

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE ANZOATEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**



“DESCRIPCION DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS”

REALIZADO POR:

ELIOSKA GALANTON M.

C.I. 15.360.002

LICCETT ROMERO M.

C.I. 15.417.403

**Trabajo de Grado presentada ante la Universidad de Oriente como
Requisito Parcial para optar al titulo de**

INGENIERO CIVIL

BARCELONA, MAYO 2007.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE ANZOATEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**



“DESCRIPCION DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS”

JURADO

**Prof. José Sosa
Asesor Académico**

**Prof. Haydee Lárez
Jurado Principal**

**Prof. Enrique Montejo
Jurado Principal**

BARCELONA, MAYO 2007.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE ANZOATEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**



“DESCRIPCION DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS”

**El jurado hace constar que asigno a esta monografía la calificación
de:**

**Prof. José Sosa
Asesor Académico**

**Prof. Haydee Lárez
Jurado Principal**

**Prof. Enrique Montejo
Jurado Principal**

BARCELONA, MAYO 2007.

RESOLUCION

De acuerdo al Artículo 57 del Reglamento de Trabajos de Grado:

“Para la aprobación definitiva de los Cursos Especiales de Grado, como modalidad Trabajo de Grado, será requisito parcial la entrega a un jurado calificador de una monografía en la cual se profundiza en uno o mas temas relacionados con el área de concentración”.

DEDICATORIA

En primer lugar a mi Dios todopoderoso y la Virgen Del Valle, por ser mi guía y llevarme de la mano en cada momento de mi vida, por darme la fuerza, salud y voluntad para seguir adelante alcanzando mis metas soñadas.

A mis padres **Oscar y Elina**, que me han sabido llevar por el buen camino, gracias por sus consejos, comprensión, tolerancia, paciencia, cariño, amor y sobre todo por brindarme su apoyo y estar presente cuando mas los he necesitado.

A mi hijo bello **José Elías**, por ser fuente de mi inspiración y para que este logro le sirva de ejemplo para que en un mañana pueda ser un hombre de bien.

A mis hermanos **Oscar José, Elina**, a los que quiero mucho, gracias por brindarme su apoyo, en especial a mi hermanita **Oscarina**, que aunque este en el cielo siempre te tengo presente; ustedes han sido pilar fundamental en el logro de esta meta, por sus consejos y ayuda.

A mi esposo **José Elías**, por ser mi amigo incondicional, estar presente en los buenos y sobre todo en los momentos más difíciles, gracias por entenderme, por tu ayuda, amor y sobre todo por tenerme paciencia.

A mis abuelitos **Ventura, Justa y Mencha**, por haberme dado lo mejor de ustedes.

Elioska Galantón

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, por regalarme una familia maravillosa.

A mis padres.

Que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí. Los adoro.

A mi hermana.

Porque simplemente mis logros sean un ejemplo de lo que se puede lograr con perseverancia y esfuerzo. Te quiero mucho.

A toda mi familia.

Especialmente a mis abuelos Inginia y pepe y a mi tío caraqueño, que aunque estén en el cielo se que siempre me estarán acompañando. Siempre estarán en mi corazón.

Liccett Romero

AGRADECIMIENTOS

A los profesores **Haideé Larez, Enrique Montejo**, en especial a **José Sosa**, por su asesoría crítica y objetiva durante el desarrollo de esta investigación.

A mis amigas **Mevi, Glenis, Josmary, Dayana, Maira y Elizbeth**, por haber estado conmigo a lo largo de mi carrera universitaria y por compartir momentos agradables.

A mi compañera de trabajo de grado **Licceth**, por compartir conmigo este trabajo y haber llevado a cabo esta meta.

A mis primas **Greisy y Marjorie**, por haber compartido parte de mi carrera y por haberme dedicado su tiempo.

A mis cuñados **Lucio, Zulema, Tomas, Irene y cesar**, por ser como unos hermanos y proporcionarme todo su apoyo y colaboración.

A mis suegros **Sr. José Elías, Sra. Elvia**, por ser como unos segundos padres para mí y por brindarme toda su confianza.

Elioska Galantón

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad de Oriente** y en especial a la **Escuela de Ingeniería Civil** que me dieron la oportunidad de formar parte de ellas.

A los profesores José Sosa, Haydee Lárez y Enrique Montejo, por su apoyo en esta última etapa de nuestra carrera.

A mis Amigos Yai, Mari, Darlyng, Melly, Grea, son las mejores amigas del mundo, y eso lo demuestra que al pasar de los años seguimos estando juntas en las buenas y malas, se que nunca lo digo pero las quiero muchísimo. A mis bebés Efrén, Cesar y Pedro, son simplemente irremplazables.

Les agradezco a todos ustedes haber llegado a mi vida y el compartir momentos felices y momentos tristes, los quiero mucho.

A Lore y Rosangela, porque los mejores momentos en la Universidad los compartí a su lado, gracias por soportarme amigas.

A Elioska, porque hicimos un buen equipo para llevar a cabo este trabajo. Suerte Mana.

Y gracias a todos los que de alguna forma formaron parte de este gran logro.

Liccett Romero

INDICE

RESOLUCION.....	iv
DEDICATORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
INDICE	ix
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN.....	12
OBJETIVOS	14
1.2 Objetivo General:	14
1.3 Objetivos Específicos:.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
MARCO TEORICO.....	17
2.1 Río.	17
2.2. Cuencas Hidrográficas.....	18
2.2.1 Elementos de la Cuenca.	18
2.2.2. Partes de una Cuenca Hidrográfica.	19
2.2.3. Tipos de Cuencas.	20
2.3. Inundación.	20
2.3.1 Causas de las Inundaciones.	20
2.3.1.1. Causas Naturales.	20
2.3.1.2. Causas No Naturales (Antropicas).....	21
2.3.1.3 Causas Mixtas.	22
2.3.2. Tipos de Inundaciones.	22
2.3.2.1. Por el tiempo de duración.	22
2.3.2.2 Según el origen que las genere.	23

2.3.2.3. Protección contra Inundaciones.....	24
DESARROLLO	30
3. 1. Clasificación de los Tipos de Defensas	30
3.1.1. Obras de Tipo Flexible	30
3.1.1.1 Muros de Gaviones:.....	30
3.1.1.1.1. Tipos de Gaviones:	33
3.1.1.1.2. Diseño de Muro de Gaviones	35
3.1.2. Obras de Tipo Rígido	36
3.1.2.1 Pantallas de Concreto Armado.	36
3.1.2.1.1. Propiedades de las Pantallas de Concreto Armado:	
.....	36
3.1.2.1.2. Tipos de Pantallas.....	37
3.1.2.1.3. Elementos de Soporte de Pantallas	40
3.1.2.2. Dique:	42
3.1.2.2.1. Diques Artificiales:.....	42
3.1.2.2.2. Diques Naturales:.....	43
3.1.2.3 Muros de Concreto Armado:.....	43
3.1.2.4 Muros de Mampostería:	44
3.1.2.4.1. Tipos de Muros de Mampostería:.....	45
3.1.2.4.2. Pasos en la Construcción de Muros de Mampostería:	
.....	46
3.2. Indicar a que Distancia se Deben Colocar estas Protecciones..	47
3.3. Materiales a utilizar para los diferentes tipos de defensas	
riberañas.	49
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	66

RESUMEN

Este trabajo esta referido a las defensas ribereñas, las cuales son estructuras situadas en los márgenes de los ríos para proteger a las poblaciones costeras cercanas que albergan, y a estructuras existentes al riesgo hídrico. En lo que respecta a las defensas se realizo una descripción de los diferentes tipos que según su clasificación pueden ser flexibles y rígidos. Se menciona los materiales que se deben utilizar para la construcción de dichas protecciones y para determinar la distancia a la cual se deben colocar estas defensas se tomaron en cuenta ciertas consideraciones. Y por ultimo se hizo una aplicación practica relaciona con el tema, realizándose en la cuenca baja del río Neverí, para ello hicimos un recorrido a lo largo del río, para luego emitir los respectivos comentarios, conclusiones y/o recomendaciones de la situación actual que presenta este afluente.

INTRODUCCIÓN

A través de los tiempos, los seres humanos se han ubicado en las cercanías de los ríos, por lo que se hace necesario la construcción de defensas, las cuales son estructuras creadas para prevenir inundaciones, causadas por los desbordamientos de caudales en épocas de lluvia, y así poder proteger tanto a los habitantes como a las infraestructuras que se encuentran en el riesgo hídrico.

Debido a la problemática que presentan las inundaciones, se deben colocar protecciones en las márgenes de los ríos. Para poder diseñar estas protecciones, primero se deben realizar ciertos estudios preliminares como son: análisis hidrológico, morfológico, topográfico y estudio de la situación actual, para que estas puedan cumplir con eficiencia su objetivo y a su vez su vida útil, y poder así estimar su altura y la distancia a la que se deben colocar.

Es importante determinar que tipo de defensa se va a utilizar, de acuerdo a las condiciones hidráulicas y a la naturaleza del terreno, disponibilidad de los materiales y el tipo de uso que se da a las áreas aledañas, ya que en áreas rurales se usan diques de tierra, mientras que en las áreas urbanas se utilizan diques de hormigón.

El río Neverí constituye un cuerpo de agua muy importante en la región Nor-Oriental del país, donde se han registrado varias inundaciones en la parte baja y plana de la cuenca; como las ocurridas en Julio de 1970 y Agosto de 1999, razón por la cual se han colocados defensas a ciertos tramos a lo largo del río.

Dada la importancia que representa la cuenca del río Neverí, para el Estado Anzoátegui y en vista de todo lo expuesto anteriormente, se considera necesario instar a las autoridades competentes para la construcción de defensas ribereñas, sobre todo en la parte de la cuenca baja del este río que es donde se han producido inundaciones, lo que han provocado pérdidas tanto humanas como en la economía de la región.

OBJETIVOS

1.2 Objetivo General:

Describir los tipos de defensas que se deben utilizar para proteger estructuras cercanas al río.

1.3 Objetivos Específicos:

- ✓ Identificar los tipos de defensas.
- ✓ Señalar los materiales adecuados a utilizar en los diferentes tipos de defensas.
- ✓ Indicar a que distancia se deben colocar estas protecciones.
- ✓ Nombrar una aplicación práctica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los ríos de Venezuela son muy caudalosos, uno de los más importantes es el Río Neverí, localizado en el este del país, en los estados Anzoátegui y Sucre. Es considerado uno de los principales reservorios de agua en la zona Nororiental del país, ya que abastece con agua potable diariamente a Barcelona, Puerto La Cruz y Guanta, además de suministrar agua cruda al complejo petrolero y petroquímico Jose.

En épocas de invierno aumenta su caudal debido a las precipitaciones abundantes que pueden causar desbordamientos del mismo, provocando daños a las poblaciones que habitan cerca de los alrededores del río, ésta situación trae consecuencias socio económicas en la medida que afectan centros de producción agrícola o industrial y a las estructuras sometidas al riesgo hídrico como vías o edificaciones, por esta razón, para preservarlas, se hace necesario la construcción de defensas para el control de sus aguas, que brinden protección o reduzcan los riesgos de inundación, especialmente en la ciudad de Barcelona.

El tipo de defensa a utilizar depende de la ubicación del área aledaña, si es una zona rural o urbana. Es importante destacar que antes de realizar el diseño de dichas protecciones se deben hacer una serie de estudios preliminares como el hidrológico, para determinar los caudales de diseño y poder estimar hasta donde podría subir el nivel del agua y el alcance de esta, así se podrá definir a que distancia se tienen que colocar las defensas.

Estas defensas tienen por objeto la protección de las orillas contra los procesos de erosión de sus márgenes, originada por la excesiva velocidad

del agua, y mantener el curso de los ríos. Deben ser construidas de tal manera que puedan soportar las condiciones ambientales, los efectos del oleaje y la corrosión, tomando en cuenta la buena utilización de materiales que cumplan con las propiedades de impermeabilidad y durabilidad a la intemperie, aislamiento térmico y que presente resistencia al fuego. Además estos materiales se deben integrar al resto de los componentes para proporcionar estética a la construcción.

Dada la importancia que representa la cuenca del Río Neverí y su riesgo de inundación a las poblaciones adyacentes, se considera importante la realización de análisis para los diferentes tipos de defensas, con el fin de indicar los materiales adecuados a utilizar, así como las especificaciones para su construcción.

MARCO TEORICO

2.1 Río.

Es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura.

Las variaciones de caudal lo define el régimen hidrológico, estas variaciones temporales se dan durante o después de las tormentas. En casos extremos se puede producir la crecida cuando el aporte de agua es mayor que la capacidad del río para evacuarla, desbordándose y cubriendo las zonas llanas próximas. El agua que circula bajo tierra (caudal basal) tarda mucho más en alimentar el caudal del río y puede llegar a él en días, semanas o meses después de la lluvia que generó la escorrentía.

Los desbordamientos en los tramos bajos de las corrientes naturales donde la pendiente del cauce es pequeña y la capacidad de transporte de sedimentos es reducida, puede provocar inundaciones, las cuales pueden traer consecuencias socioeconómicas graves en la medida que afecten asentamientos humanos, centros de producción agrícola o industrial e infraestructura vial.

Para controlar el nivel máximo dentro de la llanura de inundación, se deben colocar protecciones, entre las alternativas de obras de defensas fluviales se puede mencionar: Limpieza y rectificación del cauce, obras de canalización, obras de abovedamiento, entre otras.

2.2. Cuencas Hidrográficas.

Es la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica se define por la sección del río al cual se hace referencia y es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada «divisor de aguas» o «divisoria de aguas», a partir de la sección de referencia. En la medida en que se avanza hacia aguas abajo, la superficie de la cuenca va aumentando.

2.2.1 Elementos de la Cuenca.

El Río Principal

El río principal actúa como el único colector de las aguas. A menudo la elección del río principal es arbitraria, pues se pueden seguir distintos criterios para su elección (el curso fluvial más largo, el de mayor caudal medio, el de mayor caudal máximo, el de mayor superficie de cuenca, etc.).

Los Afluentes

Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca

El Relieve de la Cuenca

El relieve de la cuenca es variado. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas, valles y mesetas.

Las Obras Humanas

Las obras construidas por el hombre, también denominadas intervenciones antrópicas, que se observan en la cuenca suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo y vías de comunicación. El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se sobreexplota la cuenca quitándole recursos o «desnudándola» de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas.

2.2.2. Partes de una Cuenca Hidrográfica.

Cuenca Alta

Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual predomina el fenómeno de la socavación. Es decir que hay aportación de material terreo hacia las partes bajas de la cuenca, visiblemente se ven trazas de erosión.

Cuenca Media

Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual mediamente hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.

Cuenca Baja

Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual el material extraído de la parte alta se deposita.

2.2.3. Tipos de Cuencas.

Existen tres tipos de cuencas hidrográficas:

- **Exorreicas:** avanan sus aguas al mar o al océano.
- **Endorreicas:** desembocan en lagos o lagunas, siempre dentro del continente.
- **Arreicas:** las aguas se evaporan o se filtran en el terreno. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta central patagónica pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia.

2.3. Inundación.

Es la ocupación por el agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas. Se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río, lago u otro. En cierta medida, las inundaciones pueden ser eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los causes de los ríos.

2.3.1 Causas de las Inundaciones.

2.3.1.1. Causas Naturales.

- **Meteorológicas:**

Las grandes lluvias son la causa natural principal de inundaciones, pero además hay otros factores importantes, entre ellos se encuentran:

Exceso de precipitación:

Los temporales de lluvias son el origen principal de las avenidas. Cuando el terreno no puede absorber o almacenar toda el agua que cae esta resbala por la superficie (escorrentía) y sube el nivel de los ríos.

- **No Meteorológicas:**

Invasión del mar, Deshielo (No es común en Centroamérica).

2.3.1.2. Causas No Naturales (Antropicas).

- Rotura de presas.

Cuando se rompe una presa toda el agua almacenada en el embalse es liberada bruscamente y se forman grandes inundaciones muy peligrosas.

- Actividades humanas.

Los efectos de las inundaciones se ven agravados por algunas actividades humanas como por ejemplo:

- Al asfaltar cada vez mayores superficies se impermeabiliza el suelo, lo que impide que el agua se absorba por la tierra y facilita el que con gran rapidez las aguas lleguen a los cauces de los ríos a través de desagües y cunetas.
- Las canalizaciones solucionan los problemas de inundación en algunos tramos del río pero los agravan en otros a los que el agua llega mucho más rápidamente.

- La ocupación de los cauces por construcciones reduce la sección útil para evacuar el agua y reduce la capacidad de la llanura de inundación del río. La consecuencia es que las aguas suben a un nivel más alto y que llega mayor cantidad de agua a los siguientes tramos del río, porque no ha podido ser embalsada por la llanura de inundación, provocando mayores desbordamientos.

2.3.1.3 Causas Mixtas.

En algunas ocasiones puede producirse una inundación por la rotura de una obra hidráulica, por causas meteorológicas.

2.3.2. Tipos de Inundaciones.

Las inundaciones pueden clasificarse de acuerdo con:

2.3.2.1. Por el tiempo de duración.

Estas pueden ser:

a. Inundaciones muy rápidas producidas por lluvias de intensidad muy fuerte (superior a 180 mm/h) pero muy cortas (menos de 1 hora).

La cantidad de lluvia totalizada no supera los 80 mm. Usualmente producen inundaciones locales en las ciudades y pueblos (inundaciones de plazas, garajes, sótanos, etc., debido a problemas de drenaje) o en

pequeñas cuencas con mucha pendiente, produciéndose las llamadas inundaciones súbitas.

b. Las inundaciones producidas por lluvia de intensidad fuerte o moderada (superior a 60 mm/h) y duración inferior a 72 horas.

Cuando estas lluvias afectan a ríos con mucha pendiente o con mucho transporte sólido, las inundaciones pueden ser catastróficas. Es posible distinguir entre dos categorías:

- Inundaciones catastróficas producidas por lluvias de fuerte intensidad durante dos o tres horas, y una duración total del episodio inferior a 24 horas.
- Las inundaciones catastróficas producidas por lluvias de intensidad fuerte y moderada durante dos o tres días.

2.3.2.2 Según el origen que las genere.

- **Pluviales (Por Exceso de lluvia).**

Ocurren cuando el agua de lluvia satura la capacidad del terreno y no puede ser drenada, acumulándose por horas o días sobre el terreno.

Fluviales (Por Desbordamiento de Ríos).

La causa de los desbordamientos de los ríos y los arroyos hay que atribuirla en primera instancia a un excedente de agua, igual que la sequía se atribuye al efecto contrario, la carencia de recursos hídricos. El aumento brusco del volumen de agua que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse produce lo que se denomina

como avenida o riada. Una avenida es el paso por tramos de un río, de caudales superiores a los normales, que dan lugar a elevaciones de los niveles de agua.

2.3.2.3. Protección contra Inundaciones

La protección contra las inundaciones incluye, tanto las medidas estructurales, como las no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación.

- **Las Medidas Estructurales:** Incluyen las represas y reservorios, modificaciones a los canales de los ríos, diques y riberos, depresiones para desbordamiento, cauces de alivio y obras de drenaje. Para controlar las inundaciones, en riberos y mejoramiento al canal, incrementan la capacidad del río, aumentan su velocidad de flujo, o logran los dos efectos, simultáneamente. Las modificaciones al canal que se pueden realizar son: dragarlo para que sea más ancho o profundo, limpiar la vegetación u otros residuos, emparejar el lecho o las paredes, o enderezarlo; todo esto ayuda a aumentar la velocidad del agua que pasa por el sistema, e impedir las inundaciones. Al enderezar el canal, eliminando los meandros, se reduce el riesgo de que el agua rompa la orilla del río en la parte exterior de las curvas, donde la corriente es más rápida y el nivel es más alto.

- **Las Medidas No Estructurales:** Consiste en el control del uso de los terrenos aluviales mediante zonificación, los reglamentos para su uso, las ordenanzas sanitarias y de construcción, y la reglamentación del uso de la tierra de las cuencas hidrográficas. Las medidas no estructurales para

controlar las inundaciones, tienen el objetivo de prohibir o regular el desarrollo de la zona aluvial, o la cuenca hidrográfica, o proteger las estructuras existentes, a fin de reducir la posibilidad de que sufran pérdidas debido a la inundación. Al igual que toda medida preventiva, son menos costosas que el tratamiento (es decir, la instalación de las medidas estructurales necesarias para controlar las inundaciones). Esencialmente, las medidas no estructurales son beneficiosas, porque no tratan de regular el modelo natural de inundación del río. La filosofía actual de muchos planificadores y fomentadores de políticas, es que es mejor mantener los terrenos aluviales sin desarrollo, como áreas naturales de desbordamiento. Sin embargo, si existe desarrollo en la zona aluvial, se deberá utilizar control no estructural, conjuntamente con las medidas estructurales. Las medidas no estructurales pueden ser efectivas en el grado en que el gobierno sea capaz de diseñar e implementar el uso adecuado del terreno.

Defensas Ribereñas.

Son estructuras construidas para proteger las áreas aledañas a los ríos, contra los procesos de erosión de sus márgenes producto de la excesiva velocidad del agua, que tiende a arrastrar el material ribereño y el socavación que ejerce el río, debido al régimen de precipitaciones abundantes sobre todo en época de invierno, ya que son causantes de la desestabilización del talud inferior y de la plataforma de la carretera. Estas obras se colocan en puntos localizados, especialmente para proteger algunas poblaciones y, singularmente, las vías de comunicación, estas pueden ser efectivas para el área particular que se va a defender, pero cambian el régimen natural del flujo y tienen efectos sobre áreas aledañas, los cuales deben ser analizados antes de construir las obras.

Para llevar a cabo un proyecto de defensas fluviales es fundamental contar con una serie de información preliminar o antecedentes que permitan diagnosticar el problema que se quiere solucionar; como: hidrológicos, topográficos y geomorfológicos. Así también se requerirá antecedentes sobre inundaciones anteriores, daños provocados, zonas afectadas, etc.

a) Antecedentes Hidrológicos: Se debe contar con un estudio hidrológico del río, con el fin de determinar los caudales de diseño, que definirán el dimensionamiento apropiado de las obras. El estudio hidrológico tiene por objeto obtener el mejor ajuste, con los datos existentes a esa fecha a través las funciones de distribución más aceptadas que permitan conocer el margen de error disponible de cada uno con el objeto último de brindar una herramienta a los tomadores de decisión. Los estudios hidrológicos analizan alturas del pelo de agua y del caudal de paso son elementos básicos para la determinación de las dimensiones y sitio de traza más óptimos para diseñar defensas costeras en áreas de riesgo hídrico.

b) Antecedentes Topográficos y Geomorfológicos: Para esto se requiere de estudios realizados de levantamiento aerofotogramétrico y planos topográficos. El estudio geomorfológico caracteriza el suelo y determina su composición, granulometría y grado de compactación. Este estudio junto con el

hidrológico, permitirá determinar los principales parámetros de escurrimiento, velocidad y niveles, para los diferentes caudales.

c) Áreas de Inundación: Las verificaciones hidráulicas teóricas, permiten realizar el pronóstico de los ejes hidráulicos bajo diferentes condiciones de caudales. Se deberá delimitar las posibles áreas de inundación en el sector de interés, asociando los períodos de recurrencia de los eventos señalados en el análisis hidrológicos con las probabilidades de ocurrencia de éstos.

d) Diagnóstico: Basado en los antecedentes recopilados en la etapa anterior, se deberá realizar un acabado diagnóstico de las condiciones actuales del cauce, describiendo el origen del problema que se desea solucionar.

e) Optimización de la Situación Actual: Esta corresponde a pequeñas inversiones o trabajos que eventualmente podrían mejorar la situación actual o sin proyecto. En general, obras de limpieza y rectificación de cauces pueden constituir un mejoramiento de la situación actual.

f) Alternativas de Proyectos: En función de los daños que se pretende evitar, se debe plantear la mayor cantidad de alternativas técnicas que den solución al problema. Se plantean soluciones para eliminar los puntos de estrechamiento de cauces, regularización de riberas para mejorar su rugosidad, ampliación general del lecho, construcción de defensas en sectores externos al cauce con el fin de limitar las zonas de inundación, canalización, revestimiento de cauces, dar un nuevo trazado al cauce para dar

descarga en otros sectores posibilitando deprimir el eje hidráulico, etc.

g) Preselección de Alternativas: En general, corresponde en esta etapa utilizar criterios técnicos que restrinjan la materialización física de algunas alternativas. La construcción de defensas costeras es una estrategia recurrente para la protección de obras civiles, bienes e infraestructura de servicios en áreas de riesgo hídrico, sin embargo toda defensa en sí misma encierra una paradoja dado que al incrementar la altura del terraplén se protege una mayor superficie, aunque ante un eventual colapso la destrucción es proporcional a su altura. Definir la altura más adecuada para una defensa costera puede resultar incompleta, si solo se contemplan los componentes técnicos, físicos y de materiales de la obra. Un aspecto relevante y significativo es el relacionado al ámbito de protección de la estructura en términos productivos.

Las obras de defensa ribereña estarán sometidas a diferentes efectos en mayor o menor grado según se presenten las condiciones hidráulicas y la naturaleza del terreno de fundación. Estos efectos son:

- Deformabilidad y resistencia de la fundación.
- Posibilidad de la socavación de la base.
- Estabilidad.
- Efecto abrasivo por transporte de material de fondo.
- Empuje de tierras detrás de la estructura.

Por otra parte, las obras además de ser eficientes, deben ser económicas, para lo cual se considera los siguientes factores:

- Disponibilidad y costo de materiales de construcción.
- Costo de construcción
- Costo de mantenimiento.
- Durabilidad de las obras.
- Condiciones constructivas.
- Correspondencia con obras colindantes.

La forma y el material empleado en su construcción varía, fundamentalmente en función de:

- Los materiales disponibles localmente.
- El tipo de uso que se da a las áreas aledañas. Generalmente en áreas rurales se usan diques de tierra, mientras que en las áreas urbanas se utilizan diques de hormigón.

DESARROLLO

Las Defensas Ribereñas son estructuras que se colocan en las márgenes de los ríos para evitar desbordamientos. Estas obras se pueden clasificar según el sitio donde se van a construir ya sean en zonas rurales o en zonas urbanas.

3. 1. Clasificación de los Tipos de Defensas

Entre los tipos de obras que se han seleccionado, se tienen los de tipo flexible y los de tipo rígido.

3.1.1. Obras de Tipo Flexible

Cuando los suelos ofrecen importantes deformaciones:

3.1.1.1 Muros de Gaviones:

Son paralelepípedos rectangulares contruidos a base de un tejido de alambre de acero, el cual lleva tratamientos especiales de protección como la galvanización y la plastificación.

Se colocan a pie de obra desarmados y luego es relleno de piedra de canto rodado o piedra chancada con determinado tamaño y peso específico, este material permite emplear sistemas constructivos sencillos, flexibles, versátiles, económicos y que puedan integrarse al paisaje circundante. Los muros en gaviones representan una solución extremadamente válida desde el punto de vista técnico para construir muros de contención en cualquier

ambiente, clima y estación. Tales estructuras son eficientes, no necesitando mano de obra especializada o medios mecánicos particulares, a menudo las piedras para el relleno se encuentran en las cercanías. Tienen la ventaja de tolerar grandes deformaciones sin perder resistencia.

Esta disposición forma una malla de abertura hexagonal unida por triple torsión para formar un espacio rellenable de manera que cualquier rotura puntual del alambre no desteja la malla. El enrejado hace que las piedras se deslicen entre la misma y el terreno, impidiendo una caída brusca, o simplemente que queden sujetas sin deslizarse. En la Fig. 1 se muestran las características de la malla.

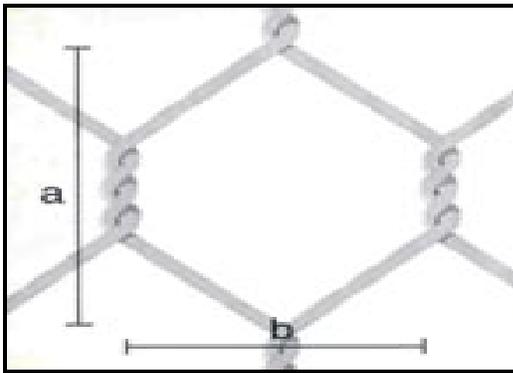


Fig. 1 Abertura Hexagonal del Alambre.

Principales características de las estructuras de gavión:

- Flexibilidad
- Permeabilidad
- Versatilidad
- Economía
- Estética.

Los Muros de Gaviones tienen diferentes usos, entre ellos tenemos:

- **Muros de Contención:** Los muros de Gaviones están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en sus dos lados constituyendo un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos.
- **Conservación de Suelos:** La erosión hídrica acelerada es considerada sumamente perjudicial para los suelos, pues debido a este fenómeno, grandes superficies de suelos fértiles se pierden; ya que el material sólido que se desprende en las partes media y alta de la cuenca provoca el azolvamiento de la infraestructura hidráulica, eléctrica, agrícola y de comunicaciones que existe en la parte baja.
- **Control de Ríos:** En ríos, el gavión acelera el estado de equilibrio del cauce. Evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes, además el gavión controla crecientes protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones.
- **Protección de Alcantarillas:** Proporcionan una efectiva protección para alcantarillas de carreteras y ferrocarriles, ya que la rugosidad y flexibilidad de la estructura le permite disipar la fuerza del flujo de agua y proteger la salida de la alcantarilla contra la erosión.
- **Apoyo y Protección de Puentes:** En los estribos de puentes, se pueden utilizar gaviones tipo caja, tipo saco y tipo colchón combinados o individualmente, logrando gran resistencia a las cargas previstas.

3.1.1.1.1. Tipos de Gaviones:

- **Gavión Tipo Caja:** Son paralelepípedos regulares de dimensiones variadas pero con alturas de 1.0m a 0.50m; conformados por una malla metálica tejida a doble torsión para ser rellenos en obra con piedras de dureza y peso apropiado, como se muestra en la Fig. 2

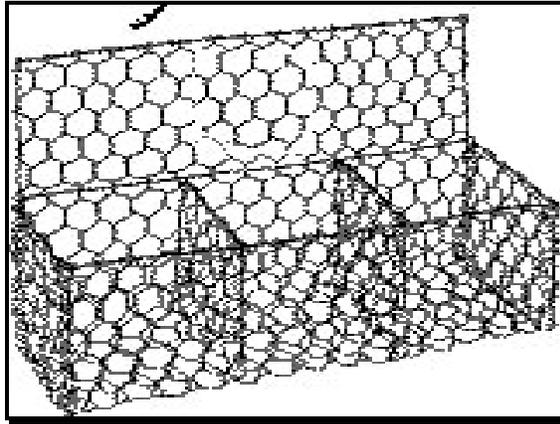


Fig. 2 Gavión tipo Cajón

- **Gavión Tipo Colchón:** Son aquellos cuya altura fluctúa entre 0,17m - 0,30m y de áreas variables. Son construidos en forma aplanada para ser utilizados como revestimiento antierosivo, antisocavante para uso hidráulico y como base-zócalo (Mejorador de capacidad portante) en la conformación de muros y taludes. Debido a que los colchones están generalmente ubicados en contacto con el agua, con sólidos que arrastran los ríos y sedimentos en general, estos deben tener características tales que

les permitan resistir las exigencias físicas y mecánicas como son el impacto, la tracción y la abrasión. Ver Fig. 3.

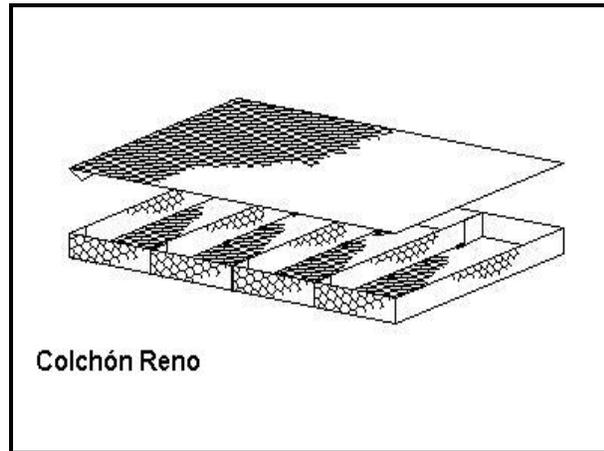


Fig. 3 Gavión tipo Colchón.

- **Gavión Tipo Saco:** Son generalmente de forma cilíndrica siendo sus dimensiones variables ya que se conforman para obras de emergencia o de aplicación en lugares de difícil acceso. Se arman generalmente fuera de la obra y se deposita en su lugar mediante el uso de maquinaria de izaje. A través de los bordes libres se inserta en las mallas un alambre más grueso para reforzar las extremidades y permitir el ensamblaje del elemento. Ver Fig. 4.

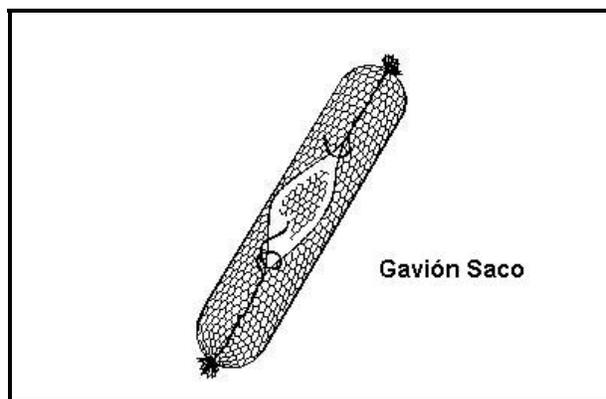


Fig. 4 Gavión tipo Saco

3.1.1.1.2. Diseño de Muro de Gaviones

A continuación se señalan los datos que son necesarios para el análisis de la estabilidad de un muro de gaviones así como los ensayos y procedimientos por medio de los cuales ellos se pueden obtener.

a. Pesos Unitarios: Por ser estructuras de gravedad, su peso es de vital importancia. El asumir un peso unitario mayor que el verdadero nos lleva a factores de seguridad irreales; y por el contrario asumir pesos unitarios menores que los reales resulta en un sobredimensionado innecesario. Esta medición se puede realizar en sitio, a escala natural.

b. Parámetros de Fricción en las Rocas: Dichos parámetros pueden ser tomados de la literatura o en el laboratorio mediante el uso de equipos de corte para muestras de gran tamaño.

c. Parámetros de Fricción en la Interfase Roca-Suelo: Se puede determinar utilizando equipos de corte directo a velocidad controlada y corte triaxial (U.U).

Además de recabar la información básica sobre la sección y geometría de los muros, se deben investigar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales tanto del suelo del relleno como del suelo de fundación haciendo uso de ensayos como granulometría, resistencia al corte triaxial, límites de Atterberg y humedad.

d. Descripción de los Ensayos: La construcción de un muro de gaviones en donde la aplicación de la mecánica de suelo tiene

mas importancia, son aquellos en los cuales el comportamiento de los suelos esta sujeto al efecto de cargas. De allí la importancia de investigar las condiciones de rotura del suelo y determinar aquellos parámetros que definen la resistencia a rotura del suelo sometidos a esfuerzos.

3.1.2. Obras de Tipo Rígido

3.1.2.1 Pantallas de Concreto Armado.

Son un tipo de estructura de contención, utilizadas habitualmente en construcciones de ingeniería civil. Ver Fig. 5

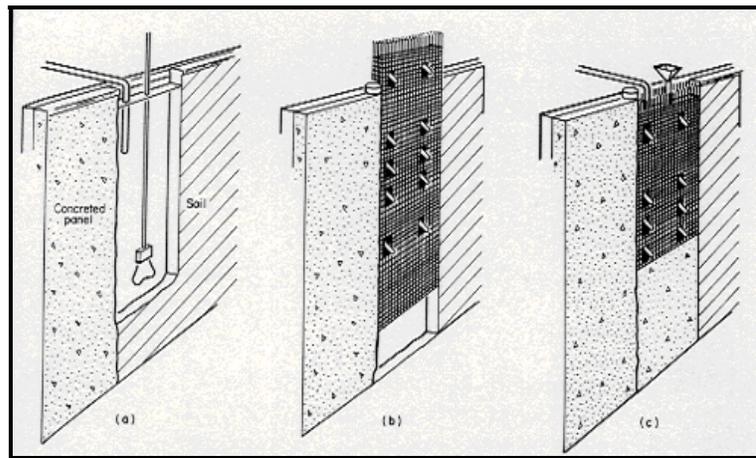


Fig. 5 Muros de Pantalla.

3.1.2.1.1. Propiedades de las Pantallas de Concreto Armado:

- Se colocan o ejecutan previamente a la excavación.

- Alcanzan una profundidad mayor de la profundidad de excavación. Esto implica que el terreno en la parte excavada trabaje a pasivo.
- Son impermeables, tanto los elementos constituyentes como las juntas. Por lo tanto, permiten hacer excavaciones bajo el nivel freático con garantías, aunque habrá que bombear el agua para evitar posibles filtraciones. Puede resultar interesante profundizar la pantalla, para reducir el caudal a bombear, o evitar problemas de sifonamiento. Con esto, el camino de la filtración será mayor, se reducirá el gradiente, los caudales serán menores, y la posibilidad de sifonamiento, por lo tanto, también se verá reducida.
- Soportan muy bien los esfuerzos de flexión. Aún así, puede haber necesidad de recurrir a apoyos intermedios:
 - Por exceso de flexibilidad.
 - Porque los movimientos que se producen son excesivos.

3.1.2.1.2. Tipos de Pantallas

▪ **Tablestacas o Pantallas de Elementos Prefabricados Metálicos:** Las tablestacas, tablaestacas o Pantallas de elementos prefabricados (sheet pile en inglés) son un tipo de estructuras formadas por elementos prefabricados. Estos elementos prefabricados suelen ser de acero, ver Fig. 6, aunque también las hay de hormigón. No se deben confundir las tablestacas de hormigón, con las pantallas de paneles prefabricados de hormigón, que suelen ser de dimensiones mayores.

Los elementos prefabricados que componen las tablestacas se hincan en el terreno mediante vibración. Aunque es muy raro, en ocasiones también se introducen en el terreno por golpeo.

Tiene juntas entre sí, con dos misiones:

- Impermeabilizar el contorno, y evitar que se produzcan filtraciones.
- Guiar las tablestacas contiguas.

Dado que los elementos se colocan mediante hinca, han de tener unas dimensiones (entre ellas el espesor) lo suficientemente pequeñas para que se facilite la hinca. Pero también ha de tener una resistencia mínima. Es por esto por lo que, salvo raras excepciones, se emplea el acero.

Los pequeños espesores pueden dar lugar a que los paneles o planchas metálicas que conforman las tablestacas pandeen o flecten. Para evitarlo, se alabea la sección, dotándoles de una mayor inercia. Tiene secciones típicas son en Z o en U.



Fig. 6 Perfil Tipo U

- **Pantallas de Paneles Prefabricados de Hormigón:** Están constituidas de elementos de hormigón prefabricados, con forma de paneles generalmente rectangulares.

Para su colocación, se ha de crear una zanja con unas dimensiones ligeramente superiores a las del panel prefabricado.

Posteriormente se introduce en la zanja el panel, y se vierte bentonita o cemento alrededor.

▪ **Muros Pantalla o Pantallas de Hormigón "in situ"** (diaphragm walls o slurry walls en inglés): Este tipo de estructura se realiza en obra. Es decir, en lugar de recurrir a paneles prefabricados, los elementos estructurales de este tipo de pantalla se ejecutan "in situ".

Las dimensiones de los paneles que conforman los muros pantalla son entre 4 y 5 metros de longitud, y 0,4 y 1,5 metros de espesor. La longitud de la pantalla depende del dimensionamiento de la misma.

Cada elemento que conforma un muro pantalla trabaja independientemente, y entre ellos presentan juntas que han de ser estancas (evitar el paso de agua a través de las mismas).

▪ **Pantallas de Pilotes:** Son un tipo de pantalla, o estructura de contención flexible, empleada habitualmente en ingeniería civil. Se emplean si la excavación de la zanja es difícil. Es decir:

- En terrenos duros: se emplean máquinas piloterías de terrenos en roca.
- En zonas medianeras en las que hacerlo de otra forma pueda suponer riesgos, o porque la anchura de la zanja es muy pequeña.

Tipos de Pantallas de Pilotes

Los tipos de pantallas de pilotes, según la disposición de los mismos, son:

- Pantallas de **pilotes separados**. Se han de emplear en terrenos cohesivos. El terreno se mantiene trabajando por efecto arco.
- Pantallas de **pilotes tangentes**. Se emplean si no hay problemas por el nivel freático.
- Pantallas de **pilotes secantes**. Se emplean cuando las filtraciones entre pilotes (tangentes o separados), pueden poner en riesgo la pantalla o los terrenos que sustenta.

3.1.2.1.3. Elementos de Soporte de Pantallas

Dado que las pantallas son estructuras flexibles, en ocasiones puede resultar necesario aplicar elementos de soporte de muy diverso tipo. (Ver Fig. 7)

El elemento de soporte natural, es el terreno que hay en el intradós de la pantalla, que trabaja a pasivo. Pero en ocasiones este pasivo no es suficiente para contener a la pantalla, y se necesitan elementos adicionales, que pueden ser:

Puntales: Son perfiles metálicos o estructuras metálicas que evitan que la pantalla flecte en exceso.

Anclajes: Son perforaciones con un elemento metálico que trabaja a **tracción**, que se introduce en el terreno con una determinada inclinación. Se trata de buscar terrenos más competentes, y evitar que afecte a las zonas de servicio de estructuras contiguas a la pantalla. Es común atirantar mediante anclajes que atraviesan completamente la superficie de falla para posteriormente ser tensados y ejercer un empuje activo en dirección opuesta al movimiento de la masa de suelo.

En el extremo que queda en el interior del terreno se inyecta una lechada, y en el extremo en contacto con la pantalla se coloca una cabeza de anclaje que reparte la fuerza de tensado.

Forjado: En ocasiones, se substituyen los puntales previamente descritos por el propio forjado del edificio. Para ello se utilizan banquetas provisionales, que son unos terraplenes que ayudan al pasivo de la pantalla. Estas banquetas se retiran una vez construido el forjado.

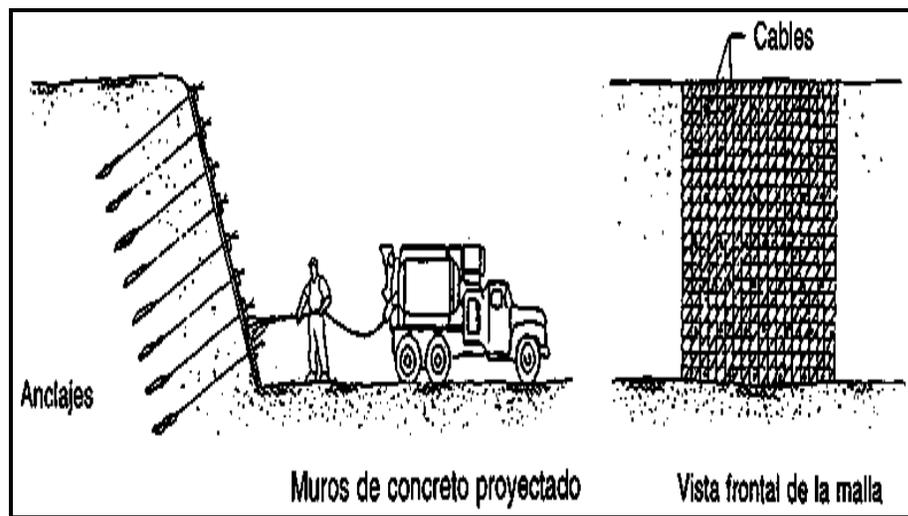


Fig. 7 Sección Transversal y Frontal de una Pantalla

3.1.2.2. Dique:

Es un terraplén natural o artificial, por lo general de tierra, paralelo al curso de un río. Entre los tipos de diques se pueden mencionar:

3.1.2.2.1. Diques Artificiales:

Son utilizados para prevenir la inundación de los campos aledaños a los ríos; sin embargo también se utilizan para encajonar el flujo de los ríos a fin de darle un flujo más rápido. Son conocidos como **diques de contención**. También son empleados para proteger determinadas áreas contra el embate de las olas. Estos diques tradicionalmente son construidos, amontonando tierra a la vera del río, amplio en la base y afilados en la cumbre, donde se suelen poner bolsas de arena.

Modernamente los diques de defensas ribereñas son construidos siguiendo los criterios técnicos modernos para estructuras de tierra, y en muchos casos su estructura es compleja, comprendiendo una parte de soporte, un núcleo impermeable y drenes de pie para minimizar el riesgo de rupturas.

Existen diferentes tipologías de diques, también llamados espigones:

- En talud.
- Vertical.
- Flotante, etc.

a) Diques en Talud: Tradicionalmente se han construido mediante un núcleo de todo uno, encima del cual se superponen capas de elementos de tamaño creciente separados por capas de

filtro. Actualmente, los elementos mayores (que conforman los mantos exteriores) son piezas de hormigón en masa de diferentes formas (cubos, dolos, tetrápodos, etc), que sustituyen a la escollera. Los diques en talud resisten el oleaje provocando la rotura del mismo.

b) Diques Verticales: Están formados por cajones de hormigón armado que se trasladan flotando al lugar de fondeo y se hunden, para después rellenarlos con áridos, de forma que constituyan una estructura rígida. Las ventajas de este tipo de diques son que para una misma profundidad, requieren mucho menos material que los diques rompeolas, y que se pueden prefabricar. Sin embargo, presentan algunas desventajas como son que concentran su peso en una superficie menor, y por lo tanto requieren un suelo más resistente para su colocación; y que reflejan gran parte del oleaje que incide sobre ellos, aumentando los esfuerzos sobre la estructura y dificultando la navegación en las inmediaciones del dique vertical

3.1.2.2.2. Diques Naturales:

Son originados del depósito de material arrastrado por el río en el borde del mismo, durante las inundaciones. Esto va causando, progresivamente, la elevación de la ribera.

3.1.2.3 Muros de Concreto Armado:

Son masas relativamente grandes de concreto, los cuales trabajan como estructura rígida resistiendo los movimientos debido a la presión de la

tierra sobre el muro. Actúan como estructuras de peso o gravedad y aunque su campo de aplicación depende, lógicamente, de los costos relativos de excavación, hormigón, acero, encofrados y relleno, puede en primera aproximación pensarse que constituyen la solución más económica hasta alturas de 10 ó 12 metros. Deben tener un sistema de drenaje para eliminar la posibilidad de presiones de agua y se le deben construir juntas de contracción o expansión a distancias en ningún caso superior a 20 m, si los materiales presentan problemas de dilatación por temperatura, las juntas se deberán colocar cada 8 m.

Tiene aplicaciones en:

- Como estructura de contención, retención de tierras y soportes a excavación en laderas.
- En la corrección de deslizamientos rotacionales de poca altura en suelos y deslizamientos trasnacionales en suelos, involucrando materiales como arcilla y coluviales.
- Como estructura hídrica en aliviaderos y en la delimitación de canales.

3.1.2.4 Muros de Mampostería:

Muro compuesto de combinaciones de mampuestos (piedras o tabiques), colocados unos sobre otros. Se construyen mediante la colocación manual de sus elementos separados con juntas, para permitir la libre dilatación de cada una de las piezas y evitar los agrietamientos, o reforzarlas debidamente con varillas de acero. En algunos casos es conveniente construir el muro sin utilizar mortero, a los muros así resultantes se les denomina **muros secos**.

3.1.2.4.1. Tipos de Muros de Mampostería:

- **Muros de Adobe sin Cocer o Bloque de Concreto sin Ranurar:** Se ejecutarán con bloque de concreto, ya sea hueco o macizo según se indique, fabricado a máquina y de primera calidad, de las dimensiones mostradas en los planos. Para su pega se utilizará mortero 1:5 para muros interiores y 1:4 para exteriores o muros de canto. El mortero se preparará inmediatamente antes de su uso, dosificando el agua para que la mezcla sea homogénea y manejable. El mortero deberá cubrir tanto las uniones horizontales como verticales y será de espesor uniforme de 1.5 cm. aproximadamente. El mortero sobrante deberá retirarse con el palustre en el momento de terminar la colocación de cada ladrillo, a fin de mantener una superficie limpia y resanada en todo momento.

- **Muros en Ladrillo o Bloque de Concreto a la Vista:** Se utilizará ladrillo de primera calidad con dimensiones uniformes, aristas bien terminadas y superficies tersas. Se observará especial cuidado con los muros de fachada que lleven ladrillos de "tizón y sogá" para prever la colocación de los adobes entrantes y salientes de conformidad con las dimensiones y localización indicados en los planos, conservando la uniformidad en colores y estrías del conjunto general del muro.

- **Muro de Piedras:** Son estructuras formadas por piedras labradas o no labradas, unidas con mortero. Estos muros son empleados para proteger alcantarillas, estribos de puentes, estructuras de almacenamiento de agua, que son estructuras

indispensables para satisfacer múltiples necesidades en nuestro medio ambiente.

3.1.2.4.2. Pasos en la Construcción de Muros de Mampostería:

a. Utilizar estantillones o boquilleras con marcación de las hiladas en ambos extremos de cada muro, y un hilo que las una al nivel de la hilada que se está pegando.

b. Controlar con exactitud el consumo de mortero, con las ventajas de:

- Economía.
- Si hay control del consumo, el mampostero evita que el mortero caiga dentro de las celdas, facilitando su próxima limpieza.

c. Construir los muros:

- Prolongando tuberías de instalaciones.

- Colocando el refuerzo horizontal y los conectores

d. Viga intermedia: a la luz del NSR-98, en algunos muros de algunos proyectos se requiere el uso de una viga, a nivel intermedio de la altura del muro; para ello se usan elementos especiales que permiten mantener la apariencia del muro pero al mismo tiempo colocar el refuerzo y el concreto de la viga, y que el refuerzo vertical continúe.

e. Verificar uniformidad del nivel superior de los muros

- f. Limpieza de las celdas, en donde se coloca el refuerzo vertical.
- g. Colocación del refuerzo vertical, traslapando con las dovelas de arranque
- h. Llenar con mortero de relleno (grouting) las celdas con refuerzo vertical y, eventualmente, algunas otras. Utilizar embudo y retacar el mortero.
- i. Retirar del nivel superior del muro los sobrantes de mortero.

3.2. Indicar a que Distancia se Deben Colocar estas Protecciones

A diferencia de una obra hidráulica típica, el lugar de emplazamiento de la obra de protección no se puede elegir, su ubicación queda totalmente limitada al lugar donde se encuentra su cabecera en el momento de realizar la obra. En general esta ubicación coincide con suelos de baja calidad, en cuanto a su capacidad soporte y resistencia a la erosión hídrica.

Para poder realizar un dimensionamiento de defensas ribereñas, primero se debe realizar un estudio hidrológico para poder analizar el caudal y posteriormente la altura del pelo del agua y a que distancia que debe construir la protección, ya que son elementos básicos para la determinación de las dimensiones.

El estudio hidrológico tiene por objeto obtener el mejor ajuste, con los datos existentes a esa fecha a través las funciones de distribución más

aceptadas que permitan conocer el margen de error disponible de cada uno con el objeto último de brindar una herramienta a los tomadores de decisión. Con dichos resultados es posible la adopción de la altura de coronamiento de la defensa costera.

Es importante señalar que tanto la altura como la distancia cumplen un papel importante para el diseño de estas obras, ya que van a depender principalmente del caudal. La altura es compensada con la distancia, ya que las protecciones costeras no deben ser tan altas, por normas de seguridad y por falta de estética a la construcción.

Se recomienda que las defensas ribereñas, no se den colocar tan cercana a los cursos de agua, ya que estos terrenos aluviales son productivos, porque la inundación los hace así; ésta remueve la humedad del suelo, y deposita limos en las tierras aluviales fértiles.

En las zonas áridas, posiblemente sea la única fuente de riego natural, o de enriquecimiento del suelo. Al reducir o eliminar las inundaciones, existe el potencial de empobrecer la agricultura de los terrenos aluviales (recesión), su vegetación natural, las poblaciones de fauna y ganado y, la pesca del río y de la zona aluvial, que se han adaptado a los ciclos naturales de inundación.

Es por esta razón que estas obras pueden ser efectivas para el área particular que se va a defender, pero cambian el régimen natural del flujo y tienen efectos sobre áreas aledañas, los cuales deben ser analizados antes de construir las obras.

3.3. Materiales a utilizar para los diferentes tipos de defensas ribereñas.

Cuando se va a construir una defensa se deben considerar muchos factores, uno de los más importantes es el material a utilizar, el cual se debe seleccionar el tipo que mejor vaya con los resultados deseados y cumplan con las propiedades de resistividad, impermeabilidad y durabilidad a la intemperie. Además estos materiales se deben integrar al resto de los componentes para proporcionar estética a la construcción.

Los Materiales de Uso Frecuente en este Tipo de Obras son los siguientes:

- Concreto: ciclópeo, simple o reforzado.
- Gaviones, colchonetas.
- Piedra suelta, piedra pegada.
- Tablestacas metálicas o de madera.
- Pilotes metálicos, de concreto o de madera.
- Bolsacretos, sacos de suelo-cemento, sacos de arena.
- Fajinas de guadua.
- Elementos prefabricados de concreto: Bloques, Exápodos, etc.

Materiales Empleados para los Muros de Gaviones

- **La Roca:** Las piedras a ser usadas para el relleno de los gaviones deberán tener suficientes resistencias para soportar sin romperse las sollicitaciones a que estarán sometidas después de colocadas en la obra, pueden ser piedra de canto rodado (Ver Fig. 8) o piedra chancada con determinado tamaño y peso específico, se recomienda evitar la utilización de fragmentos de lutita, arcillolita o pizarra, al menos que cumplan con los parámetros de resistencia

y durabilidad por lo general estas piedras para el relleno se encuentran en las cercanías. En cuanto al tamaño máximo de estas piedras, debe estar entre 0,1 y 0,3m. Los fragmentos más pequeños se deben colocar en la parte central del gavión y los fragmentos más grandes deben quedar dispuestos en contacto con la canasta.



Fig. 8 Cantos Rodados

- **Mallas:** Las mallas para la construcción de las canastas de gaviones pueden ser de alambre galvanizado, de plástico, o de polietileno de alta densidad, empleándose los siguientes tipos de mallas:

- Malla Hexagonal de triple torsión. (Ver Fig. 9)
- Malla Hexagonal de doble torsión.
- Malla de Eslabonado simple.
- Malla Electrosoldada.

Se recomienda usar la malla de triple torsión, ya que permiten tolerar esfuerzos en varias direcciones sin producirse rotura, tendrán la forma de un hexágono alargado en el sentido de una de sus diagonales.

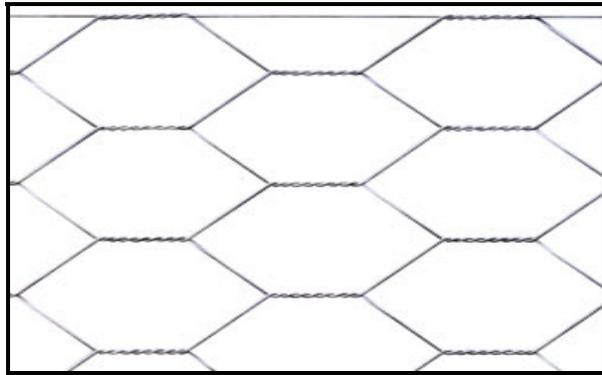


Fig. 9 Malla Triple Torsión Galvanizada.

- **Alambre:** Los alambres (Ver Fig. 10) utilizados para el cocido de los gaviones, los tirantes inferiores y las uniones entre unidades, deben ser del mismo diámetro y calidad que el alambre de la malla. El alambre utilizado en las aristas o bordes del gavión debe tener un diámetro mayor, se recomienda que éste sea un calibre inmediatamente superior al del alambre empleado en la malla.



Fig. 10 Alambres

Los Materiales Empleados para los Muros de Mampostería, deberán ser resistentes y construirse en forma cuidadosa con materiales duraderos para prevenir infiltraciones y daños climáticos. Entre los materiales usados tenemos:

- **Ladrillos:** Es considerado como uno de los mejores terminados, ya que ofrece muchas ventajas. Es muy agradable a la vista, durable, resistente al fuego y al paso del tiempo. Se puede encontrar casi en cualquier parte, existen muchas variedades para escoger y de costo accesible. Una muestra de ello se puede apreciar en la Fig. 11.

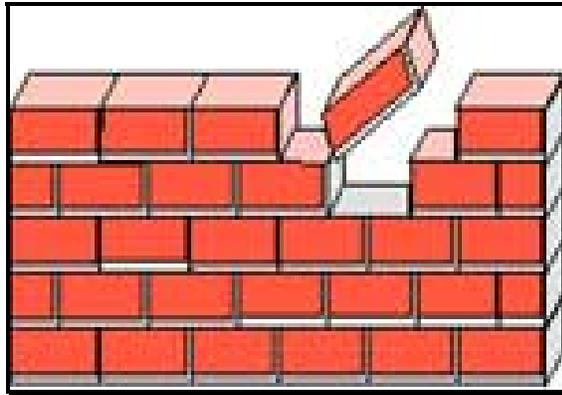


Fig. 11 Ladrillos

- **Bloques de Cemento Prefabricados:** Es muy resistente sobre todo a la intemperie, duradera, versátil por ser modular y permitir el paso de las instalaciones por el interior de los muros. Aunque de apariencia no tan agradable como el ladrillo se puede encontrar en diversos colores, texturas y terminados. Pueden ser de arcilla cocida, de concreto, o de material sílico-calcáreo, con ancho de 10, 15 o 20 cms, longitud de 20, 30 o 40 cms y altura de 10, 15 o 20 cms. Estas dimensiones están dadas con el objeto de modular los muros y sus uniones. (Ver Fig. 12)



Fig. 12 Bloques de Cemento Prefabricados

- **Piedras, Talladas en Formas Regulares o No:** La piedra (Fig. 13) es otra alternativa atractiva aunque costosa. Desafortunadamente en la piedra no existe la misma disponibilidad que en el ladrillo, ya que no todos los tipos de piedra son funcionales en un trabajo de albañilería. Algunas son muy suaves y otras son muy porosas, de cualquier manera hay otras alternativas que no son tan costosas. La más usada es la caliza en forma de laja por sus características.



Fig. 13 Piedras usadas para Muros de Mampostería

Para unir las piezas se utilizan morteros que pueden ser de:

- **Morteros de Cemento:** Antiguamente se utilizaba el barro, al cual se le añadían otros elementos naturales como paja, y en algunas zonas rurales excrementos de vaca y caballo, pero hoy en día, para unir las piezas se utiliza generalmente una argamasa o mortero de cemento y arena con la adición de una cantidad conveniente de agua, donde adquieren rápidamente la apariencia de muro de gran firmeza.

- **Morteros de Cal:** Este tipo de morteros no se caracterizan por su gran resistencia, sino por su plasticidad, color, y porque se trabaja con facilidad. Las juntas hechas con este tipo de mortero, durante los primeros años absorben, poco a poco, las dilataciones de los tabiques suave de barro al saturarse, haciendo mas firme el muro.

Aplicación de Defensa Ribereña

El Río Neverí representa para la ciudad de Barcelona, la espina dorsal que integra los proyectos para la actividad recreativa, cultural y deportiva, no solo garantiza el suministro de agua para su desarrollo sino también por la potencialidad que ofrece su entorno natural.

Nace, en la parte Oriental de la Cordillera de la Costa, a 2.600 m.s.n.m., en el macizo Montañoso del Turimiquire, sector denominado Neverí de las

Cabeceras, en el Estado Sucre, con latitud $63^{\circ}58'$ - $64^{\circ}44'$ oeste y longitud $10^{\circ}00'$ - $10^{\circ}16'$. La cuenca del Río Neverí (Ver Fig. 14) es de 1.125 km, medidos hasta el sitio de confluencia con el Río Aragua. En efecto, el valle del Río Neverí representa el eje de una cuenca alargada con dirección Este-Oeste, a lo largo de la cual se desarrolla una sucesión continúa de filas y depresiones topográficas que corresponden a la presencia de sinclinales y anticlinales, con aproximadamente una longitud de 73.8 km y un ancho de 23 km.

Presenta un patrón de drenaje rectangular, un área típicamente montañosa con relieve muy fuerte que se caracteriza por el paralelismo de sus atributos principales hasta llegar al sitio La Corcovada, en el Estado Anzoátegui, donde desciende por terrenos planos, con características de paisajes de planicie aluvial y litoral. Desarrolla un sistema de meandros y atraviesa la ciudad de Barcelona hasta desembocar en el extremo sur de la Bahía de Barcelona en el Mar Caribe. En el plano anexo de Barcelona - Puerto La Cruz, se puede apreciar el recorrido del Río Neverí.

Sus principales afluentes son los ríos Zumbador, Guayabo, Naricual y Aragua. (Ver Mapa Con respecto a los aspectos climatológicos en la cuenca

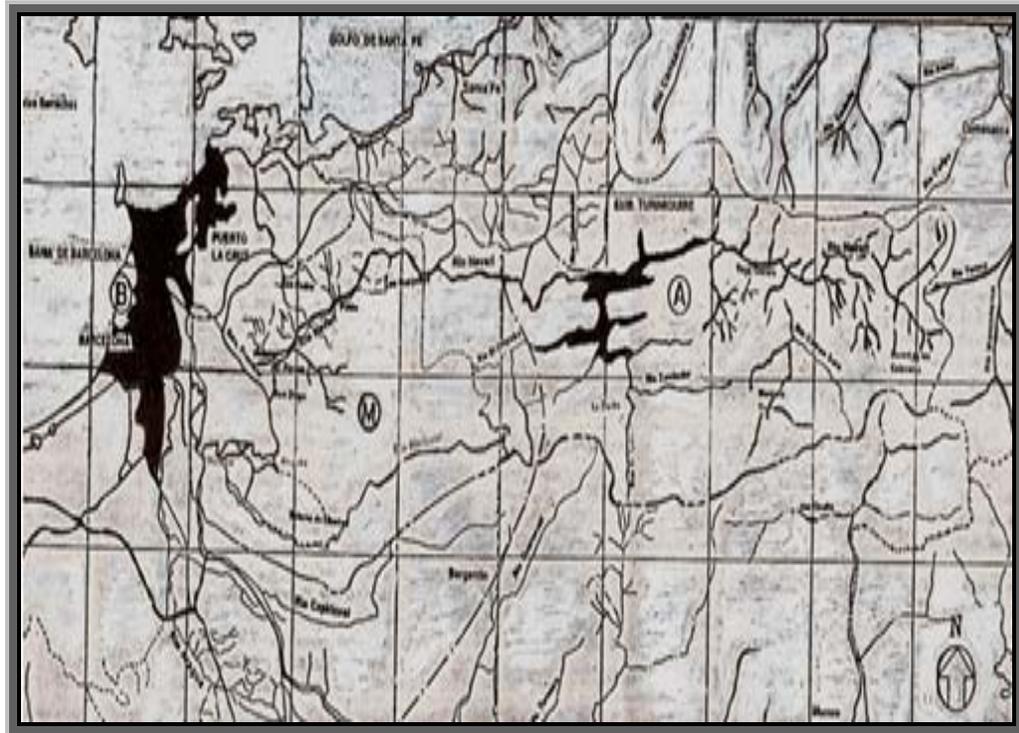


Fig. 14 Cuenca Hidrográfica del Río Neverí

del río Neverí, cabe mencionar que la mayor precipitación ocurre en la parte alta de la misma, donde se alcanzan valores entre 2000 mm y 3000 mm anuales; en la parte baja de la cuenca tiene una precipitación promedio de 912 mm al año.

Uno de los lugares del país con mayores antecedentes en la historia de las inundaciones en Venezuela, es la cuenca del Río Neverí. Ciudades como Barcelona y Puerto La Cruz han sufrido serios daños debido a las crecidas de estos cursos de agua, ya que se encuentran ubicadas en la parte más baja y plana de la cuenca.

Existen estudios detallados sobre crecidas e inundaciones que reflejan la magnitud y daños causados en las zonas afectadas, sin embargo la de mayor relevancia es la que afecto a la ciudad de Barcelona y pueblos adyacentes en Julio de 1970, (Ver Fig. 15, 16, y 17) cuando hubo una gran pluviosidad de la cuenca del Río Neverí y varios de sus principales afluentes, trayendo como consecuencia un aumento anormal de niveles, que provoco perdidas tanto humanas como en la economía de la región. Otra inundación registrada fue la ocurrida en agosto de 1999, (Ver Fig. 18) donde la mancha de inundación se pudo determinar mediante observaciones aéreas y terrestres, abarcando una superficie de 9550 Ha, discriminadas en 3980 ubicadas en zonas urbanas y sub.-urbanas y 5570 localizadas en áreas rurales.

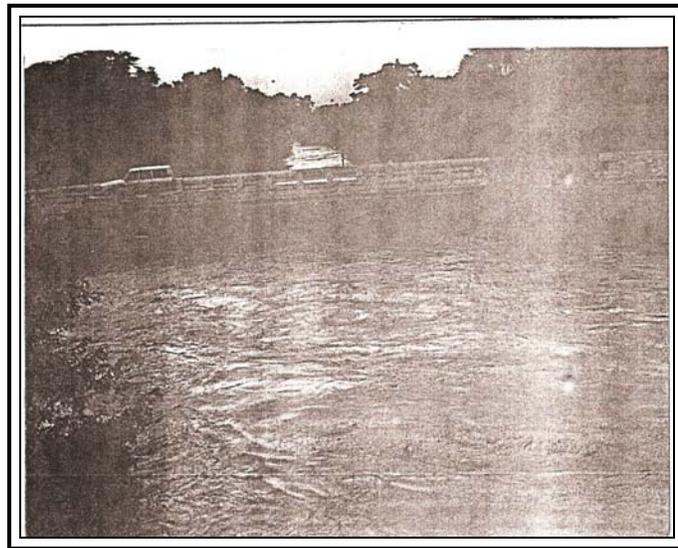


Fig. 15 Inundación en el año 1970 en el Puente Gómez, Edo. Anzoátegui.



Fig. 16 Inundación en el año 1970 en el Canal de desvío del Río Aragua.

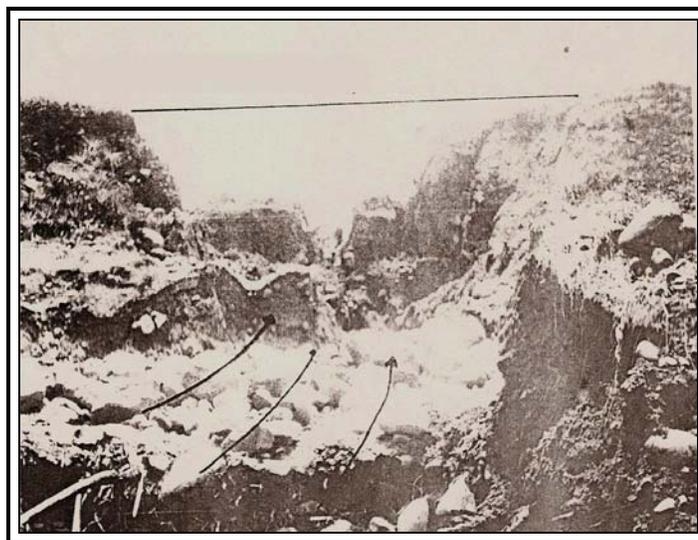


Fig. 17 Inundación de áreas rurales en la cuenca del Río Querecual en el año 1970

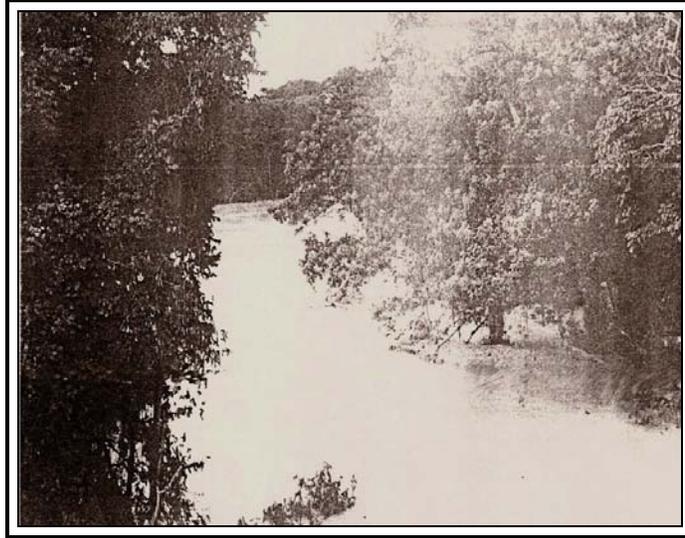


Fig. 18 Canal de Desvío del Río Aragua, Inundación de 1999

En el tramo bajo inmediato a la ciudad de Barcelona, el cauce del río Neverí se encuentra confinado por numerosos puentes y diques bajos, habiéndose ejecutado últimamente uno mas alto que protege a la zona industrial al SE de la ciudad, esto es debido a las inundaciones que se han originado en la ciudad, donde se puede dividir en cuatros sectores en que esta dividido el Río Neverí, que son los siguientes: (Ver Fig. 19)

- ✓ **Dique 1:** Desde el puente la Volca hasta la Avenida Raúl Leoni a una distancia de 750 m y una altura de 2,5 m.
- ✓ **Dique 2:** Parte del estribo derecho del puente la Volca y corre paralelo al río a una distancia variable de 100 y 800m, la longitud del dique es de 2060m. y su altura varía de 1,5 a 6m.

- ✓ **Dique 3:** Se construyó paralelo al río a una distancia variable, situado en el sector los machos tiene una distancia de 915 m y una altura variable de 1,5 y 5,5 m.
- ✓ **Dique 4:** Localizado entre la carretera Negra y el río en el sector Cervecería Polar, tiene una distancia de 950 m y una altura variable de 1 y 6,5 m.

Actualmente en el borde del río Neverí, de la ciudad de Barcelona, se levanta un muro de mampostería, (Ver Fig. 20, 21, 22, y 23) constituido por piedras extraídas de los alrededores de la zona, para proteger las áreas aledañas a el río contra los procesos de erosión de sus márgenes, pero a lo largo del recorrido pudimos observar que algunos tramos carecen de estas protecciones y en otros sectores las obras estaban paralizadas, por lo que podría causar un grave problema para la ciudad y poblaciones costeras cercanas que albergan, si se llegase a originar un desbordamiento de su caudal en épocas de lluvias. A continuación pueden apreciar la situación que esta confrontando el Río Neverí hoy en día.



Fig. 20 Defensas en el Río Neverí



Fig. 21 Defensas del Río Neverí sin terminar



Fig. 22 Defensas en el Río Neverí



Fig. 23 Tramos sin Defensas en el Río Neverí

CONCLUSIONES

- 1) El muro de gavión, es uno del más apropiado, ya que es una obra construida con materiales flexibles, que cumplen con las exigencias establecidas, y puede adecuarse a deformaciones que puedan producirse una vez puesta en funcionamiento.
- 2) En muchos casos las estructuras de defensas ribereñas son dimensionadas con una falla conceptual, ya que quedan expuestas a la acción de la velocidad del agua en su base, lo cual provoca socavamiento y erosión al pie de la obra. Una solución adoptada para evitar este problema es la plataforma de deformación, que es compuesta por gaviones tipo colchón, son elementos flexibles posicionados en frente de la estructura, que al deformarse, acompañan la erosión del fondo, evitando así que esta alcance la base de la estructura y la destabilice.
- 3) Las inundaciones registradas en el río Neverí, se debió a la gran pluviosidad de la cuenca trayendo como consecuencia un aumento anormal de niveles y el posterior colapso de los diques, lo que provoco el desbordamiento del caudal. Una solución para que no vuelva a suceder esta situación es mejorar los diques existentes y colocarlos a una distancia mas alejada de los ríos, ya que estas zonas aluviales son aprovechadas para la agricultura y también que la distancia es compensada con la altura, siempre y cuando se puedan alejar y no afecten la planificación de la ciudad.

RECOMENDACIONES

- 1) Para evitar inundaciones se deben construir defensas cercanas a los cursos de agua, sin desviar el cauce natural de un río, ni taponar caños o desagües.
- 2) En periodos de invierno cuando ocurra alta pluviosidad se debe intensificar la red de muestreo en las áreas críticas y equipar al Departamento de Hidrología (Anzoátegui) de instrumentos, materiales, vehículos y personal técnico capacitado.
- 3) Realizar jornadas de limpieza y mantenimiento de las quebradas, arroyos y drenajes, antes del periodo de lluvia.
- 4) No construir desarrollos habitacionales que constituyan alto potencial de riesgo para desastres.
- 5) Se propone la Aplicación de Gerencia para la construcción de Defensas Ribereñas, por cuanto permite llevar de una forma fácil y ordenada la secuencia de operaciones según su ordenamiento cronológico constructivo, así como también estimar el tiempo de inicio y culminación de las actividades y la distribución de recursos, equipos y materiales. Ver Fig. 23.

APLICACIÓN DE LA GERENCIA

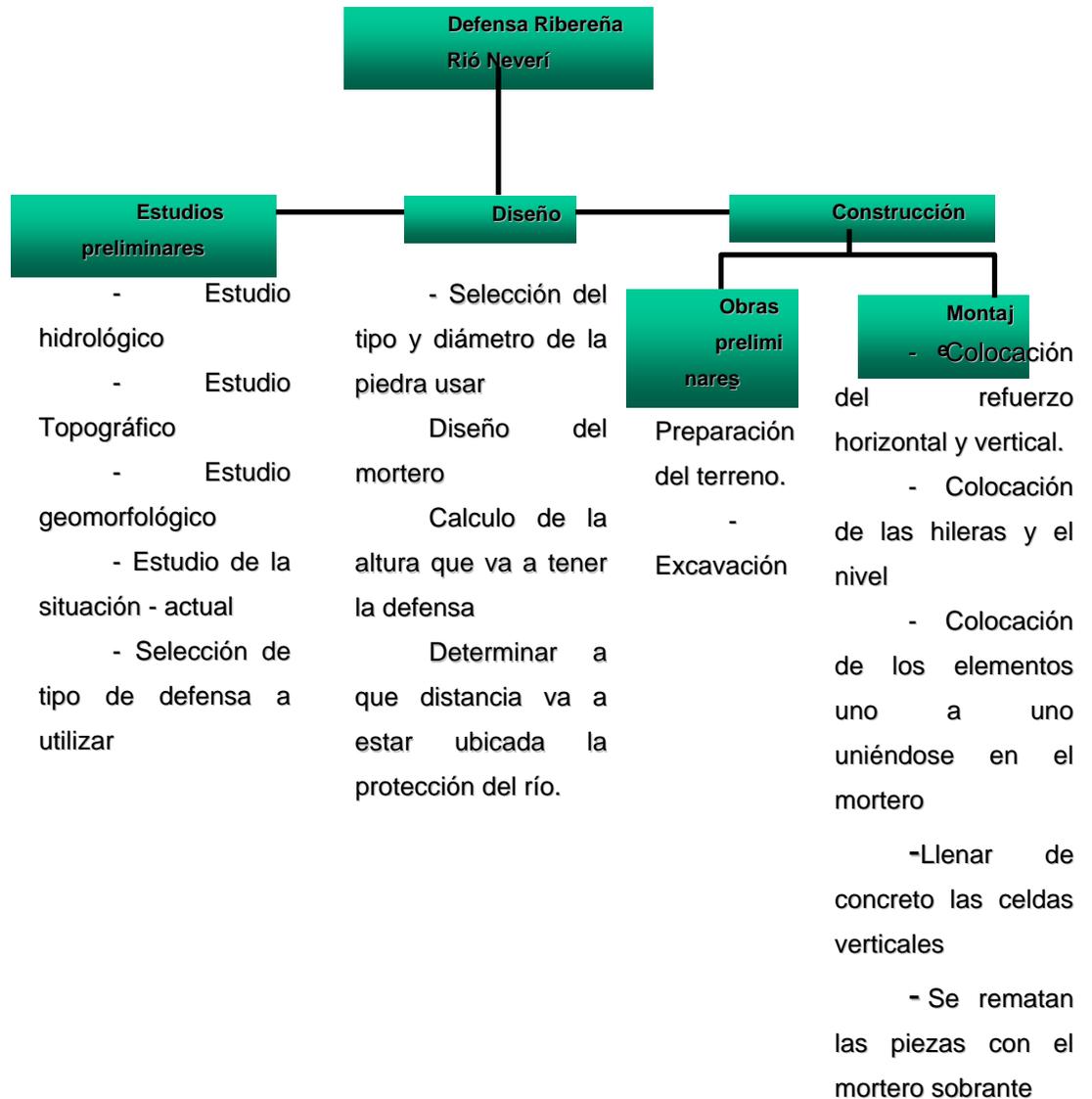


Fig. 24

BIBLIOGRAFÍA

1. BADILLO J. y RODRIGUEZ. **Mecánica de Suelos**. Tomo II.
2. REIMBERT M y A. **Muros de Contención**. Tomo I. (1976).
3. LOPEZ CADENAS de Llano F. **Diques para la Corrección de Cursos Torrenciales y Métodos de Calculo**.
4. FELD Jacob. **Biblioteca Internacional del Ingeniero Civil**. Volumen III. Ediciones Ciencia y Técnicas, S.A. (1988).

De Internet:

5. www.wikipedia.org/wiki/Defensa_riberena.
6. www.todoarquitectura.com
7. <http://documentos.arq.com.mx/Detalles/51760.html>