naturaleza existen de manera natural sustancias poliméricas, como la seda y la celulosa, la diferencia con los geosintéticos es que estos

últimos son fabricados por el hombre, a partir de productos obtenidos de la refinación del petróleo.

Otra característica particular de los geosintéticos es que su aplicación se relaciona con la actividad de la construcción, por lo que participan como parte integral de sistemas y estructuras que utilizan materiales de construcción tradicionales, como suelos, roca, agregados, asfaltos o concreto-

Sus funciones dentro de tales estructuras son las de complementar, conservar, o bien mejorar el funcionamiento de los sistemas constructivos e inclusive, en algunos casos, sustituir por completo algunos materiales y procesos de la construcción tradicional.

1.2.1. Propiedades de los Geosintéticos

Los plásticos son los componentes principales en los geosintéticos. En la actualidad, muchas industrias sustituyen ventajosamente materiales tradicionales tales como agregados, suelos, metal o vidrio, por materiales de plástico, que poseen, en general, las siguientes propiedades:

- Ligereza, existiendo materiales menos densos que el agua.
- Ductilidad
- Maleabilidad
- Elevada elasticidad
- Resistencia mecánica
- Resistencia a agentes químicos, la cual varía dependiendo del material
- Baja absorción de agua
- Resistencia a la biodegradación (Variable)

La familia de los polímeros es muy extensa. Los productos de esta naturaleza que se utilizan para fabricar geosintéticos son apenas una pequeña fracción de los polímeros que se utilizan en la sociedad moderna.

Es importante hacer notar que el nombre genérico de un polímero, tal como "Polipropileno", "Poliétileno de Alta Densidad" o "Poliéster", no es suficiente para caracterizarlo de manera completa, porque bajo la misma denominación pueden producirse diversos productos, con propiedades diferentes.

1.3. GEOSINTETICOS EN CANALES DE LOSA FLEXIBLE

A continuación pasamos a detallar los geosintéticos y accesorios que se utilizan en la instalación del sistema Geoweb revestido con concreto en la losa flexible en canales:

1.3.1. GEOWEB

Es un geosintético de HDPE (High Density PoliEtine) cuya unión de celdas conforman un sistema de confinamiento geocelular (Ver Figura N° 01)



Figura N° 01. Geoweb

Entre sus características importantes destacan su patrón de perforaciones e indentaciones romboidales en forma de diamante (Ver Figura N° 02)

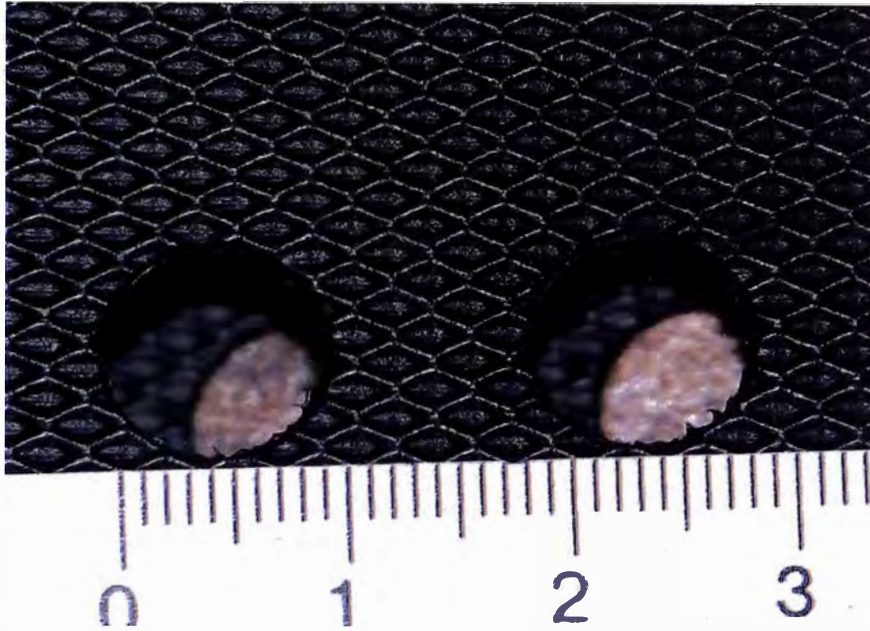


Figura N° 02. Perforaciones e Indentaciones Romboidales

Adicional a estas características destaca el Slot (Ojo Chino), para el paso del Atra Key y tendones de poliéster (Ver Figura N° 03)



Figura N° 03. Slot (Ojo Chino)

1.3.2. Geotextil No Tejido

El geotextil no tejido es elaborado por fibras de polipropileno, mediante el punzonado por agujas. Las fibras punzonadas forman una red estable que mantiene la estabilidad dimensional en relación con las demás fibras, y se emplea en estabilización de suelos, filtraciones, drenes, en control de erosión, en separación de suelos (Ver Figura N° 04).



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 04. Geotextil No Tejido

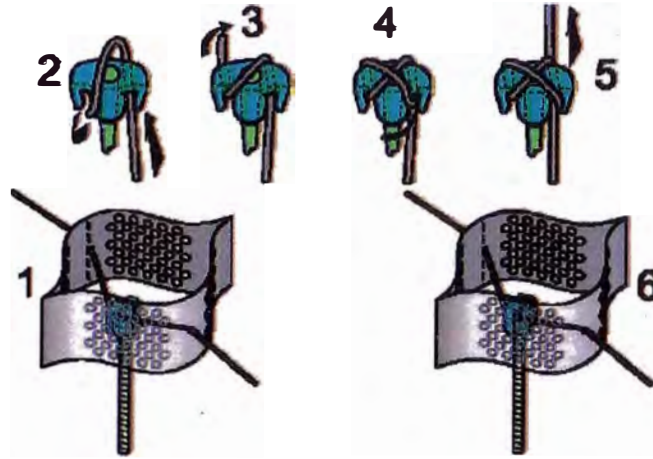
1.3.3. Accesorio Clip Atra

El sistema de transferencia de carga y restricción CLIP ATRA (Ver Figura N° 05) ha sido diseñado para transmitir las tensiones encontradas en los tendones hacia el suelo a través de las estacas.



Figura N° 05. Accesorio Clip Atra

Por ello posee dos brazos que permiten al lazo adecuado tipo Moore" (Ver Figura N° 06) realizar la transferencia de tensión sin generar torsiones ni ahogo de las fibras del tendón.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 06. Amarre Antideslizante de Moore

Para ser colocado en las estacas posee una cavidad para una varilla de ½", la cual entra de modo perfecto generando la trabazón y posibilitando el hincado por la abertura en la parte superior del clip (Ver Figura N° 07).



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 07. Accesorio Clip ATRA – restringe esfuerzos

Está hecho de polietileno de modo de evitar punzonamientos a las bandas de la Geocelda y al tendón que pase por él. Los brazos del clip permiten también sujetar de modo efectivo a las paredes de la geocelda contra el suelo.

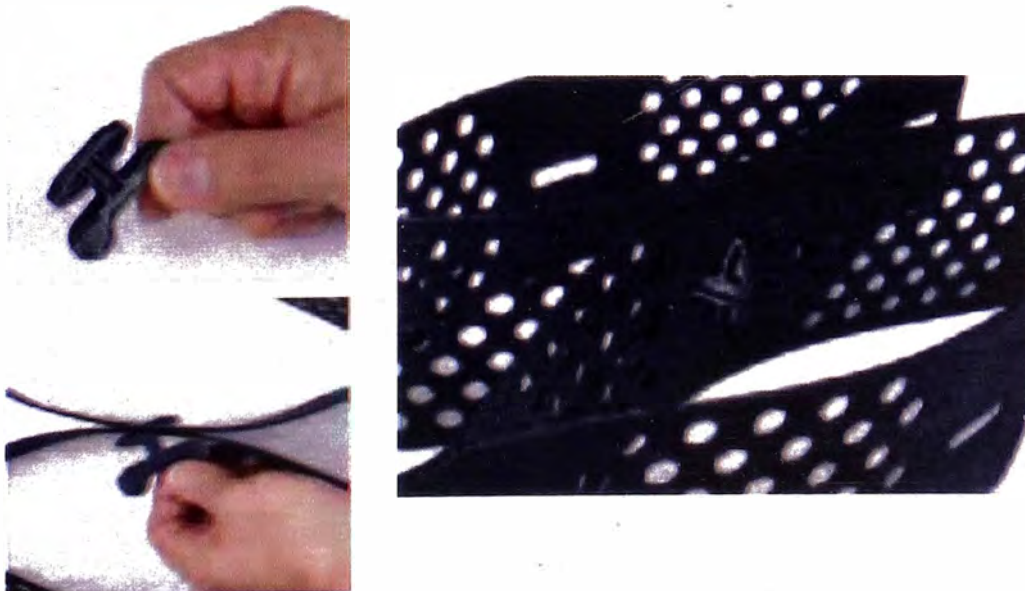
1.3.4. Accesorio Atra Key

El accesorio Atra Key (Ver Figura N° 08) es de material sintético, diseñado para conectar mecánicamente secciones de Geoweb, y por otro lado permite ahorrar tiempo de instalación.



Figura N° 08. Accesorio Atra Key

Con una torsión de 90° se logra fijar la unión de secciones de Geoweb tres veces más rápido que usar grapas (Ver Figura N° 09), puesto que estas últimas requerirán una engrapadora neumática que retarda el proceso de instalación.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 09. Accesorio Atra Key- Unión de Secciones

El accesorio Atra Key es un accesorio tres veces más resistente que las grapas, asegurando una mayor transferencia de cargas entre las secciones de Geoweb, lo que se ve reflejada en la prueba de Pull-Trough (Ver Anexo), resistiendo 1.2 KN.

A continuación se listan las ventajas técnicas del accesorio Atra Key contra las grapas metálicas:

- No se requiere de equipo eléctrico para su instalación
- Es fácil de transportar y almacenar
- Es más seguro, ya que elimina las lesiones de trabajadores asociados a los equipos de instalación.

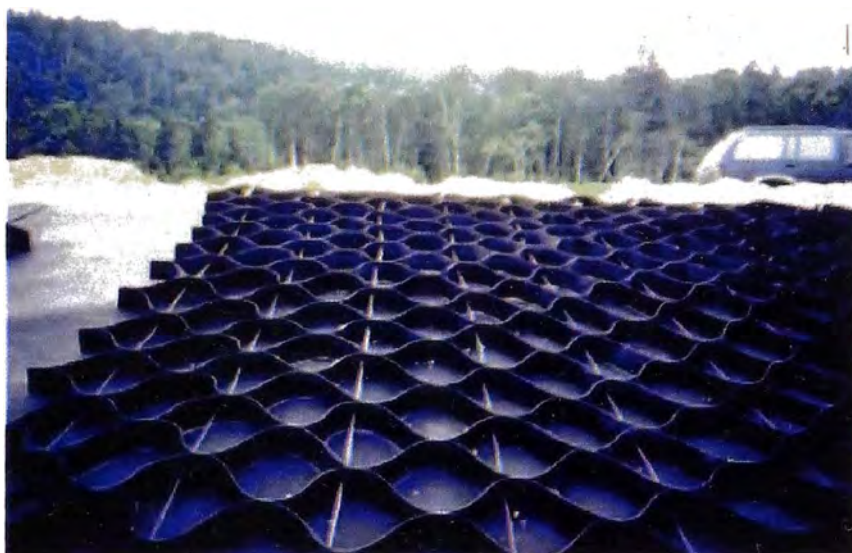
1.3.5. Tendones de Poliéster

Es un geosintético que se utiliza para distribuir y disipar adecuadamente las cargas transferidas por las fuerzas desestabilizantes de las protecciones con Geoweb. Los tendones pasan a través de los Slot y se enlazan con los Clip Atra.



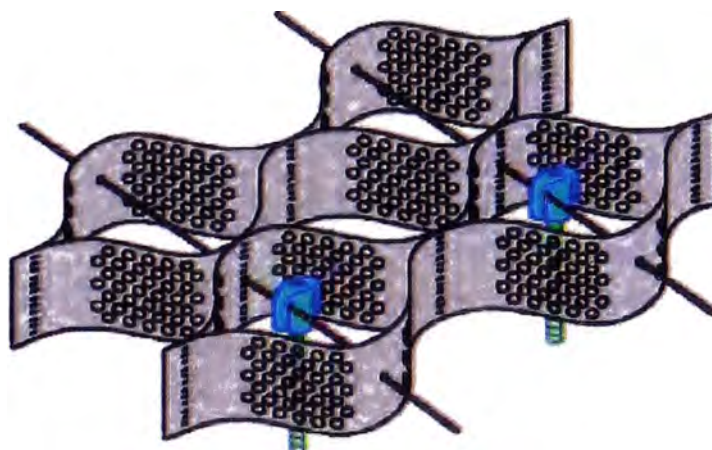
Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 10. Instalación de los Tendones



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 11. Distribución de los Tendones de Acuerdo a Diseño



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 12. Tendones con Clip Atra

CAPITULO II: LOSAS FLEXIBLES DE CONCRETO EN CANALES

2.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO CANAL LOSA FLEXIBLE

2.1.1. Capacidad del Canal y Velocidad del Flujo

La fórmula de Manning es la más utilizada para cuantificar los parámetros de flujo de los canales abiertos. Esta fórmula describe la relación entre la geometría de una sección de canal, la rugosidad del revestimiento, la pendiente longitudinal y la velocidad de flujo para varios tirantes del flujo (Ver Figura N° 13)

La ecuación es la siguiente:

$$v = \frac{R^{2/3} s^{1/2}}{n}$$

(Sistema Métrico)

$$v = \frac{1.486 R^{2/3} s^{1/2}}{n}$$

(Sistema Inglés)

Dónde:

- v = velocidad promedio [m/seg (pie/seg)]
- n = coeficiente de rugosidad
- R = radio hidráulico = A/P [m (pie)]
- A = área hidráulica [m² (pie²)]
- P = perímetro mojado [m (pie)]
- s = pendiente longitudinal [m/m (pie/pie)]

El caudal, Q, [m³/s (pie³/s)] se define como:

$$Q = A \bar{v}$$

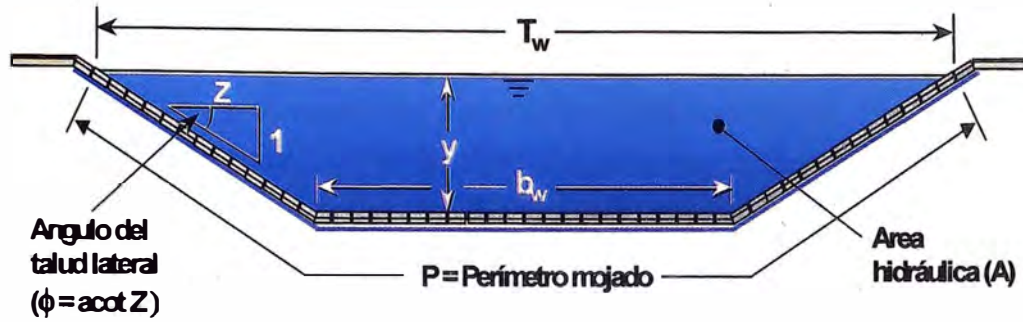


Figura N° 13. Geometría de Canal Trapezoidal Típico

Es posible determinar, por prueba y error, las combinaciones de las variables que satisfagan las ecuaciones y describan las condiciones de flujo para una descarga dada. Para condiciones estables del flujo, eso es para una descarga constante, el principio de continuidad puede expresarse como sigue:

$$Q_1 = A_1 v_1 = A_2 v_2 = Q_2$$

Los subíndices 1 y 2 se refieren a las secciones 1 y 2 de la Figura N° 14.

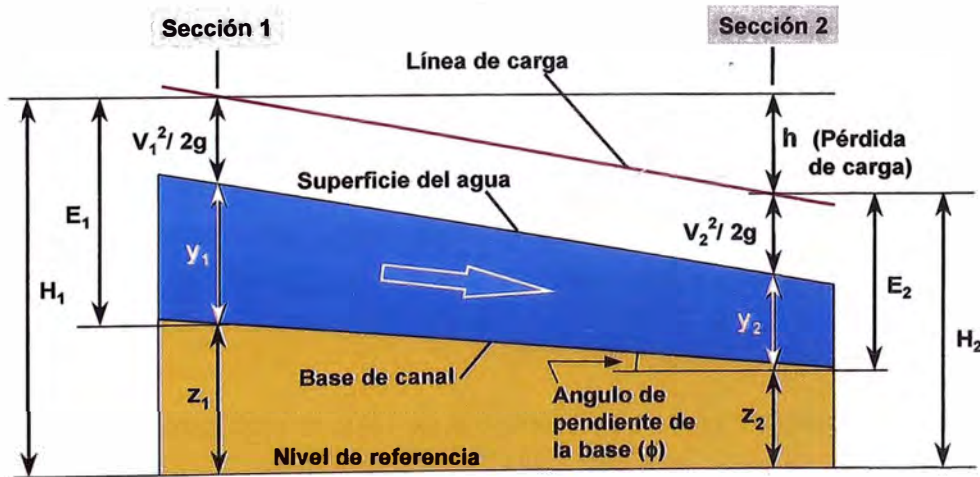


Figura N° 14. Flujo en Canal Abierto

2.1.2. Coeficiente de Rugosidad y Tipo de Flujo

La rugosidad de la superficie, usualmente definida como el coeficiente de rugosidad de Manning, "n", es función del tipo de revestimiento y del acabado de la superficie del material. En el caso de cursos de agua revestidos con concreto el acabado que han de tener pueden ser frotachado, rastrillado, lisos.

Las condiciones de flujo subcrítico se presentan en canales de pendiente longitudinal suave. Al revés, los flujos supercríticos ocurren en canales con pendientes longitudinales fuertes. El número de Froude, Fr, indica la naturaleza del flujo y se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$Fr = \frac{Q}{A\sqrt{gY}}$$

Dónde:

Fr: Número de Froude

Y: Tirante del Flujo

Si el flujo es subcrítico para $Fr < 1$

Si el flujo es supercrítico para $Fr > 1$

Los flujos en régimen supercrítico asociados con las estructuras de dispersión de energía, tales como vertederos y saltos, ocurren en la salida aguas abajo al bajar el flujo de una elevación mayor a una elevación menor. En este proceso, la energía potencial (altura de caída hidráulica) se transforma en energía cinética (velocidad de caída), generándose altas velocidades de flujo en las estructuras. El número de Froude cuantifica este proceso para efectos de diseño.

Los saltos hidráulicos ocurren en la transición de un flujo supercrítico a un flujo subcrítico, por ejemplo en el extremo aguas abajo de la caída de un vertedero. La forma y tamaño de un salto, y por ende la cantidad de energía que se disipa en dicho salto, están en relación con el número de Froude del flujo en régimen supercrítico aguas arriba.

2.1.3. Diseño para una Eficiencia Hidráulica Máxima

La eficiencia hidráulica de un tramo de canal puede expresarse como un flujo "q" por área unitaria de sección transversal para una pendiente longitudinal dada. Aumenta la eficiencia al reducirse la rugosidad "n" del revestimiento, y al aumentar el radio hidráulico "R" (Área / Perímetro Mojado). Por lo tanto, los canales abiertos más eficientes tendrían un revestimiento relativamente liso y una sección semicircular. En la práctica, las secciones más eficientes son las que se aproximan a un semicírculo (Ver Figura N° 15). La eficiencia hidráulica se relaciona con flujos de alta velocidad, por lo que el revestimiento debe poder resistir a las fuerzas resultantes relativamente elevadas.

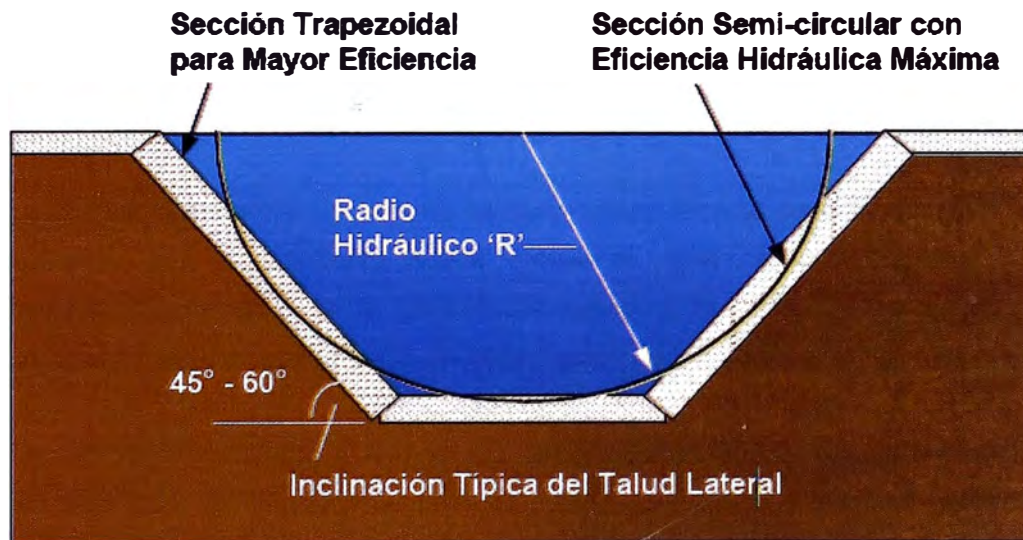


Figura N° 15. Diseño de Sección Transversal para una Máxima Eficiencia Hidráulica

2.2. CANAL DE CONCRETO SISTEMA GEOWEB

El concreto vaciado puede proporcionar una protección dura y duradera para los canales y estructuras hidráulicas expuestos a fuerzas hidrodinámicas importantes. Los revestimientos protectores convencionales de concreto reforzado son mayormente rígidos y para funcionar de manera efectiva deben contar con diversas juntas de construcción y expansión. Se requiere a menudo de una base granular estable selecta, a fin de minimizar la posibilidad de formación de vacíos debajo del refuerzo. Un desplazamiento no controlado de los materiales de base puede provocar rajaduras en la estructura y, en casos

extremos, un levantamiento y desplazamiento del revestimiento. Aumenta la probabilidad de daños si ocurren deformaciones estacionales o de larga duración de la subrasante. Estos factores pueden incrementar de manera significativa el costo total de los revestimientos convencionales.

2.2.1. Ventajas del Confinamiento Celular

El relleno de las celdas de Geoweb con concreto pre-mezclado proporciona un sistema de revestimiento duradero, resistente a la erosión, con un espesor uniforme, y que mantiene la flexibilidad y la posibilidad de adaptarse a movimientos potenciales de la subrasante. Pueden omitirse las capas de base especiales y compactadas, necesarias con las losas de concreto vaciado convencionales. El sistema Geoweb actúa esencialmente como un encofrado liviano y flexible que puede adaptarse fácilmente a canales de diversas formas geométricas.

La contracción normal del relleno de concreto al secarse permite que toda la superficie del revestimiento pueda drenar el agua de la subrasante. La distribución uniforme de la contracción aumenta también la capacidad de adaptación del sistema en caso de deformación de la subrasante.

La calidad, el acabado y el espesor del concreto pueden seleccionarse de acuerdo con los requerimientos específicos del diseño. Una subcapa de Geotextil no tejido, combinada en caso de ser necesario con puntos de salida, asegura el drenaje efectivo de la subrasante y funciona además como filtro protector del subsuelo.

Se mantiene una adhesión mecánica entre el relleno de concreto y el interior de cada celda, gracias a la superficie especial de las celdas del sistema Geoweb. En efecto, la pared puede ser texturizada, perforada o no-perforada. La magnitud de la textura es mayor que el potencial de contracción del concreto, quedando así atrapado el relleno de concreto en cada celda. Las perforaciones de 10 mm (3/8 pulg) de diámetro permiten el flujo de concreto entre celdas, lo que proporciona un mayor entrelazamiento del relleno de concreto dentro de las celdas del sistema.

La instalación es rápida. El concreto puede vaciarse mediante bomba, elevadores de balde, o descargarse directamente de los camiones mixers.

2.2.2. Selección del Tamaño de Celdas

La selección del tamaño de celda Geoweb está en relación directa con el tamaño máximo del agregado de relleno (Ver Cuadro N° 01).

Cuadro N° 01. Modelos y Medidas de Geoweb

Profundidad de Celda Geoweb			
GW30V	75 mm (3")	100 mm (4")	150 mm (6")
GW40V	75 mm (3")	100 mm (4")	100 mm (6")

El tamaño de celda depende de la geometría del canal y del espesor del revestimiento de diseño, mientras que el espesor está en función de la geometría del canal y de las condiciones hidráulicas Ver la Figura N° 16, y la Figura N° 17.

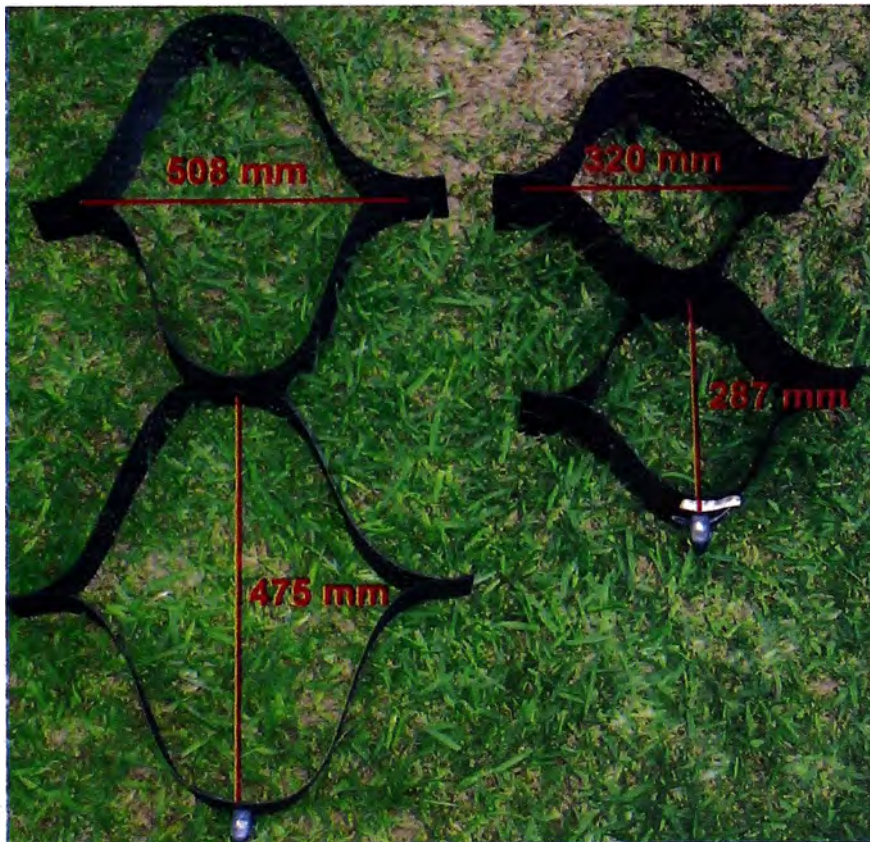


Figura N° 16. Dimensiones de la Celda – Geoweb

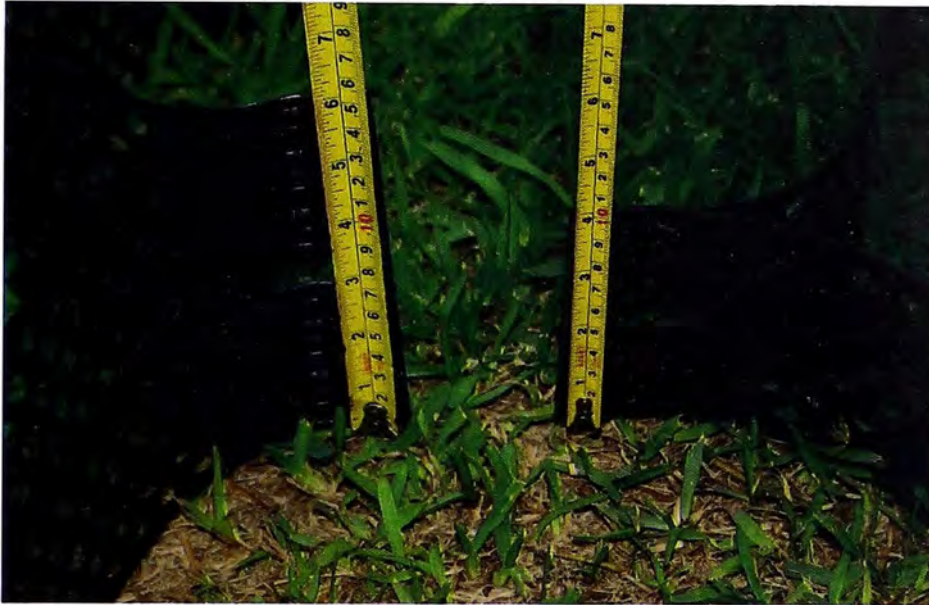


Figura N° 17. Espesor de las Celda - Geoweb

2.2.3. Componentes del Sistema Geoweb

La Figura 18 muestra los componentes principales de un sistema de protección Geoweb para canales. Las especificaciones para cada componente son función de las condiciones hidráulicas previstas, de la geometría del canal, de los materiales de relleno disponibles y del tipo de suelo de subbase. A continuación se presentan con mayor detalle cada componente de un sistema Geoweb estándar, así como los criterios para su selección.

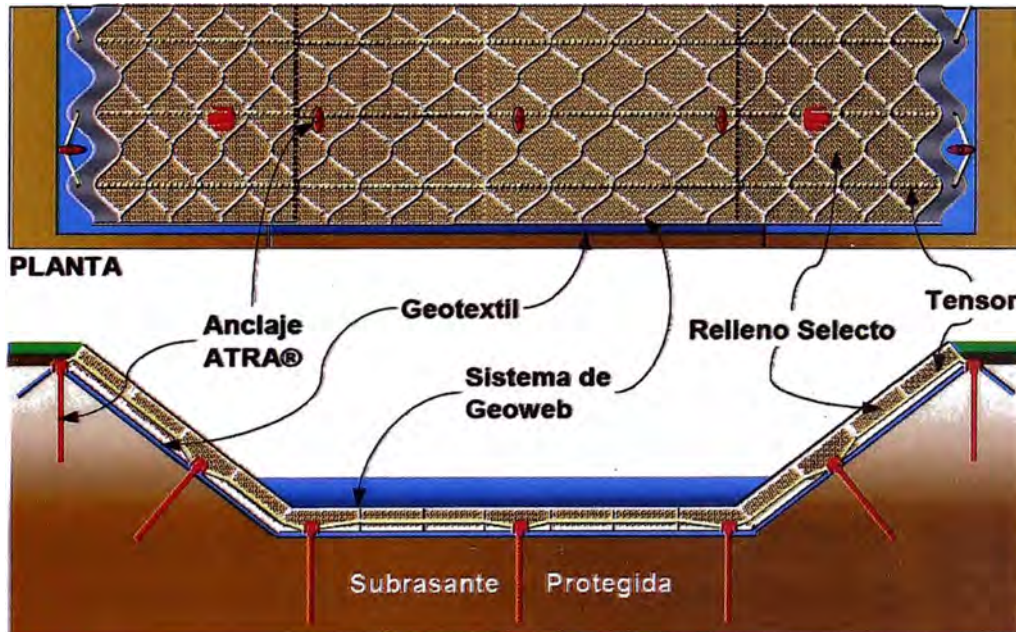


Figura N° 18. Revestimiento del Canal – Componentes del Sistema

Subcapa de Geotextil

En los canales con revestimiento, se recomienda una subcapa de geotextil no-tejido perforado por agujas y que actúe como filtro del suelo y sistema de drenaje. Los bordes del geotextil deberán ser introducidos en el subsuelo a lo largo del perímetro del área de protección, a fin de evitar la posibilidad de un flujo no controlado debajo del sistema de revestimiento. Para la selección del geotextil se utilizarán los criterios convencionales que toman en cuenta los diferentes tipos de subsuelos y las condiciones de la napa freática.

Tensores Poliméricos Integrales

El Cuadro N° 02 muestra los diversos tensores estándares que pueden utilizarse en los sistemas Geoweb de protección de canales. Además de proporcionar un elemento de conexión para los anclajes al terreno y los anclajes de coronación de los taludes laterales de fuerte pendiente, los tensores integrales distribuyen el peso propio del material suelto de relleno cuya carga se ejerce directamente sobre los tensores.

Este método de anclaje resulta muy efectivo cuando la protección Geoweb es aplicada sobre geomembranas de revestimiento que no pueden ser penetradas por anclajes al terreno.

Cuadro N° 02. Modelos y Resistencia de los Tendones.

Tipo de Tendones	
Denominación Referencial	Resistencia Mínima a la Rotura
TPC-71	7.12 kN (1600 lbf)
TP-31	3.11 kN (700 lbf)
TP-67	6.70 kN (1500 lbf)
TP-93	9.30 kN (2090 lbf)
TK-89	8.90 kN (2000 lbf)
TK-133	13.34 kN (3000 lbf)
TPP-44	4.40 kN (990 lbf)

Anclajes al Terreno

En los sistemas Geoweb de revestimiento de canales se pueden utilizar diferentes tipos de anclajes al terreno, de acuerdo con la geometría del canal y

de los esfuerzos hidráulicos. Estos anclajes son varillas de fierro corrugado de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, que unidos mediante el accesorio ATRA CLIP (Ver figura N° 19), restringen los esfuerzos de la geometría del canal y/o los esfuerzos hidráulicos



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 19. Estaca de Fierro Corrugado Unido con el Accesorio ATRA CLIP.

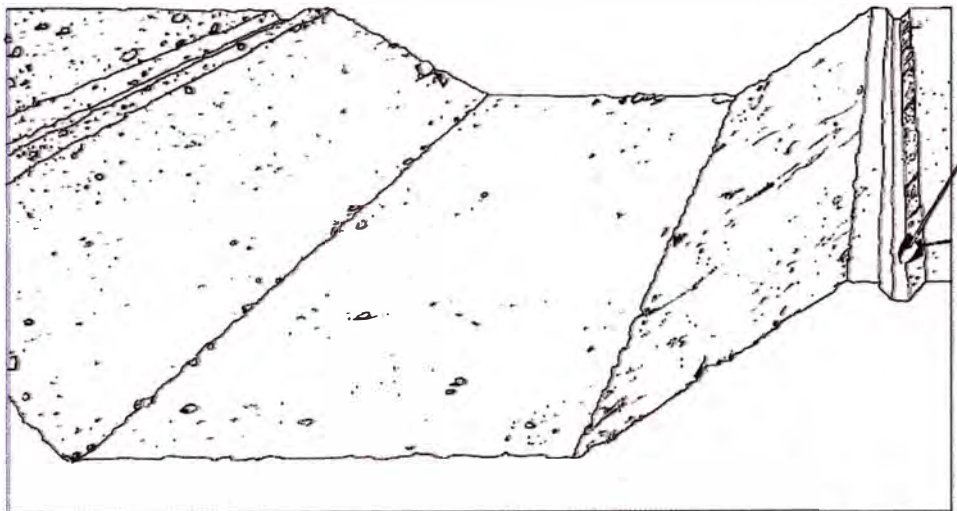
El sistema estándar o "nominal" de anclaje incluye una serie de Anclajes ATRA CLIP colocados en cuadrícula a intervalos predefinidos a lo largo de los tendones integrales seleccionados. Esta disposición permite distribuir efectivamente la resistencia del anclaje a lo largo del revestimiento de protección. Se puede también utilizar una cuadrícula de anclajes especiales de alta resistencia cuando existen fuerzas de empuje muy grandes o condiciones geométricas extremas.

CAPITULO III: PROCESO DE INSTALACION DEL SISTEMA GEOWEB EN CANALES DE LOSA FLEXIBLE

3.1. PREPARACION DEL TERRENO

A continuación se detallan los pasos a seguir para la preparación del terreno:

- Limpiar los taludes y la solera de la vegetación existente.
- Excavar, conformar y desaguar la sección prevista para el canal.
- Colocar, compactar y perfilar el relleno de tierra requerido.
- Excavar zanjas para la fijación del material en la corona y perímetro del talud de acuerdo con los requerimientos. (Ver Figura N° 20)



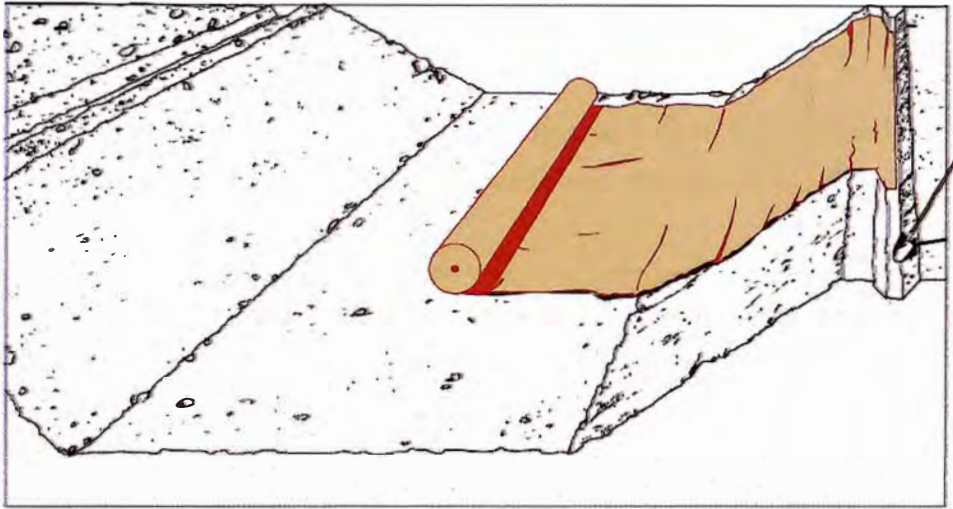
Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 20. Excavación y Perfilado de la Sección del Canal

3.1.1. Protección de Filtro y Drenaje

Es necesario colocar un geotextil no tejido que servirá como filtro entre el suelo de fundación y el material de relleno del Geoweb. A continuación se describen los pasos a seguir para su instalación:

- Colocar el Geotextil especificado sobre la solera y los taludes laterales del canal. (Ver Figura N° 21)
- Traslapar adecuadamente las secciones adyacentes en dirección aguas abajo.
- Asegurar que el Geotextil esté colocado en las zanjas de fijación perimetrales.
- Fijar los bordes del Geotextil impidiendo todo desplazamiento.

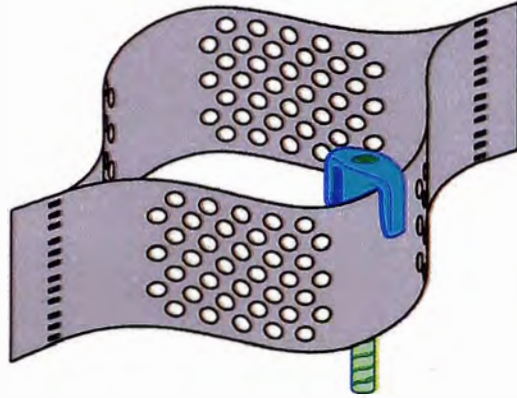


Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 21. Colocación de Geotextil No Tejido

3.2. COLOCACION DE LAS SECCION DE GEOWEB

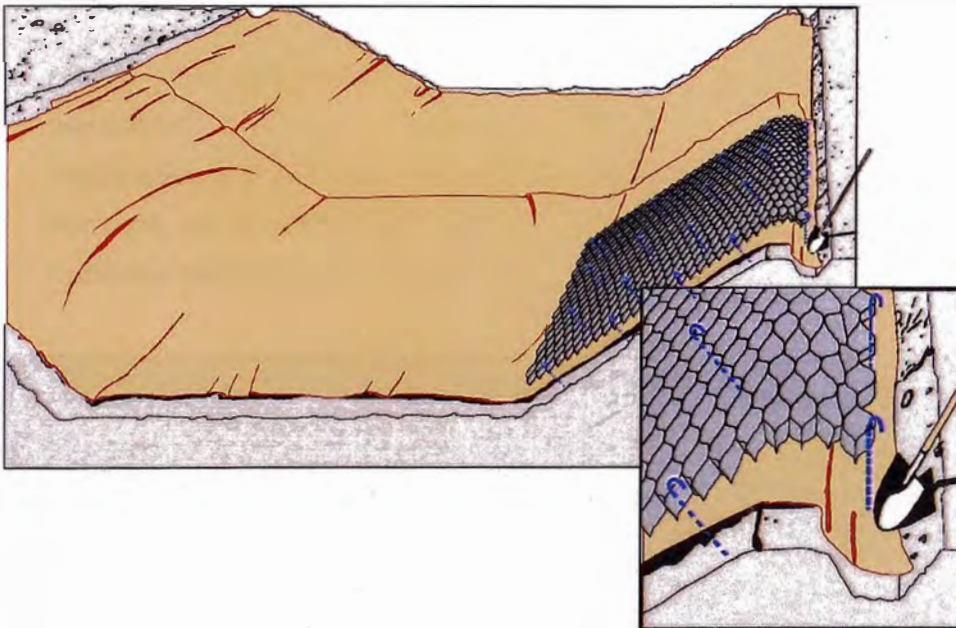
- Introducir una fila de estacas de anclaje a lo largo del borde superior del área del canal que se desea proteger. Colocar las estacas en el centro de algunas celdas predeterminadas.
- Extender parcialmente la sección de Geoweb, y colocar en cada celda extrema de la sección sobre la estaca de gancho que le corresponde. Al utilizar el accesorio CLIP ATRA, asegurarse de que el CLIP ATRA pase por encima de la pared de la celda. (Ver Figura N° 22)



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 22. Estaca en Borde Superior de la Celda

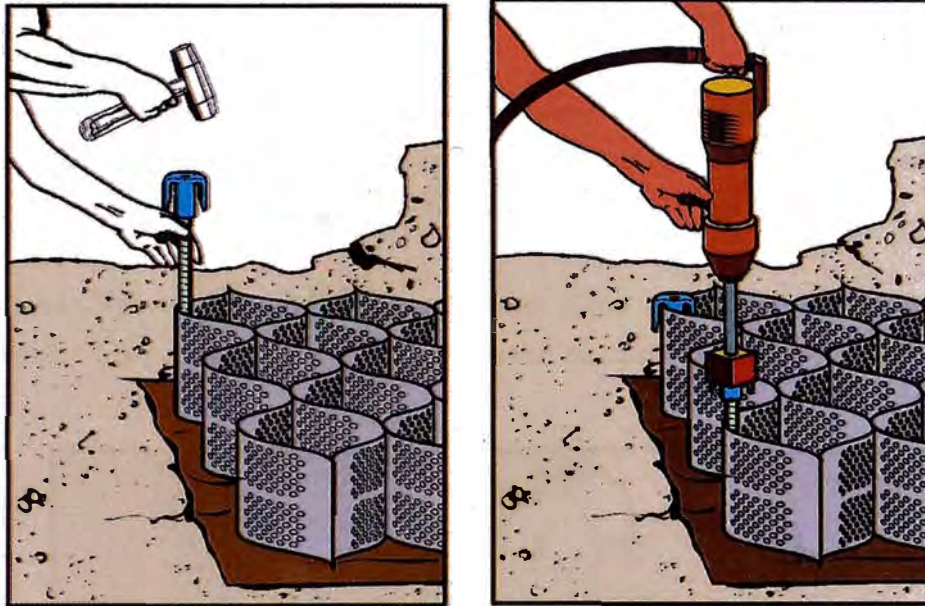
- Estirar las secciones de Geoweb hacia abajo sobre los taludes laterales, hasta que alcancen la longitud especificada. (Ver Figura N° 23)



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 23. Instalación del Sistema Geoweb

- Mantener las secciones completamente estiradas mediante uno de los sistemas siguientes:
 - a) Accesorio de Anclaje: CLIP ATRA. (Ver Figura N° 24).
 - b) Llenar varias celdas perimetrales.
 - c) Otros métodos pueden también utilizarse.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 24. Instalación del Accesorio Clip Atra

- Alinear intercaladamente los bordes de las secciones de Geoweb adyacentes.
- Asegurarse de que la cara superior de las secciones estén a nivel.
- Para unir las secciones del Sistema Geoweb se utiliza el accesorio de Conexión Atra Key. (Ver Figura N° 25).

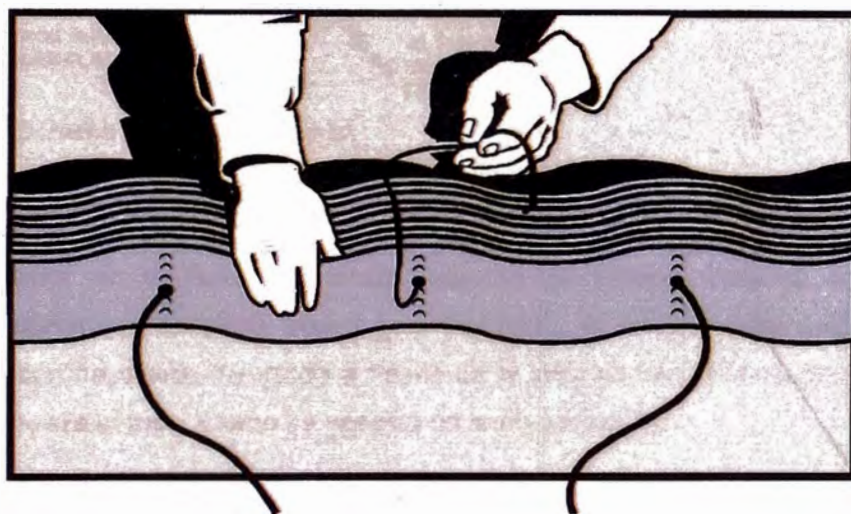


Figura N° 25. Instalación del Accesorio Atra Key

3.2.1. Preparación de las Secciones de Geoweb con Tendones

Si en los planos de detalle se indicará el empleo de tendones, en cada celda de las secciones de Geoweb viene su respectivo Slot (Ojo Chino) para el paso de los tendones. Esto evitará alguna perforación innecesaria en obra.

Se deben insertar los tendones por los Slot (Ojos Chinos) en la sección del Geoweb plegada antes de su extensión, como se observa en la Figura N° 26.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 26. Inserción del Tendón

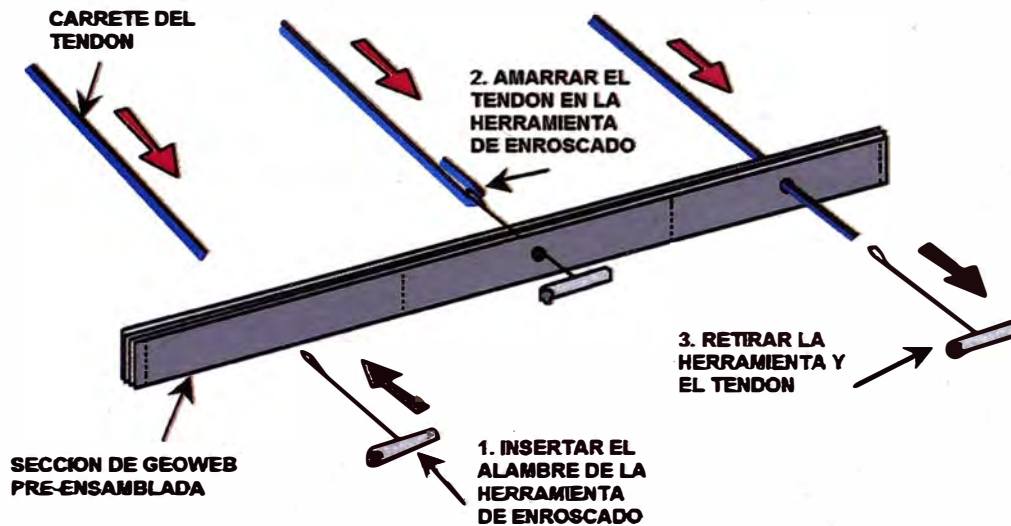
Usualmente se cortan tendones de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Longitud} = (1.15 \times \text{longitud de la sección Geoweb en extensión} + 1 \text{ m})$$

Con la finalidad de permitir la formación de argollas y la conexión a anclajes.

A continuación se detallan métodos especiales para la inserción de los tendones:

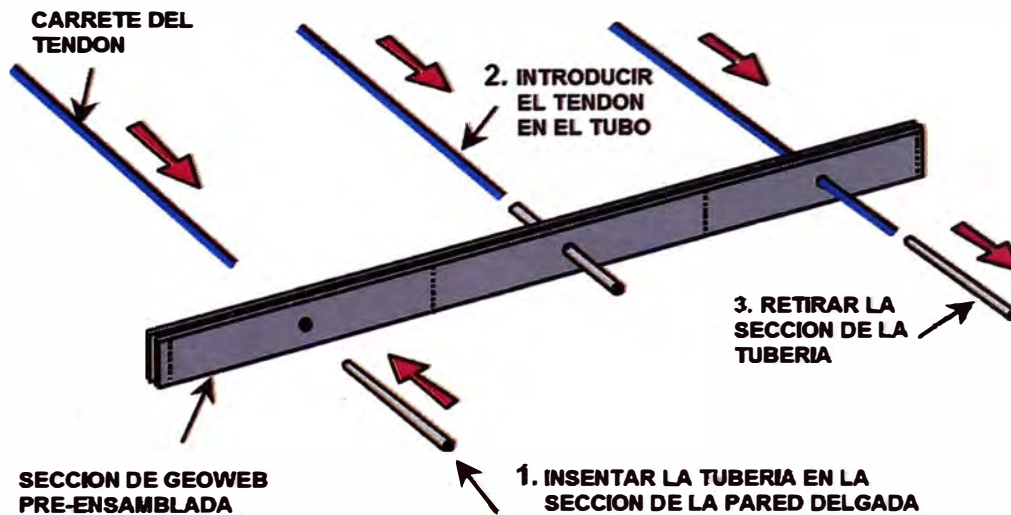
- Utilizar un alambre de 2.5 mm de poca longitud doblado en un gancho largo en un extremo, tipo aguja, para jalar la punta del tensor a través de la sección de Geoweb, como se observa en la Figura N° 27.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 27. Inserción de los Tendones

- Insertar en el hueco un trozo pequeño de tubería metálica de pared delgada que funcione como guía lisa para el tendón. Una vez que el tendón haya sido insertado a través de la sección de Geoweb plegada, se remueve el tubo. Como se aprecia en la Figura N° 28.



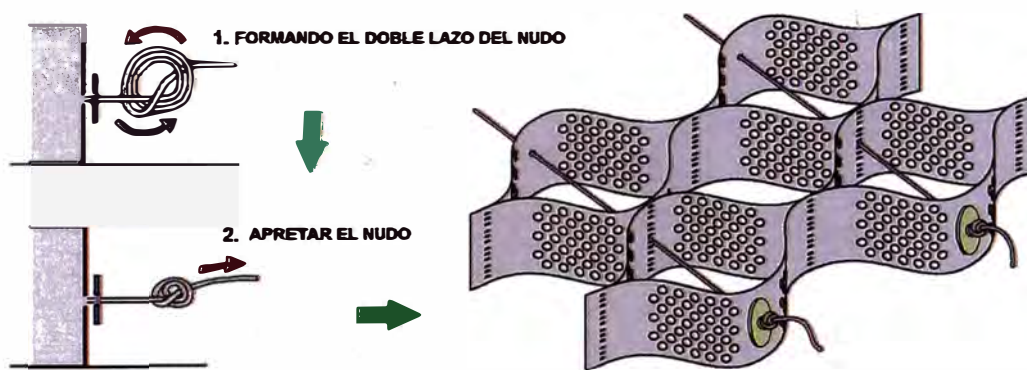
Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 28. Utilización de Tubos como Guías.

3.2.2. Terminación y Anclado de los Tendones

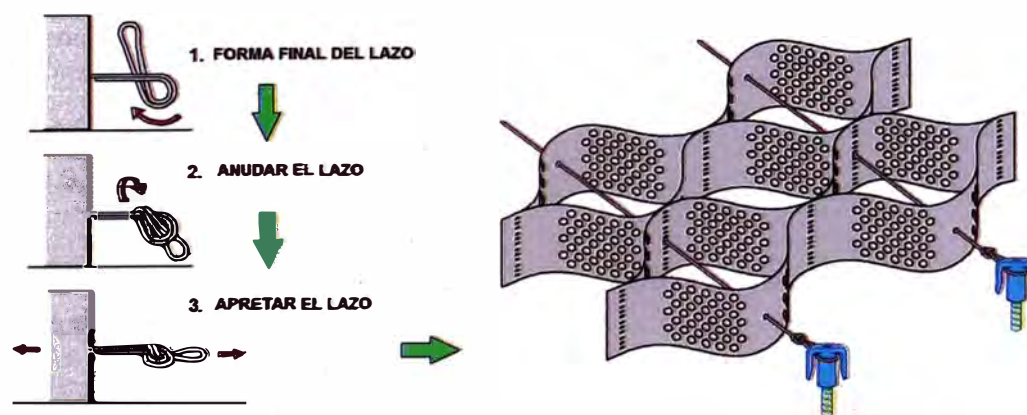
Existen dos métodos estándares para asegurar el extremo de los tensores en el borde exterior de las secciones de Geoweb. Ver Figura N° 29 y Figura N° 30.

- Un doble nudo con arandela de fijación – se utiliza normalmente al pie de un talud.
- Argolla con nudo – se utiliza para amarrar los tensores a un anclaje de coronación o de pie de talud.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 29. Terminación de Tendones.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

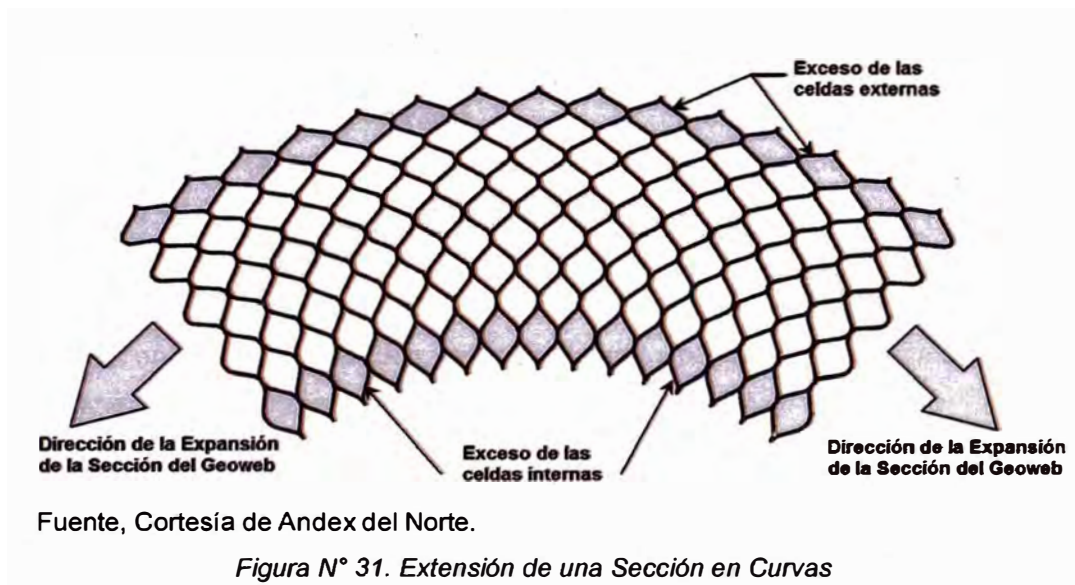
Figura N° 30. Anclados de los Tendones en su Extremo.

Se recomienda un anclaje utilizando como instrumento de fijación el accesorio Clip Atra. Formar un bucle con el tendón, pasándolo alrededor y debajo del gancho del Clip Atra.

3.3. COLOCACION DE LAS SECCIONES DE GEOWEB SOBRE SUPERFICIES CURVAS O DE FORMAS IRREGULARES

3.3.1. Proceso Constructivo Número 1

Las secciones de Geoweb pueden adaptarse fácilmente para cubrir áreas curvas, variando el grado de extensión de las celdas a lo ancho de la sección. (Ver Figura N° 31).

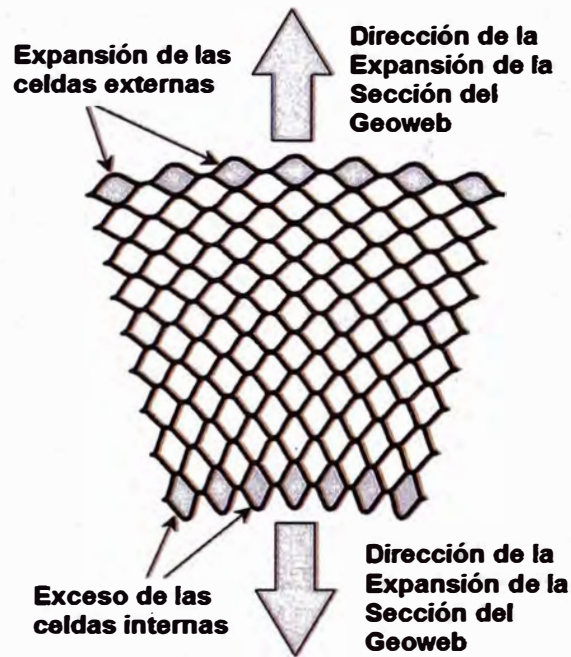


Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 31. Extensión de una Sección en Curvas

3.3.2. Proceso Constructivo Número 2

Variar progresivamente el grado de extensión de las celdas a lo largo de la sección. (Ver Figura N° 32).

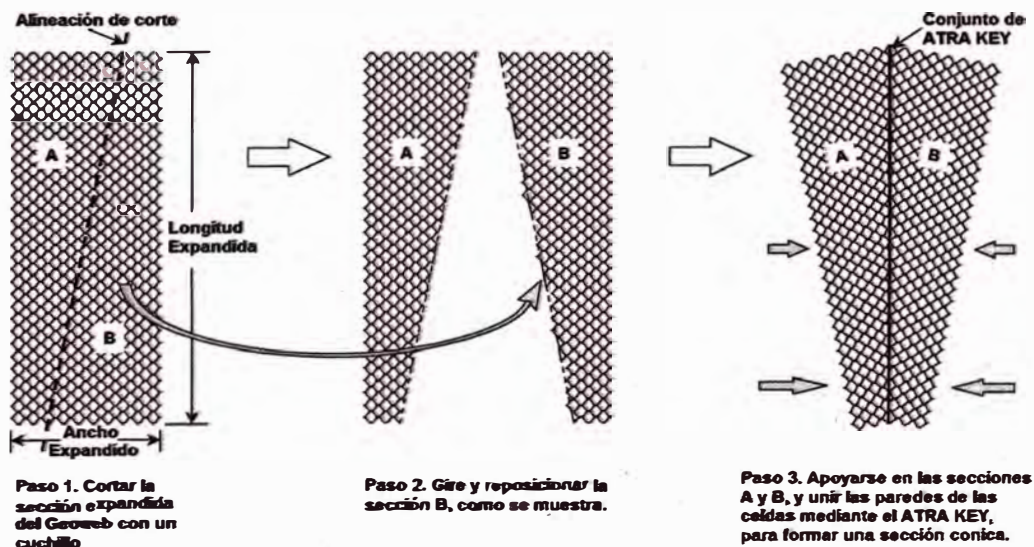


Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 32. Extensión Trapezoidal de una Sección

3.3.3. Proceso Constructivo Número 3

Cortar en obra una sección estirada dándole la inclinación necesaria para obtener la forma trapecoidal requerida. (Ver Figura N° 33).



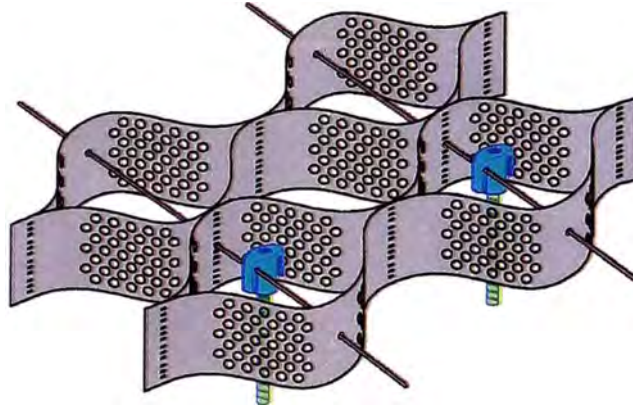
Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 33. Corte en Obra de una Sección de Geoweb para lograr una Forma Trapezoidal

3.4. TIPO DE ANCLAJES

3.4.1. Anclajes Internos

De acuerdo al diseño del canal se deben introducir los accesorios Clip Atra como anclajes adicionales a intervalos especificados en algunas celdas determinadas de la sección Geoweb debidamente extendida. Ver Figura N° 34.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 34. Anclajes Internos

Se debe verificar que el tendón pase por debajo del gancho del accesorio Clip Atra e hincar el anclaje hasta enganchar con el Slot (Ojo Chino) que quede al nivel de la base de la celda.

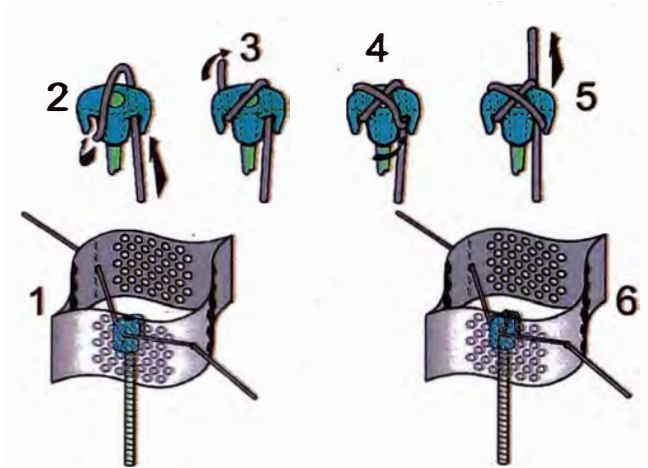
Para terminar de introducir a fondo los anclajes a lo largo de un mismo tendón, se progresará en secuencia desde el primer anclaje en el borde de la sección (generalmente el anclaje de la zanja de coronación). El extremo final del tendón se dejará colgar, sin fijarlo, a fin de evitar una tensión excesiva.

3.4.2. Anclaje Tensionado Antideslizante Interno

Las secciones de Geoweb pueden fijarse eficazmente sobre taludes laterales empinados por medio de una serie de anclajes internos amarrados al sistema integral de tensores:

- Accesorio de anclajes Clip Atra.
- Varillas de refuerzo
- Anclajes de cable
- Estacas de madera

El método de fijación recomendado hace uso del accesorio Anclaje Clip Atra y de un gancho de amarre denominado "Amarre de Moore". Ver Figura 35.

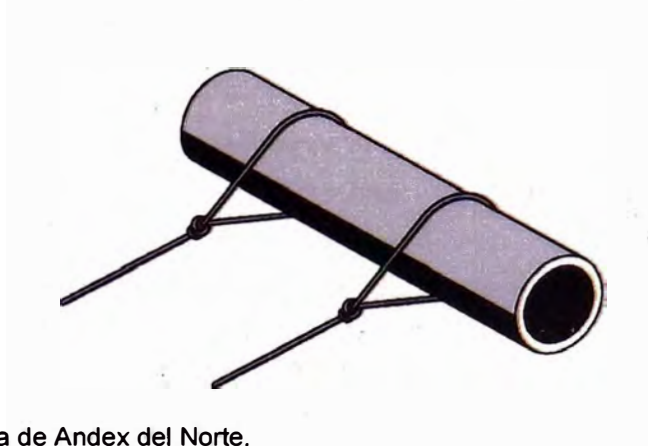


Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 35. Amarre Antideslizante de Moore.

3.4.3. Anclaje de Coronación del Sistema Geoweb Tensionado

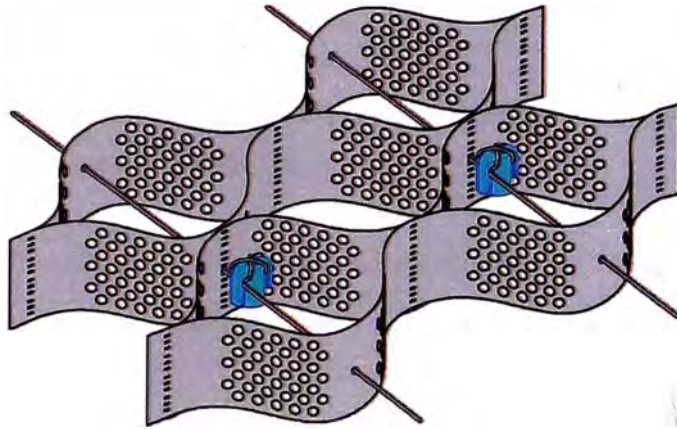
En los casos en que resulta poco práctico introducir una serie de anclajes (por ejemplo, en presencia de una geomembrana o de un material impermeable), se tiene que transferir la carga al anclaje de coronación, como se observa en la Figura 36.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 36. Anclaje de Coronación de Peso Muerto.

En estos casos, el accesorio de fijación de los Clips Atra transfiere la carga desde las secciones de Geoweb hacia los tendones. Ver Figura 37.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 37. Clip Atra de Fijación.

Con los tendones insertados, se debe extender la sección de Geoweb en su posición de diseño y amarrar el accesorio Clip Atra en las celdas de acuerdo al diseño predefinido.

El amarre de fijación del Clip Atra puede progresar sea hacia arriba del talud o hacia abajo.

Se recomienda pre-anclar el extremo del tendón a partir del cual se empiezan a amarrar los Clips Atra.

Se recomienda evitar toda holgura interna de los tendones a medida que se amarran los Clips Atra.

Los tendones pre-cortados deben tener la longitud suficiente para permitir los nudos de amarre en cada accesorio Clip Atra.

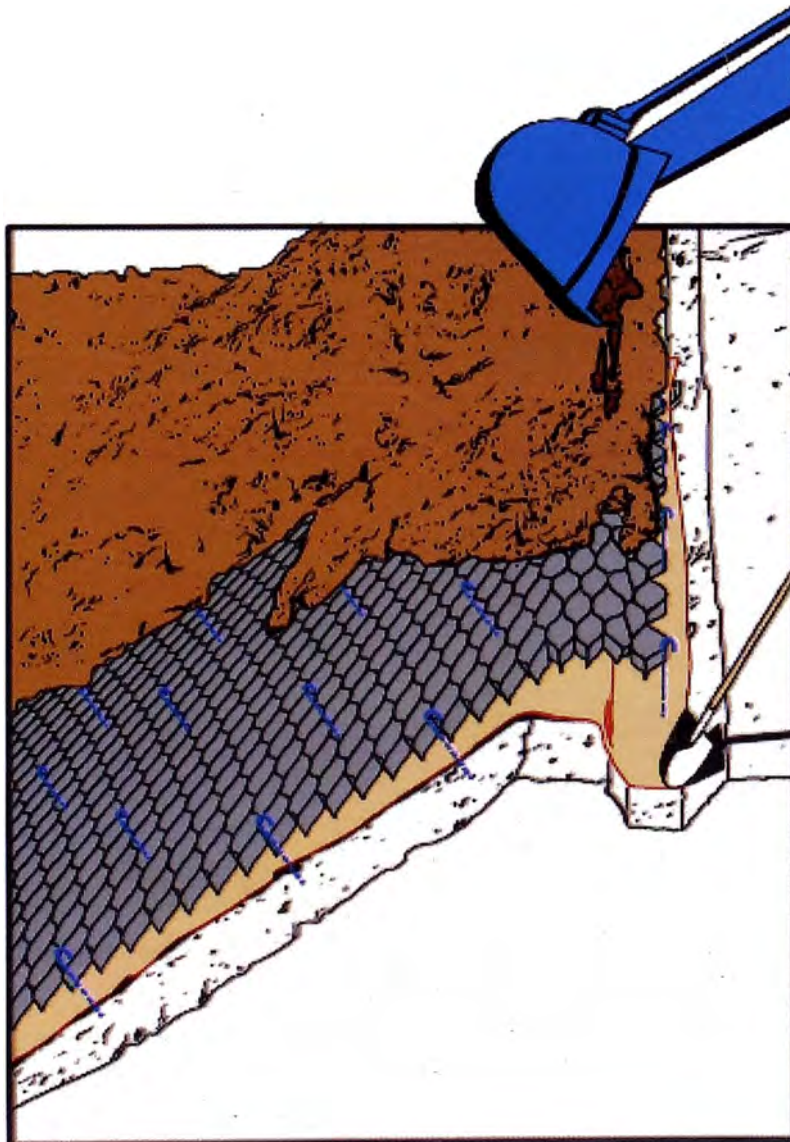
Se puede amarrar el accesorio de fijación Clip Atra en los intervalos requeridos, con la sección de Geoweb previamente extendida sobre una superficie plana. La sección puede luego volverse a plegar, amarrarse al Anclaje de Coronación, y extenderse sobre el talud. Este método facilita la instalación de secciones sobre taludes de pendiente muy fuerte.

3.5. COLOCACIÓN DEL RELLENO DE LA CELDA DEL GEOWEB

El relleno de las celdas del sistema Geoweb puede empezar inmediatamente después de concluida la fase de anclaje.

Para facilitar el relleno de las celdas del sistema Geoweb se puede utilizar una serie de equipos que se detallan a continuación:

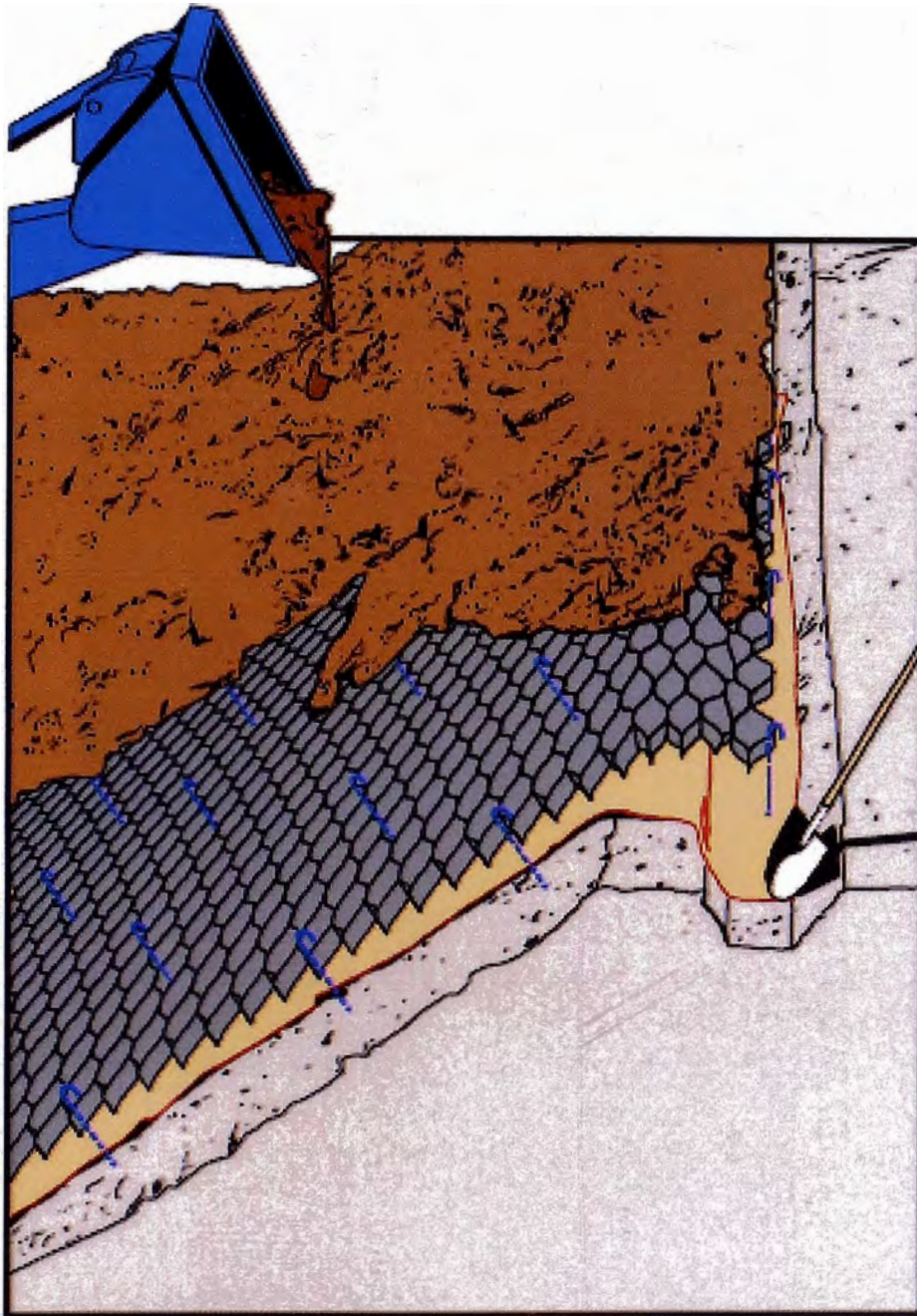
- Excavadora Hidráulica / Retroexcavadora (Ver Figura 38)



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 38. Excavadora.

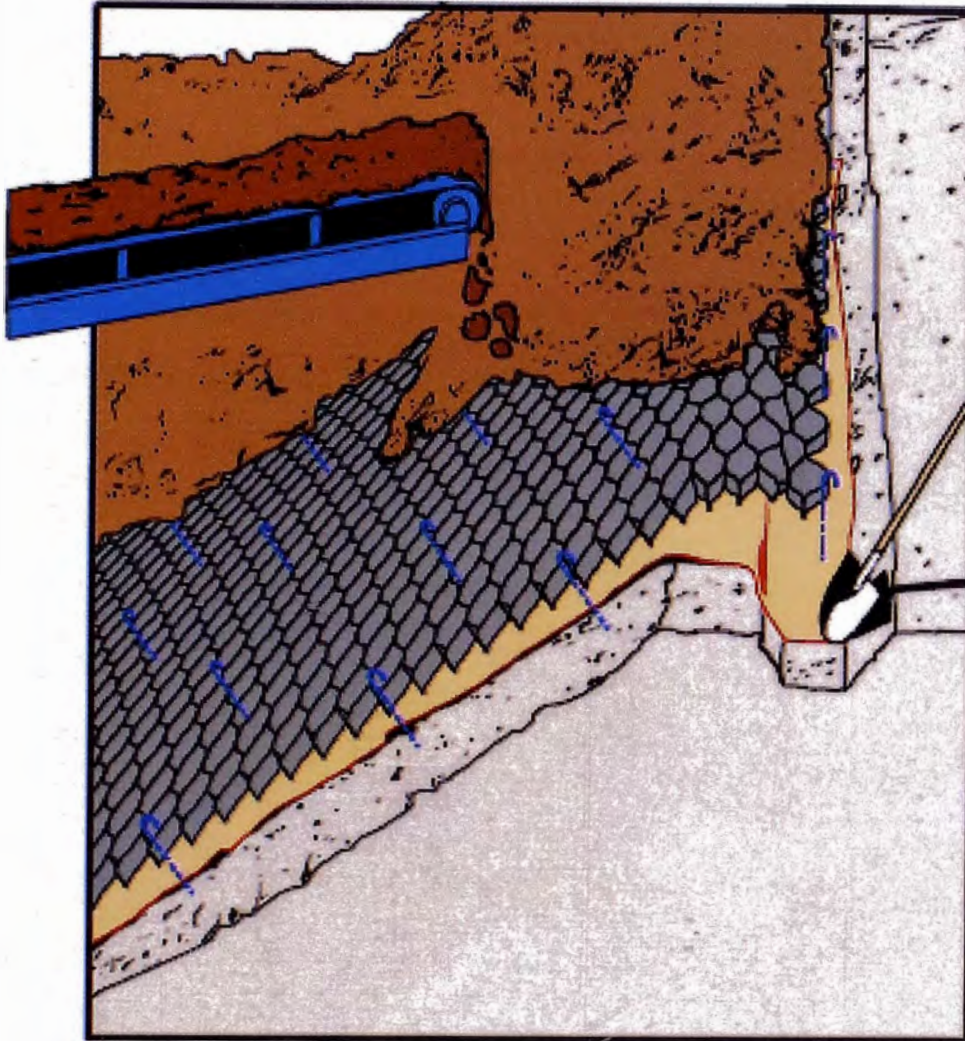
- Cargador Frontal (Ver Figura 39)



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 39. Cargador.

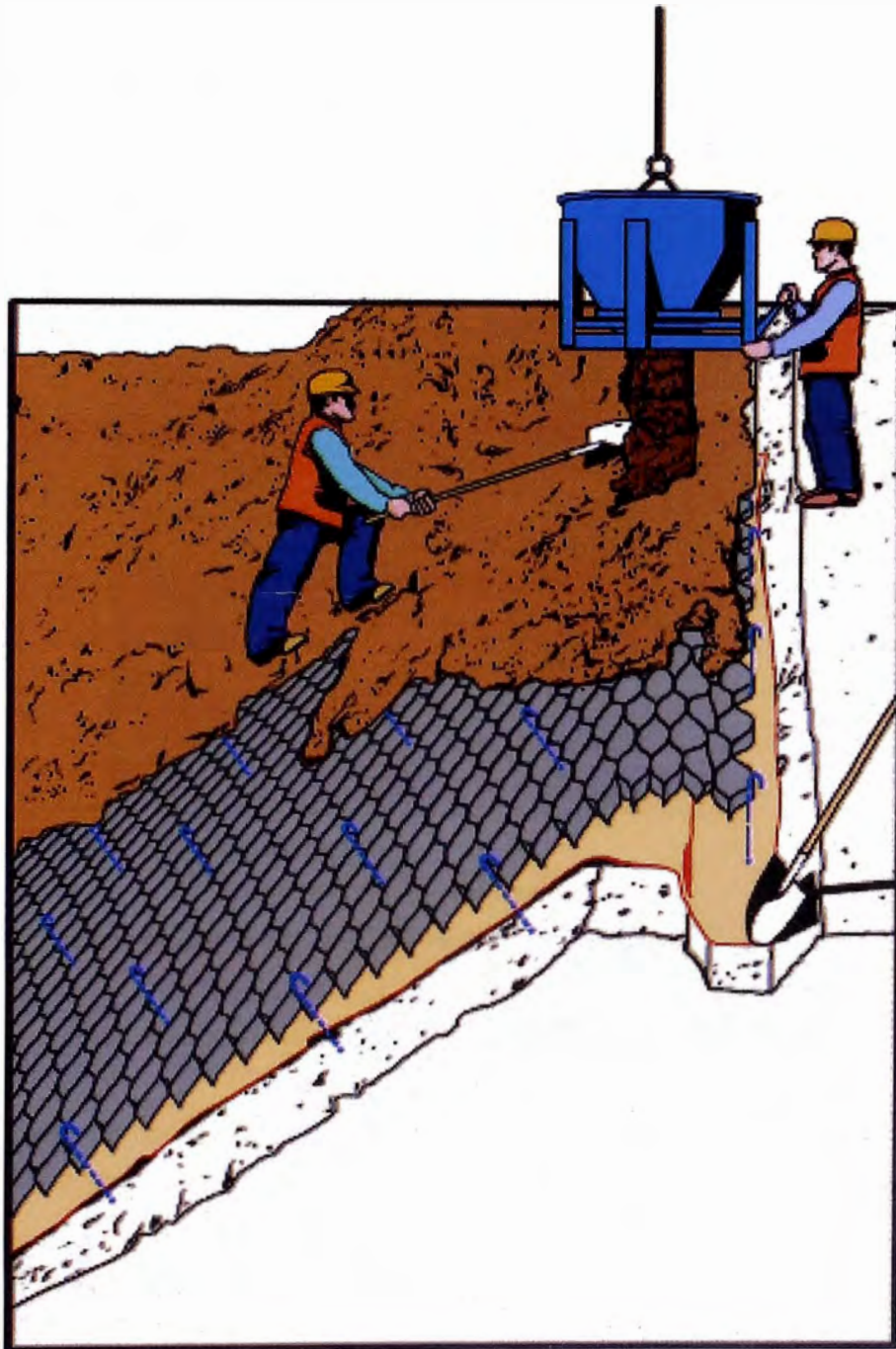
- Faja Transportadora (Ver Figura 40)



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 40. Faja Transportadora.

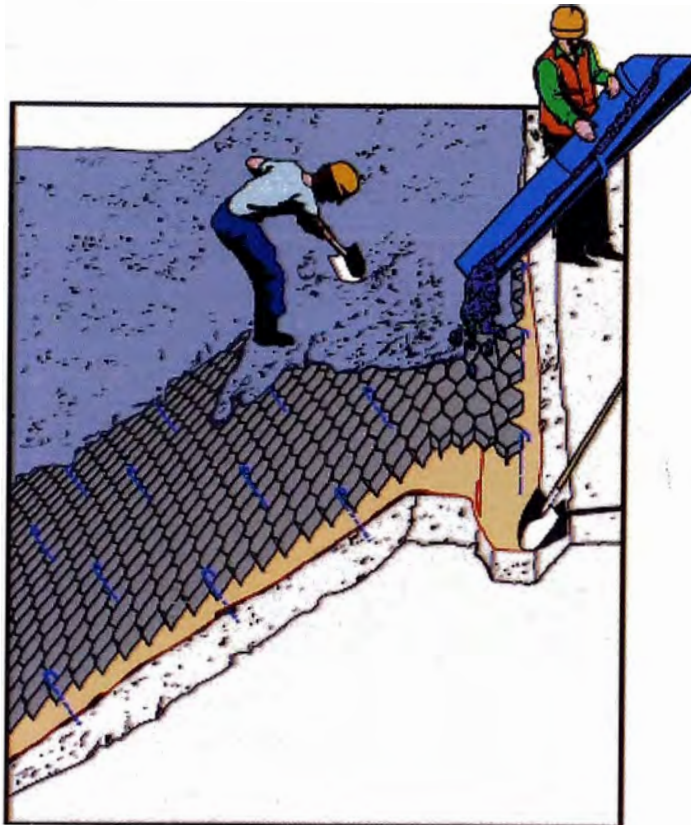
- Elevador de Balde (Ver Figura 41)



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 41. Balde.

- Canalón para vaciar Concreto – Chute (Ver Figura 42)



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 42. Chute (Canalón).

Limitar la altura de caída del material de relleno a un máximo de 1 metro.

Se recomienda rellenar desde la corona hacia el pie del talud.

Las celdas deben llenarse en exceso – bajo control - a fin de permitir la consolidación y compactación del relleno.

Verificar que el relleno quede a nivel con la parte superior de las celdas al final del trabajo.

3.6. EXPERIENCIAS DIVERSAS

3.6.1. Sistema Geoweb Relleno – Concreto

- **Canal de Relaves – Bocatoma 3,100 – Southern – Perú**



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 43. Instalación del Geotextil No Tejido.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 44. Traslape del Geotextil No Tejido.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 45. Perfilado de las Paredes del Canal



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 46. Anclaje del Sistema Geoweb a las Paredes del Canal.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 47. Vaciado del Concreto.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 48. Fraguado del Concreto en la Losa Flexible.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 49. Vista Sistema Geoweb Instalado.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 50. Canal Losa Flexible (Sistema Geoweb) Terminado 1.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 51. Canal Losa Flexible (Sistema Geoweb) Terminado 2.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 52. Vista Panorámica Canal Sistema Geoweb.

- **Canales – Rápidas Disipadores de Energía – Carretera Tingo Maria – Aguaytía – Perú**



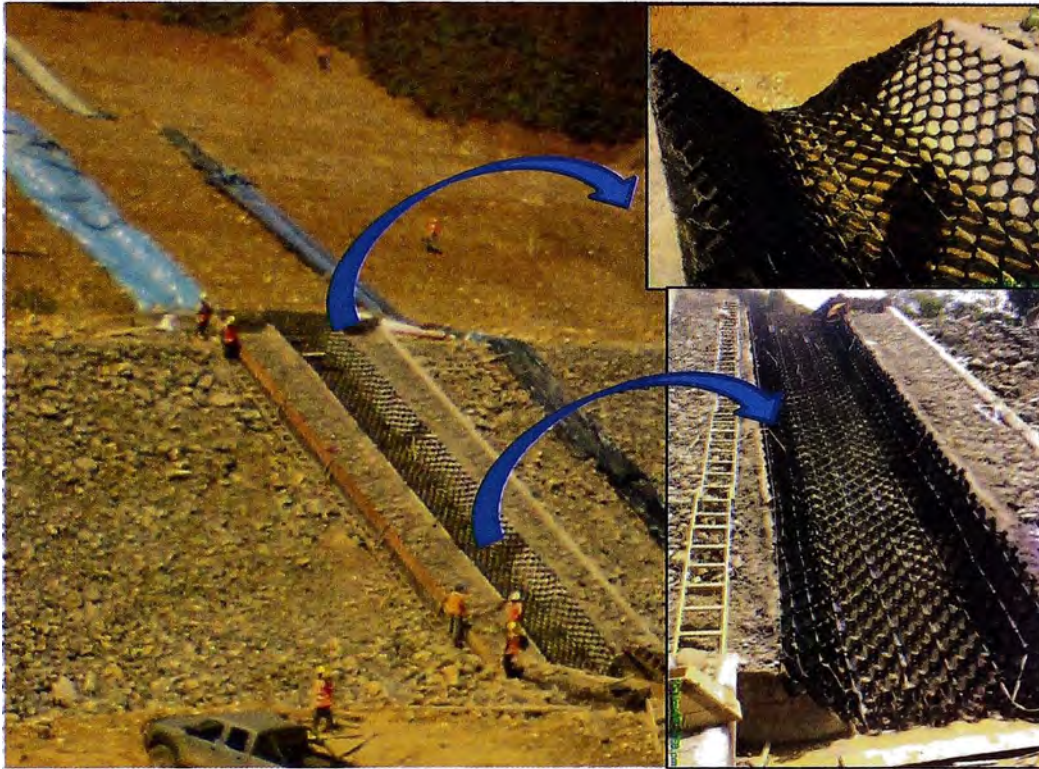
Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 53. Ubicación del Proyecto.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 54. Perfilado del Canal - Rápida.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 55. Instalación del Sistema Geoweb.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 56. Instalación de los Dados Disipadores de Energía.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 57. Fraguado del Concreto.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 58. Vista Canal – Rápida 1.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 59. Vista Canal – Rápida 2.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 60. Canal – Rápida en Funcionamiento.

3.6.2. Sistema Geoweb Relleno – Suelo Cemento

- Protección de Estribos – Puente Yaverija – Madre de Dios – Perú



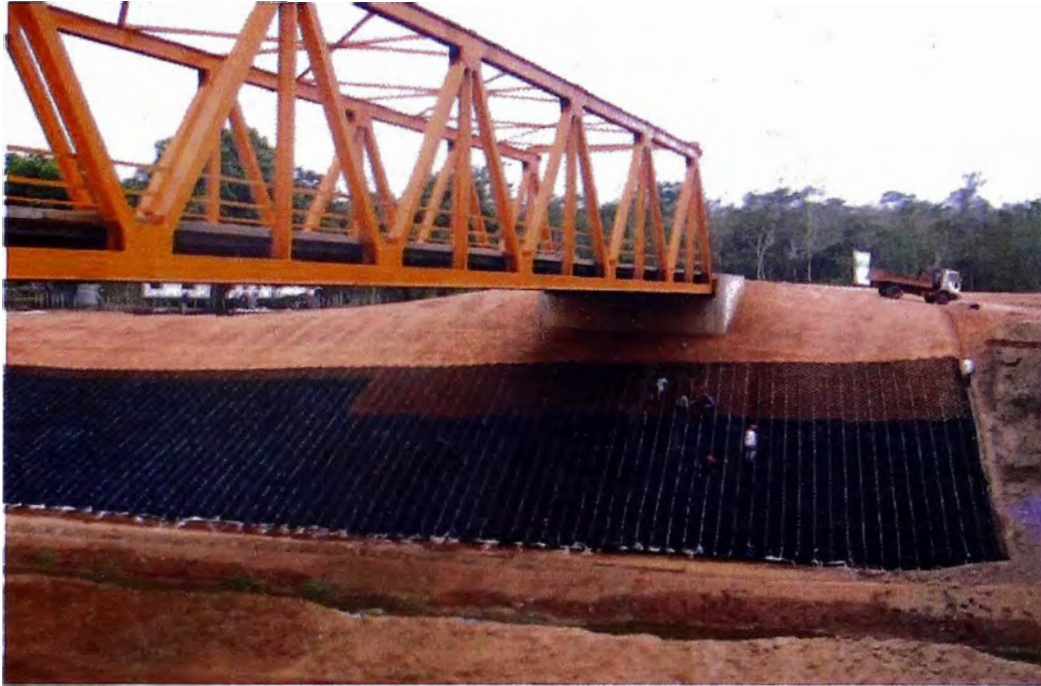
Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 61. Ubicación del Proyecto.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 62. Estado Inicial del Proyecto.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 63. Instalación del Sistema Geoweb (Margen Derecho).



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 64. Instalación del Sistema Geoweb (Margen Izquierdo).



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 65. Suelo Cemento hasta el Tirante de Agua máximo.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 66. Encima del Tirante de Agua Máximo - TopSoil.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 67. Sistema Geoweb en Operación 1.



Fuente, Cortesía de Andex del Norte.

Figura N° 68. Sistema Geoweb en Operación 2.

CAPITULO IV: EVALUACION DE COSTOS EN CANALES DE LOSA FLEXIBLE (SISTEMA GEOWEB)

4.1. DISEÑO DE DIFERENTES TIPOS DE SECCIONES DE CANALES DE LOSA FLEXIBLE

Se considerarán diferentes tipos de secciones de canales, para su posterior análisis y comparación.

4.1.1. Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 1)

En el Cuadro N° 03, se detallan los datos a emplear en la sección trapezoidal del Canal 1.

Cuadro N° 03. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 1.

TIPO DE CANAL	Trapezoidal
BASE (B)	0.65 m
ALTURA DEL CANAL (H)	0.45 m
TALUD (H:V)	1 : 1
COEFICIENTE DE MANING	0.014
PENDIENTE LONGITUDINAL (S%)	1 %

Estimamos el caudal de tránsito por esta sección trapezoidal mediante el empleo del software de ingeniería *H-Canales* (consideramos un borde libre de 10 cm y un acabado frotachado)

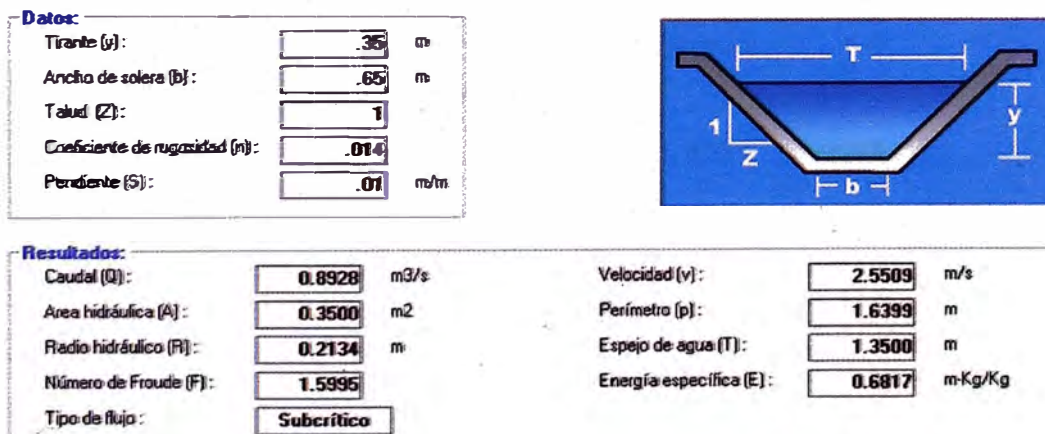


Figura N° 69. H-Canales / Sección Trapezoidal del Canal 1.

Se realiza el análisis para la estabilidad estática del sistema Geoweb relleno con concreto como se muestra a continuación:

English or Metric (E or M)	M	Coefficient, Cm	Gravity
		1.00	9.806
Channel Lining System			
Invert:	GW with mortar		
Sides:	GW with mortar		
Maximum Discharge	0.90 m ³ /s		
Bed Slope	1.00 %		
Manning's n	GW with mortar		
Invert	0.014		
Side Slopes	0.014		
Channel Dimensions			
Base Width 'b'	0.65 m	Flow Area, A	0.35
Side Slope (xH:1V)	1.00	Hydraulic Radius, R	0.214
Depth of Flow (y)	0.352 m	Wetted Perimeter, P	1.65
Top Width 'T' of Flow line	1.35	R ² /3	0.358
Flow Velocity, V	2.56 m/s		
Discharge, Q	0.90 cms	<- OK	
Froude No., F	1.38		

Channel Bottom - stream direction stresses

Geoweb Thickness (mm)	100	0.100 m
Unit Weight of Infill (kN/cu.m)	18	

Anchor Stake Details

Length (mm)	600	Kp (Coefficient)	3.00		
Down-stream Spacing (mm)	508	1	Stake Resistance (kN)	0.75	
Cross-stream Spacing (mm)	950	2			
Shear Resistance tau,r,b		Stake Resist.	Total Resist.	Factor Safety (stakes)	Factor Safety (no stakes)
0.82	0.04	1.55	2.36	55.34	19.17

Channel Side Slopes - Entire slope

Side Slope Angle	45.00	Slope (xH:1V)	1.00
Slope Length (m)	0.64	Vert. Height (m)	0.45
Interface Friction (degrees)	32		
Cell Size (GW20V, GW30V or GW40V)	GW40V		
Web Thickness (mm)	100		
Infill Unit Weight (kN/cu.m)	23	Infill Wt (kN/m)	1.5
Infill type	Concrete		

Calculations

Anchor Stake Details

Max. Geoweb Length (m)	2.3		
Max. Downslope Spacing (mm)	2291		
Length (mm)	600		
Diameter or Width (mm)	12.7		
Down-stream Spacing (mm)	508	OK	1
Cross-stream Spacing (mm)	950		2

Factor of Safety	2.04	Shear, Stakes
Maximum Available F.S.	3.38	Anchored Geoweb
Tendon	6.70 kN	PET
Spacing in cells	0.287 m	1

Channel Side Slopes - resultant driving forces/highest resisting

Shear resistance	Driving Shear	Stake Resist.	Total Resist.	Factor Safety (stakes)	Factor Safety (no stakes)
0.73	1.09	1.55	2.28	2.10	0.67
				FS (Tendon) 7.98	

En el Cuadro N° 04 se recopila la información más importante de los análisis efectuados para este tipo de Sección Trapezoidal del Canal 1, en el cual se puede observar la densidad de accesorios a emplear.

Cuadro N° 04. Resumen de Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 1.

CAUDAL (m^3/s)	0.8928
GEOWEB	GW 40V4
LONGITUD DE LA ESTACA	0.60 m
ESPACIAMIENTO TRANSVERSAL (Celdas)	2
ESPACIAMIENTO LONGITUDINAL (Celdas)	1

4.1.2. Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 2)

En el Cuadro N° 05, se detallan los datos a emplear en la sección trapezoidal del Canal 2.

Cuadro N° 05. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 2.

TIPO DE CANAL	Trapezoidal
BASE (B)	0.60 m
ALTURA DEL CANAL (H)	0.40 m
TALUD (H:V)	1.25 : 1
COEFICIENTE DE MANING	0.014
PENDIENTE LONGITUDINAL (S%)	0.2 %

Estimamos el caudal de tránsito por esta sección trapezoidal mediante el empleo del software de ingeniería *H-Canales* (consideramos un borde libre de 10 cm y un acabado con badilejo metálico)

Datos:	
Tirante (y):	<input type="text" value="0.30"/> m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.60"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="1.25"/>
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/> m/m

Resultados:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.3060"/> m ³ /s	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.0462"/> m/s
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2325"/> m ²	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.5605"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1874"/> m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1.3500"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.7176"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3558"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Fuente: Propia.

Figura N° 70. *H-Canales* / Sección Trapezoidal del Canal 2.

Se realiza el análisis para la estabilidad estática del sistema Geoweb relleno con concreto como se muestra a continuación:

English or Metric (E or M)	M	Coefficient, Cm	Gravity
		1.00	9.806
Channel Lining System			
Invert:	GW with mortar		
Sides:	GW with mortar		
Maximum Discharge	0.03 m ³ /s		
Bed Slope	0.20 %		
Manning's n	GW with mortar		
Invert	0.014		
Side Slopes	0.014		
Trial Channel Dimensions			
Base Width 'b'	0.60 m	Flow Area, A	0.06
Side Slope (xH:1V)	1.25	Hydraulic Radius, R	0.066
Depth of Flow (y)	0.081 m	Wetted Perimeter, P	0.86
Top Width 'T' of Flow line	0.80	R ^{2/3}	0.163
Flow Velocity, V	0.52 m/s		
Discharge, Q	0.03 cms	<- Ok!	
Froude No., F	0.59		

Channel Bottom - stream direction stresses

Geoweb Thickness (mm)	75	0.075 m
Unit Weight of Infill (kN/cu.m)	18	

Anchor Stake Details

Length (mm)	300	Kp (Coefficient)	3.00						
Down-stream Spacing (mm)	1280	4	Stake Resistance (kN)	0.31					
Cross-stream Spacing (mm)	1148	4							
Shear Resistance tau,r,b	0.61	Stake Resist.	0.21	Total Resist.	0.83	Factor Safety (stakes)	293.91	Factor Safety (no stakes)	218.00

Channel Side Slopes - Entire slope

Side Slope Angle	38.66	Slope (xH:1V)	1.25
Slope Length (m)	0.64	Vert. Height (m)	0.40
Interface Friction (degrees)	32		
Cell Size (GW20V, GW30V or GW40V)	GW30V		
Web Thickness (mm)	75		
Infill Unit Weight (kN/cu.m)	23	Infill Wt (kN/m)	1.1
Infill type	Concrete		

Calculations

Anchor Stake Details

Max. Geoweb Length (m)	7.1		
Max. Downslope Spacing (mm)	7054		
Length (mm)	300		
Diameter or Width (mm)	12.7		
Down-stream Spacing (mm)	1280	OK	4
Cross-stream Spacing (mm)	1148		4
Factor of Safety	1.14	Shear,Stakes	
Maximum Available F.S.	3.55	Anchored Geoweb	
Tendon	6.70 kN	PET	
Spacing in cells	1.28 m	4	

Channel Side Slopes - resultant driving forces/highest resisting

Shear resistance	0.94	Driving Shear	0.98	Stake Resist.	0.21	Total Resist.	1.15	Factor Safety (stakes)	1.17	Factor Safety (no stakes)	0.95
								FS (Tendon)	2.76		

En el Cuadro N° 06 se recopila la información más importante de los análisis efectuados para este tipo de Sección Trapezoidal del Canal 2, en el cual se puede observar la densidad de accesorios a emplear.

Cuadro N° 06. Resumen del Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 2.

CAUDAL (m^3/s)	0.3060
GEOWEB	GW 30V3
LONGITUD DE LA ESTACA	0.30 m
ESPACIAMIENTO TRANSVERSAL (Celdas)	4
ESPACIAMIENTO LONGITUDINAL (Celdas)	4
TENDON POLIESTER	TP-67

4.1.3. Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 3)

En el Cuadro N° 07 se detallan los datos a emplear en la sección trapezoidal del Canal 3.

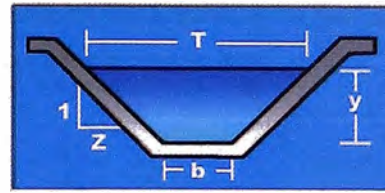
Cuadro N° 07. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 3.

TIPO DE CANAL	Trapezoidal
BASE (B)	2.90 m
ALTURA DEL CANAL (H)	1.00 m
TALUD (H:V)	1 : 1
COEFICIENTE DE MANING	0.014
PENDIENTE LONGITUDINAL (S%)	0.3 %

Estimamos el caudal de tránsito por esta sección trapezoidal mediante el empleo del software de ingeniería *H-Canales* (consideramos un borde libre de 30 cm y un acabado con rastrillado)

Datos:

Tirante (y):	<input type="text" value="0.70"/>	m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="2.9"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.022"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.003"/>	m/m



Resultados:

Caudal (Q):	<input type="text" value="4.0383"/>	m ³ /s	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.6025"/>	m/s
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="2.5200"/>	m ²	Perímetro (p):	<input type="text" value="4.8799"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.5164"/>	m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="4.3000"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.6683"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.6309"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Figura N° 71. H-Canales / Sección Trapezoidal del Canal 3.

Se realiza el análisis para la estabilidad estática del sistema Geoweb relleno con concreto como se muestra a continuación:

English or Metric (E or M)	M	Coefficient, Cm	Gravity
		1.00	9.806
Channel Lining System			
Invert:	GW with mortar		
Sides:	GW with mortar		
Maximum Discharge	4.04 m ³ /s		
Bed Slope	0.30 %		
Manning's n	GW with mortar		
Invert	0.022		
Side Slopes	0.022		
Trial Channel Dimensions			
Base Width 'b'	2.90 m	Flow Area, A	2.52
Side Slope (xH:1V)	1.00	Hydraulic Radius, R	0.516
Depth of Flow (y)	0.700 m	Wetted Perimeter, P	4.88
Top Width 'T' of Flow line	4.30	R ² /3	0.644
Flow Velocity, V	1.60 m/s		
Discharge, Q	4.04 cms	<- OK!	
Froude No., F	0.61		
Channel Bottom - stream direction stresses			
Geoweb Thickness (mm)	75	0.075 m	
Unit Weight of Infill (kN/cu.m)	18		
Anchor Stake Details			
Length (mm)	500	Kp (Coefficient)	3.00
Down-stream Spacing (mm)	2540	Stake Resistance (kN)	0.62
Cross-stream Spacing (mm)	1426		
Shear Resistance tau,r,b	Shear stress tau,d	Stake Resist.	Total Resist.
0.61	0.02	0.17	0.79
		Factor Safety (stakes)	Factor Safety (no stakes)
		35.04	27.37

Channel Side Slopes - Entire slope

Side Slope Angle	45.00	Slope (xH:1V)	1.00
Slope Length (m)	1.42	Vert. Height (m)	1.00
Interface Friction (degrees)	32		
Cell Size (GW20V, GW30V or GW40V)	GW40V		
Web Thickness (mm)	75		
Infill Unit Weight (kN/cu.m)	23	Infill Wt (kN/m)	2.4
Infill type	Concrete		

Calculations

Anchor Stake Details

Max. Geoweb Length (m)	2.3		
Max. Downslope Spacing (mm)	2291		
Length (mm)	500		
Diameter or Width (mm)	12.7		
Down-stream Spacing (mm)	2540	OK	5
Cross-stream Spacing (mm)	1426		3
Factor of Safety	0.77	Shear,Stakes	
Maximum Available F.S.	1.37	Anchored Geoweb	
Tendon	9.30	kN	PET
Spacing in cells	2.54	m	5

Channel Side Slopes - resultant driving forces/highest resisting

Shear resistance	Driving Shear	Stake Resist.	Total Resist.	Factor Safety (stakes)	Factor Safety (no stakes)
0.59	0.86	0.17	0.76	0.89	0.69
				FS (Tendon)	
				2.14	

En el Cuadro N° 08 se recopila la información más importante de los análisis efectuados para este tipo de sección trapezoidal del Canal 3, en el cual se puede observar la densidad de accesorios a emplear.

Cuadro N° 08. Resumen del Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 3.

CAUDAL (m ³ /s)	4.0383
GEOWEB	GW 40V3
LONGITUD DE LA ESTACA	0.50 m
ESPACIAMIENTO TRANSVERSAL (Celdas)	3
ESPACIAMIENTO LONGITUDINAL (Celdas)	5
TENDON POLIESTER	TP-93

4.1.4. Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 4)

En el Cuadro N° 09 se detalla los datos a emplear en la sección trapezoidal del Canal 4.

Cuadro N° 09. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 4.

TIPO DE CANAL	Trapezoidal
BASE (B)	0.80 m
ALTURA DEL CANAL (H)	1.20 m
TALUD (H:V)	1 : 1
COEFICIENTE DE MANING	0.014
PENDIENTE LONGITUDINAL (S%)	1 %

Estimamos el caudal de tránsito por esta sección trapezoidal mediante el empleo del software de ingeniería *H-Canales* (consideramos un borde libre de 20 cm y un acabado con rastrillado)

Datos:

Tirante (y): m

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Coefficiente de rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Resultados:

Caudal (Q): <input type="text" value="8.0571"/> m ³ /s	Velocidad (v): <input type="text" value="4.4762"/> m/s
Area hidráulica (A): <input type="text" value="1.8000"/> m ²	Perímetro (p): <input type="text" value="3.6284"/> m
Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.4961"/> m	Espejo de agua (T): <input type="text" value="2.8000"/> m
Número de Froude (F): <input type="text" value="1.7824"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="2.0212"/> m·Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>	

Fuente: Propia.

Figura N° 72. H-Canales / Sección Trapezoidal del Canal 4.

Se realiza el análisis para la estabilidad estática del sistema Geoweb relleno con concreto como se muestra a continuación:

English or Metric (E or M)	M	Coefficient, Cm	Gravity
		1.00	9.806
Channel Lining System			
Invert:	GW with mortar		
Sides:	GW with mortar		
Maximum Discharge	8.06	m ³ /s	
Bed Slope	1.00	%	
Manning's n	GW with mortar		
Invert	0.014		
Side Slopes	0.014		

Trial Channel Dimensions

Base Width 'b'	0.80	m	Flow Area, A	1.80
Side Slope (xH:1V)	1.00		Hydraulic Radius, R	0.496
Depth of Flow (y)	1.000	m	Wetted Perimeter, P	3.63
Top Width 'T' of Flow line	2.80		R ^{2/3}	0.627
Flow Velocity, V	4.48	m/s		
Discharge, Q	8.06	cms	<- Ok!	
Froude No., F	1.43			

Channel Bottom - stream direction stresses

Geoweb Thickness (mm)	100	0.100 m
Unit Weight of Infill (kN/cu.m)	18	

Anchor Stake Details

Length (mm)	450	Kp (Coefficient)	3.00								
Down-stream Spacing (mm)	1280	4	Stake Resistance (kN)	0.50							
Cross-stream Spacing (mm)	1148	4									
Shear Resistance tau,r,b	0.82	Shear stress tau,d	0.11	Stake Resist.	0.34	Total Resist.	1.16	Factor Safety (stakes)	10.93	Factor Safety (no stakes)	7.70

Channel Side Slopes - Entire slope

Side Slope Angle	45.00	Slope (xH:1V)	1.00
Slope Length (m)	1.42	Vert. Height (m)	1.00
Interface Friction (degrees)	32		
Cell Size (GW20V, GW30V or GW40V)	GW30V		
Web Thickness (mm)	75		
Infill Unit Weight (kN/cu.m)	23	Infill Wt (kN/m)	2.4
Infill type	Concrete		

Calculations

Anchor Stake Details

Max. Geoweb Length (m)	3.6		
Max. Downslope Spacing (mm)	3637		
Length (mm)	450		
Diameter or Width (mm)	12.7		
Down-stream Spacing (mm)	1280	OK	4
Cross-stream Spacing (mm)	1148		4

Factor of Safety	1.11	Shear, Stakes
Maximum Available F.S.	2.08	Anchored Geoweb
Tendon	6.70 kN	PET
Spacing in cells	1.28 m	4

Channel Side Slopes - resultant driving forces/highest resisting

Shear resistance	Driving Shear	Stake Resist.	Total Resist.	Factor Safety (stakes)	Factor Safety (no stakes)
0.58	0.93	0.37	0.95	1.02 FS (Tendon) 2.58	0.62

En el Cuadro N° 10 se recopila la información más importante de los análisis efectuados para este tipo de sección trapezoidal del Canal 4, en el cual se puede observar la densidad de accesorios a emplear.

Cuadro N° 10. Resumen del Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 4.

CAUDAL (m ³ /s)	8.0571
GEOWEB	GW 30V4
LONGITUD DE LA ESTACA	0.45 m
ESPACIAMIENTO TRANSVERSAL (Celdas)	4
ESPACIAMIENTO LONGITUDINAL (Celdas)	4
TENDON POLIESTER	TP-67

4.1.5. Canal Losa Flexible Sistema Geoweb (Sección 5)

En el Cuadro N° 11 se detalla los datos a emplear en la sección trapezoidal del Canal 5.

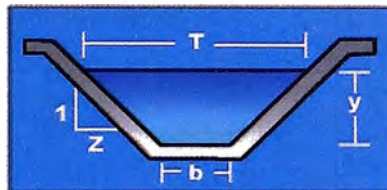
Cuadro N° 11. Modelamiento de la Sección Trapezoidal del Canal 5.

TIPO DE CANAL	Trapezoidal
BASE (B)	1.1 m
ALTURA DEL CANAL (H)	1.2 m
TALUD (H:V)	0.67 : 1
COEFICIENTE DE MANING	0.022
PENDIENTE LONGITUDINAL (S%)	0.5 %

Estimamos el caudal de tránsito por esta sección trapezoidal mediante el empleo del software de ingeniería *H-Canales* (consideramos un borde libre de 30 cm y un acabado con rastrillado)

Datos:

Tirante (y):	<input type="text" value="0.9"/>	m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1.1"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="0.67"/>	
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.022"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.005"/>	m/m



Resultados:

Caudal (Q):	<input type="text" value="2.9745"/>	m ³ /s	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.9407"/>	m/s
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="1.5327"/>	m ²	Perímetro (p):	<input type="text" value="3.2667"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.4692"/>	m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="2.3060"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.7600"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.0920"/>	m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Fuente: Propia.

Figura N° 73. *H-Canales* / Sección Trapezoidal del Canal 5.

Se realiza el análisis para la estabilidad estática del sistema Geoweb relleno con concreto como se muestra a continuación:

English or Metric (E or M)	M	Coefficient, Cm	Gravity
		1.00	9.806
Channel Lining System			
Invert:	GW with mortar		
Sides:	GW with mortar		
Maximum Discharge	2.97 m ³ /s		
Bed Slope	0.50 %		
Manning's n	GW with mortar		
Invert	0.022		
Side Slopes	0.022		
Trial Channel Dimensions			
Base Width 'b'	1.10 m	Flow Area, A	1.53
Side Slope (xH:1V)	0.67	Hydraulic Radius, R	0.469
Depth of Flow (y)	0.900 m	Wetted Perimeter, P	3.27
Top Width 'T' of Flow line	2.31	R ^{2/3}	0.604
Flow Velocity, V	1.94 m/s		
Discharge, Q	2.97 cms	<- OK!	
Froude No., F	0.65		

Channel Bottom - stream direction stresses

Geoweb Thickness (mm)	75	0.075 m
Unit Weight of Infill (kN/cu.m)	18	

Anchor Stake Details

Length (mm)	300	Kp (Coefficient)	3.00		
Down-stream Spacing (mm)	1524	3	Stake Resistance (kN)	0.31	
Cross-stream Spacing (mm)	950	2			
Shear Resistance tau,r,b		Stake Resist.	Total Resist.	Factor Safety (stakes)	Factor Safety (no stakes)
0.61	Shear stress tau,d	0.22	0.83	17.61	13.01
	0.05				

Channel Side Slopes - Entire slope

Side Slope Angle	56.18	Slope (xH:1V)	0.67
Slope Length (m)	1.45	Vert. Height (m)	1.20
Interface Friction (degrees)	32		
Cell Size (GW20V, GW30V or GW40V)	GW40V		
Web Thickness (mm)	75		
Infill Unit Weight (kN/cu.m)	23	Infill Wt (kN/m)	2.5
Infill type	Concrete		

Calculations

Anchor Stake Details

Max. Geoweb Length (m)	1.3		
Max. Downslope Spacing (mm)	1258		
Length (mm)	300		
Diameter or Width (mm)	12.7		
Down-stream Spacing (mm)	1524	OK	3
Cross-stream Spacing (mm)	950		2
Factor of Safety	0.62	Shear,Stakes	
Maximum Available F.S.	1.12	Anchored Geoweb	
Tendon	6.70 kN	PET	
Spacing in cells	1.524 m	3	

Channel Side Slopes - resultant driving forces/highest resisting

Shear resistance	Driving Shear	Stake Resist.	Total Resist.	Factor Safety (stakes)	Factor Safety (no stakes)
0.45	0.98	0.22	0.66	0.68	0.46
				FS (Tendon)	1.99

En el Cuadro N° 12 se recopila la información más importante de los análisis efectuados para este tipo de sección trapezoidal del Canal 5, en el cual se puede observar la densidad de accesorios a emplear.

Cuadro N° 12. Resumen del Análisis de la Sección Trapezoidal del Canal 5.

CAUDAL (m^3/s)	2.9745
GEOWEB	GW 40V3
LONGITUD DE LA ESTACA	0.3 m
ESPACIAMIENTO TRANSVERSAL (Celdas)	2
ESPACIAMIENTO LONGITUDINAL (Celdas)	3
TENDON POLIESTER	TP-67

4.2. COSTO EN LOS DIFERENTES TIPOS DE SECCIONES DE CANALES DE LOSA FLEXIBLE

Se resaltan los datos más importantes del análisis de los diversos escenarios de losas flexibles, para proceder a comparar el costo de cada solución:

Cuadro N° 13. Resumen del análisis de Costos.

Canal N°	Caudal (m^3/s)	Tipo de Geoweb	Estaca (cm)	Espac. Transv (Celdas)	Espac. Longit. (Celdas)	Tipo Tendón	Costo US\$/m ²
1	0.8928	GW40V4	60	2	1	---	10.02
2	0.3060	GW30V3	30	4	4	TP-67	10.26
3	4.0383	GW40V3	50	3	5	TP-93	6.54
4	8.0571	GW30V4	45	4	4	TP-67	12.10
5	2.9745	GW40V3	30	2	3	TP-67	6.92

Nota: En todos los costos se consideró el costo del geotextil no tejido.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El sistema **Geoweb** se comporta como una losa flexible, ante posibles asentamientos, las celdas rellenas de concreto del sistema Geoweb se reacomodan, permitiendo adecuarse a los asentamientos sin que la estructura falle, prolongando la vida útil del canal.
- El sistema Geoweb está conformado por celdas de diferentes tamaños (Largo x Ancho), cuya finalidad es adecuarse a la sección geométrica del canal.
- La sección es el resultado de la unión de las celdas, lo que le permite ser modular y adecuarse a las curvas que vaya a tener longitudinalmente el canal. De ser necesario y/o por proceso constructivo se pueden cortar las celdas o unir las mediante el accesorio Atra Key para formar una nueva sección.
- La resistencia a largo plazo de las uniones, que ha sido debidamente ensayada, es fundamental en esta aplicación, debido a la importancia de que las celdas se mantengan unidas entre sí, soportando el peso del concreto en las paredes inclinadas del canal.
- El accesorio de unión de secciones Atra Key permite un mayor avance en obra, debido a que la sección de Geoweb viene de fábrica con el Slot (Ojo Chino) lo que permite un incremento en la instalación de 30% en comparación de las grapas metálicas que adicionalmente utilizaban un equipo compresor, lo que implicaba mayor costo tanto en materiales como en la ejecución.
- La perforación Slot (Ojo Chino) permite el paso libre de los tendones, evitando que estos estén sujetos a esfuerzos de corte, y permite la transmisión apropiada de las cargas hacia los elementos de restricción y anclaje. Por su ubicación en la parte central de las caras y en el centro de las uniones del Geoweb, no llega a debilitar la resistencia de las uniones a largo plazo.

- El Clip Atra es un accesorio de anclaje y restricción mediante los tendones y el nudo de Moore, adicional permite que las estacas de fierro corrugado no interactúen directamente con el sistema Geoweb, evitando que lo desgarran al momento de rellenar las celdas con concreto.
- El Sistema Geoweb se adecua a las curvatura de la sección Geométrica del canal, por ser flexible no presenta mayores inconvenientes para adecuarse a la forma de la curva.
- Las estacas transmiten las fuerzas desestabilizantes al terreno de apoyo, los tendones distribuyen adecuadamente las cargas y con el accesorio Clip Atra transfieren la carga y restringen las tensiones generadas por el concreto.
- El uso de la estructura de confinamiento geocelular **Geoweb**, texturado y perforado, relleno con concreto, permite dar la adecuada protección de los canales ante los diferentes tipos de problemáticas, que en sistemas convencionales serian perjudiciales.
- El sistema, al proporcionar una capa de cobertura sobre el talud natural, permite el adecuado control de la erosión causada por el flujo, evitando además posibles filtraciones que puedan generar asentamientos en el terreno.
- Está demostrado en campo que el empleo de la estructura de confinamiento Geoweb, permite obtener rendimientos de obra que van en el orden de los 600 - 800 m² diarios, con un cuadrilla de 8 personas que recién se familiarizan en la instalación de este sistema.
- Los vaciados de concreto se pueden efectuar de manera continua, sin necesidad de utilizar juntas de dilatación, esto aumenta el rendimiento de puesta en servicio del canal, puesto que ya no efectuamos vaciados parciales de paños en una losa convencional del canal.

5.2. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta que para la elaboración de la mezcla de concreto en zonas altas, es recomendable el uso de aditivo incorporador de aire, el cual proporcionará al concreto mayor durabilidad y performance ante los cambios bruscos de temperatura.
- Se recomienda el uso de estacas de fierro corrugadas rectas en conjunto con el accesorio Clip Atra para evitar el uso de las estacas en “J” puesto que el uso de este tipo de estacas actúa como una cuchilla y termina cortando las celdas cuando se rellenan con concreto. Además, este tipo de estacas dificulta el amarre de los tendones y al momento de ser hincadas pierden su alineamiento, por lo que la transferencia de carga es irregular. En consecuencia se termina sobre-esforzando la estructura en ciertos tramos, provocando la falla del canal.

BIBLIOGRAFIA

- Andex Del Norte S.A., “Información Técnica de Geosintéticos”, Lima, 2012.
- Bonillas Vargas, Luis Antonio, “Estudio de diseño de canales en zonas que presentan características geotécnicas críticas” Tesis para optar Título Profesional UNI-FIC, Lima 1995.
- Chow, Ven Te, “Hidráulica de Canales Abiertos”, McGraw Hill, Santafé de Bogotá, 1994.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento “Reglamento Nacional de Edificaciones”, Lima, MVCS, 2006.
- Página Web: <http://www.prestogeo.com/>

ANEXOS