

# GUÍA INSTRUCTIVA DE RECOMENDACIONES ESTRUCTURALES

**2011**

**CUADERNO  
TÉCNICO N° 06**







**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**

**DIRECCIÓN NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DNP**

**UNIDAD DE ESTUDIOS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS  
UEER**

# **GUÍA INSTRUCTIVA DE RECOMENDACIONES ESTRUCTURALES**

**CUADERNO TÉCNICO N° 06**

**EDICIÓN 2011**

**LIMA - PERÚ**

**Catalogación realizada por la Biblioteca del Instituto Nacional de Defensa Civil.**

Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

Guía Instructiva de Recomendaciones Estructurales / Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).  
Lima: INDECI. Dirección Nacional de Prevención, 2011. (Cuaderno técnico N° 6).  
43 p.; ilus.

PREVENCIÓN DE RIESGOS - MITIGACIÓN (REDUCCIÓN O ATENUACIÓN) DEL RIESGO - MEDIDAS DE  
SEGURIDAD - CONSTRUCCIONES - PELIGRO - AMENAZA - MOVIMIENTOS EN MASA - DESLIZAMIENTOS  
DE TIERRA – SISMOS – INUNDACIONES - PERÚ

Descriptores VCD del CRID

(INDECI/PER/11.07)

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2011-04339

**Guía Instructiva de Recomendaciones Estructurales** (Cuaderno técnico N° 6)

Publicado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

Dirección Nacional de Prevención (DNP)

Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos (UEER)

© INDECI, 2011.

Calle Ricardo Angulo Ramírez N° 694 - Urb. Córpac, San Isidro, Perú.

Teléfono: (511) 225-9898

Correo electrónico: [dinapre@indec.gov.pe](mailto:dinapre@indec.gov.pe)

Página Web: [www.indec.gov.pe](http://www.indec.gov.pe)

**Equipo Técnico :**

Ing. Alberto Bisbal Sanz  
Director Nacional de Prevención

Arq. María Mercedes de Guadalupe Masana García  
Jefe de la Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos

Ing. César Rojas Esteves  
Responsable

Ing. Juber Ruiz Pahuacho  
Ing. Met. Rafael Campos Cruzado  
Ing. Mario Valenzuela Ramírez  
Ing. Lourdes Gómez Bolívar  
Ing. Ángel Montesinos Echenique  
Ing. Lionel Corrales Grispo  
Ing. José Estrada Tuero  
Econ. Marycruz Flores Vila  
Lic. Fátima Castillo Carrillo  
Bach. Econ. José Rodríguez Ayala  
Tec. Met. Ramón Bardalez Villacorta  
Tec. Met. José Luis Quispe Agüero  
Tec. Met. Carlos Tito Sulca

Impreso en Lima - Perú, marzo de 2011

Litigraf EIRL. Mariscal La Heras N° 675 – Lince. Telefax 265-0090

-----  
Cualquier parte de este documento podrá reproducirse siempre y cuando se reconozca la fuente y la información no se utilice con fines comerciales.

# CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>Objetivos</b> .....	7
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>Importancia de las medidas de prevención y mitigación de orden estructural</b> .....	9
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>Peligros naturales generados en la superficie de la tierra</b> .....	11
3. Estructuras de control para reducción de movimientos de masas ligadas a estabilidad de laderas .....	12
3.1 Disipadores de energía	
3.1.1 Estructuras y Tipo de Disipadores Ejecutadas en Nuestro Medio .....	12
3.1.1.1 Tipo de Disipador.- De piedra asentada con cemento, de tipo semirústico	12
3.1.1.2 Tipo de Disipador.- Estructuras de mampostería de piedra asentados con una mezcla fuerte de cemento –arena .....	13
3.1.1.3 Tipo de Disipador.- Estructuras de escalones disipadores de energía de concreto simple .....	14
3.1.1.4 Tipo de Disipador.- Estructuras artesanales de caña de guayaquil o troncos .....	15
3.2 Medidas correctivas más comunes para estabilización de movimientos de masas ligadas estabilidad de laderas .....	16
3.2.1 Corrección por efecto de la reducción del nivel freático mediante drenajes .....	16
3.2.2 Corrección por modificación de la geometría del talud .....	18
3.3 Estructuras de protección de movimientos de masas ligadas a estabilidad de laderas contra volteo y derrumbe .....	19
3.3.1 Protección contra volteo de rocas con malla .....	19
3.3.2 Protección contra volteo de rocas con muros de concreto ciclópeo .....	19
3.3.3 Protección contra derrumbe de roca .....	20
3.3.4 Protección mediante túneles contra derrumbe de rocas, huaycos y cauces de ríos secos .....	21
3.3.5 Gaviones de protección contra derrumbes de rocas .....	21
3.3.6 Protección contra avalanchas de nieve y rocas .....	22
3.3.7 Protección contra Avalanchas o Aludes de nieve .....	22
3.4 Protección contra erosión y deslizamiento de laderas .....	23

3.4.1	Protección contra erosión y deslizamientos mediante forestación .....	23
3.4.2	Protección contra erosión y deslizamientos mediante palizadas .....	23
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>Peligros naturales generados en el interior de la tierra .....</b>		<b>25</b>
4.	Alternativas estructurales para reducir la vulnerabilidad frente a peligros geológicos generados por procesos en el interior de la tierra .....	25
4.1	Reubicación de viviendas .....	25
4.2	Movimiento sísmico .....	25
4.2.1	Reducción de la vulnerabilidad sísmica en edificación de adobe .....	26
4.2.2	Reforzamiento de viviendas de adobe con mallas electro soldadas .....	26
4.2.3	Comportamiento sísmico de viviendas de adobe con mallas electro soldadas .....	27
<b>CAPÍTULO V</b>		
<b>Estructuras destinadas a reducir los efectos de peligros naturales generados por procesos hidrometeorológicos .....</b>		<b>29</b>
5.	Obras para reducir los peligros por Inundaciones y desbordes de ríos .....	29
5.1	Diques secos .....	29
5.1.1	Erosión de diques secos, con desprendimiento de enrocado de protección .....	30
5.1.2	Terraplenes protegidos con rocas del propio río .....	30
5.1.2.1	Ejecución de enrocado de protección .....	31
5.1.2.2	Enrocado de protección en su fase superior de ejecución .....	31
5.1.3	Defensa de orillas de los cauces de ríos con vegetación .....	31
5.1.4	Muros de protección de concreto ciclópeo o armado .....	32
5.1.5	Gaviones de protección en cauces de río .....	33
5.1.5.1	Proceso constructivo de gaviones .....	33
5.1.6	Gaviones artesanales .....	34
5.1.7	Canal de drenaje de aguas pluviales .....	35
5.1.8	Sacos terreros .....	35
5.1.9	Badén .....	36
5.1.10	Trabajos de descolmatación o limpieza .....	37
5.1.10.1	Descolmatación y aprovechamiento para refuerzos de muros secos .....	38
5.1.10.2	Descolmatación y eliminación fuera del cauce del río o de quebrada de material erosivo .....	38
5.2	Obras de Protección contra heladas .....	39
5.2.1	Protección de viviendas contra la penetración del frío .....	39
5.2.2	Protección de plantas contra la afectación del frío .....	40
5.2.3	Protección del ganado contra heladas .....	41
BIBLIOGRAFÍA .....		43

# INTRODUCCIÓN

La diversidad del peligro que se presenta con diferente recurrencia e intensidad en las regiones del país se debe al incremento del calentamiento global el mismo que ha provocado fenómenos naturales en lapsos de tiempo cada vez más cortos, provocando desastres naturales más frecuentes e interrumpiendo el normal funcionamiento de las comunidades en el interior del país.

Esta realidad, nos debe llevar a realizar con más eficiencia la Gestión del Riesgo basada en una Estimación del Riesgo en la fase de Prevención.

Este papel deberá lo asume el Instituto Nacional de Defensa Civil mediante su Dirección Nacional de Prevención cuya función principal es desarrollar acciones como: una línea de acción estratégica, permanente actualización y formulación de herramientas técnico – científicas y el fortalecimiento de la capacidad de los profesionales que realicen la actividad del Estimador del Riesgo.

La Guía Instructiva de Recomendaciones Estructurales está orientado a ampliar los criterios para que el profesional pueda formular las recomendaciones estructurales más adecuadas de acuerdo con las conclusiones del informe.





# CAPÍTULO I



## Objetivos

Esta Guía presenta una base informativa con ejemplos de obras estructurales ejecutadas en nuestro medio, y de acuerdo con nuestra realidad y usadas con éxito en otros países, que por su bajo costo y simplicidad, son factibles de ser adaptadas en nuestro medio.

Se trata de estructuras clasificadas de acuerdo con el tipo de peligro y grado de vulnerabilidad, que de acuerdo con su proceso constructivo, va a permitir al Estimador del Riesgo tener una mejor orientación técnica para expresar con mayor criterio y claridad sus Recomendaciones Estructurales



## CAPÍTULO II



### **IMPORTANCIA DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE ORDEN ESTRUCTURAL**

Las poblaciones de escasos recursos económicos están asentadas sobre terrenos inseguros de manera informal y sin una previa planificación urbana. Dichos terrenos, no cuentan con adecuadas condiciones de habitabilidad como por ejemplo las ubicadas en márgenes de los ríos (zonas de inundación), en las faldas de laderas, en los bordes de las quebradas, en las faldas de volcanes, entre otros. Más grave aún, debido a sus escasos recursos han “auto construido” sus viviendas sin ningún criterio ni asesoramiento técnico, convirtiéndolas en las zonas más vulnerables frente a la ocurrencia de peligros de fenómenos naturales. Sin duda no tienen conocimiento para identificar dichos peligros.

Ante esta situación, este manual señalará principales medidas para la prevención y mitigación del riesgo frente a la ocurrencia de peligros de fenómenos naturales con el fin de reducir los niveles de riesgo de desastre.



### PELIGROS NATURALES GENERADOS POR PROCESOS EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

Estos peligros son todos aquellos fenómenos que actúan en la superficie terrestre, debido a la interacción de agentes geodinámicos.

Las laderas se encuentran expuestas, en sus taludes, a continuos movimientos producidos por las condiciones geológicas, hidrológicas geotécnicas y topográficas las mismas que afectan su estructura interna, originando movimientos de masas y rocas; conociéndose a los taludes ejecutados por el hombre con el nombre de “taludes artificiales”; pudiendo constituir cortes de taludes, terraplenes o excavaciones de laderas, dando origen a fenómenos naturales como:

- 
- Deslizamientos (Reptación)
- Aluviones y huaycos
- Derrumbes
- Alud
- Erosiones pluviales de laderas

### FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LADERAS

Los factores que pueden afectar la estabilidad del talud de las laderas activando el movimiento de masas y rocas pueden ser:

#### Factores Condicionantes

Factores propios del fenómeno o intrínsecos, de acción estática o pasiva

- **Litológicos.**- La litología interviene en la naturaleza y composición físico-química de las rocas, causados por cambios de su capacidad portante de acuerdo al tipo de características de la roca como; dureza, fragilidad, inestabilidad consolidación, compactación. Aquí la litología nos permite entender cómo es el relieve, ya que dependiendo de la naturaleza de las rocas estas se comportarán diferentemente ante los factores desencadenantes.

- **Estratigrafía.**- Disposición de las rocas (orientación y ángulo de inclinación), espesor y composición de los estratos, lo que determina el grado de estabilidad o inestabilidad.
- Geomorfología, geometría de taludes, topografía irregular, pendientes pronunciadas.
- La cercanía a fallas o fisuras progresivas.

### Factores Desencadenantes

Factores que tienen una acción activa en la inestabilidad de laderas

- Naturales, precipitaciones pluviales, filtración de aguas pluviales, variación de temperatura, acciones erosiva de los vientos, acción de la gravedad, sismos.
- Tecnológicos.- Deforestación, corte de talud, socavaciones, explotaciones mineras, usos indebido de suelos, asentamientos humanos en terrenos de capacidad portante baja o ubicados en laderas inestables, actividades biológicas.

## 3

### ESTRUCTURAS DE CONTROL PARA REDUCCIÓN DE MOVIMIENTOS DE MASAS LIGADAS A ESTABILIDAD DE LADERAS

Se agrupan en esta división las fallas que ocurren típicamente en las laderas naturales, y de manera ocasional en taludes artificiales.

#### Disipadores de energía

El agua que discurre cuesta abajo va incrementando su energía, ello aumentan su poder de destrucción que se observa al arrastrar piedras y sedimentos que encuentra en su cauce, para finalmente afectar la vulnerabilidad de las poblaciones que se encuentran afincadas en sus laderas; los **Disipadores de Energía** son elementos Estructurales destinados a reducir la fuerza producidas por acción dinámica del lodo y piedras que arrastran, al impactar contra las barreras estructurales, mitigando el grado de Vulnerabilidad. Así mismo permitirá desviar el flujo a una zona no poblada en caso de ser necesario.

Para su diseño y tipo de Disipador se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- La energía del flujo.
- El grado de vulnerabilidad de los poblados aguas abajo.
- El costo económico y de mantenimiento.
- La accesibilidad para su mantenimiento.

#### 3.1.1 Estructuras y Tipo de Disipadores mas ejecutadas en nuestro medio

##### 3.1.1.1 Tipo de Disipador.- De piedra asentada con cemento de tipo semi-rustico

**Finalidad.**- Proteger a la población contra las lluvias y posible huayco.

**Recomendaciones.**- Mantener una descolmatación de rocas y sedimentos antes de las lluvias después de la acción de cada huayco.

**Disipadores de energía instalados para proteger a la población de Matucana.**



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

**3.1.1.2 Tipo de Disipador.- Estructuras de diques de mampostería de piedra asentados con una mezcla fuerte de cemento –arena.**

**Finalidad.-** Proteger a la población contra los huayco.

**Recomendaciones.-** Deben tener un adecuado sistema de drenaje que permita evacuar el flujo de agua y lodo.

Se debe mantener una descolmatación de piedras y sedimentos antes de las lluvias después de la acción de cada huayco,

**DISIPADORES DE ENERGÍA INSTALADOS PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN, EN DIVERSAS QUEBRADAS**

Quebrada del pedregal.- chosica

*Durante la época de huayco - 2008*



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

**QUEBRADA JUAN VELAZCO ALVARADO QUEBRADA LA RONDA**  
(Ricardo Palma)

*No ha sido descolmataada - 2008 Descolmatación, en fase final - 2008*



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

**3.1.1.3 Tipo de Disipador.- Estructuras de escalones y rampas disipadoras de energía, de concreto simple o empedradas.**

**Finalidad.-** Proteger las laderas, ubicadas en los cauces de las quebradas, contra la erosión del agua y flujo de lodo y rocas evitando la formación de cárcava ó proteger el cauce de las cárcavas que afecten a la población asentada en la cercanía de esta. En algunos casos se hace necesaria la construcción de rampas en quebrada con pendiente fuertes, reduciéndose así la energía mediante el impacto y la disipación del aire que se produce.

**Recomendaciones.-** Mantener una descolmatación de piedras y sedimentos antes y después de las lluvias. Por su alto costo son poco usadas



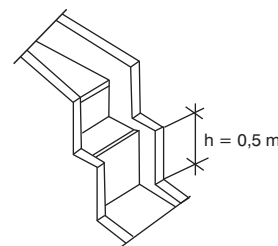
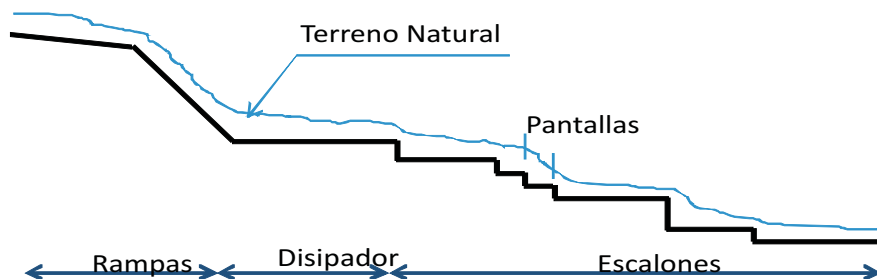
De piedra



De concreto



FUENTE: [http://www.farcimar.pt/es/pre\\_fabricados\\_de\\_betao/dissipador\\_de\\_energia.html](http://www.farcimar.pt/es/pre_fabricados_de_betao/dissipador_de_energia.html)



Las rampas son apropiadas cuando las pendientes del terreno es superior al 30%. La estructura del canal debe ser fuerte, para soportar velocidades mayores de m/s. Al final de la rampa se coloca un tanque disipador de energía. Los escalones funcionan bien cuando la relación entre el tramo horizontal y el vertical es mayor de 1 a 5. Cuando las condiciones del terreno no permiten diseñar el escalón con esta relación entonces se puede bajar la relación de 3 a 1, pero deberán incluirse pantallas que reciban el chorro de agua y no permitan que se dispare, como se muestran en la Figura.



### 3.1.1.4 Tipo de Disipador.- Estructuras artesanales de de caña de guayaquil o troncos.

**Finalidad.-** Proteger a la población, ubicada en pequeñas quebradas y taludes de laderas, contra las energía hidráulica de las aguas de lluvias y lodos.

**Recomendaciones.-** Mantener una descolmatación de materiales orgánicos y sedimentos antes y durante las lluvias



**Disipadores usados en quebradas, en forma de trincheras.**

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

**Disipadores de energía escalonados, usado en laderas**

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil



**Disipadores de energía usados en laderas**

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil



### **Disipadores de energía usados en laderas**



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

## **3.2 MEDIDAS CORRECTIVAS MAS COMUNES PARA ESTABILIZACIÓN DE MOVIMIENTOS DE MASAS LIGADAS A LADERAS**

### **3.2.1 Corrección por efecto de la reducción del nivel freático mediante drenajes**

#### **Sistemas de reducción del nivel freático en laderas debido a la filtración de agua pluviales**

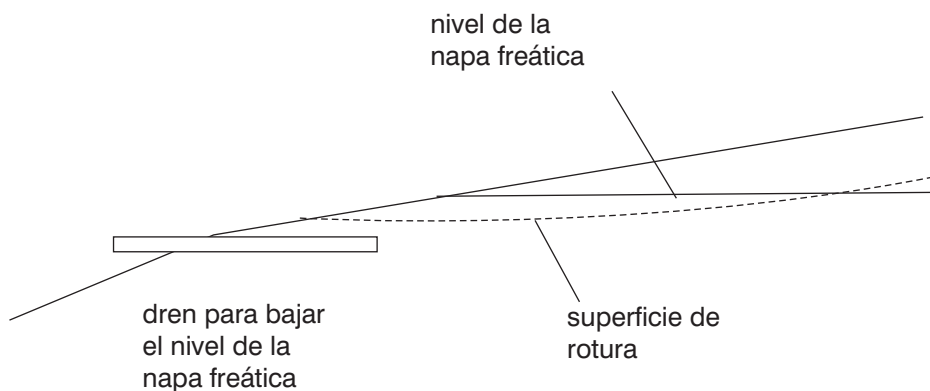
Tiene como finalidad reducir la presión hidrostáticas de las superficie de deslizamiento, mejorando la resistencia del terreno por aumento de las presiones de cohesión, tendiendo al consolidado del terreno para finalmente disminuir las fuerzas desestabilizadoras .

#### **Perforaciones de drenaje verticales o pozos verticales de drenaje**

Consiste en ejecutar “pozos de extracción en el terreno” para bombear el agua y consecuentemente lograr bajar el nivel freático, para finalmente evitar el deslizamiento del terraplén.

**Aplicación.-** Se usa en caso de extracciones de agua cuando la napa freática se encuentra a profundidades considerables.

**Perforaciones de drenaje horizontal.-** Consiste en ejecutar perforaciones transversal de las laderas, con pendientes  $-5^{\circ}$  a  $-10^{\circ}$ , con la finalidad de ayudar a que discurra el agua por lo consiguiente bajar el nivel freático, en todo caso tratando de mantener a este por debajo de la superficie del deslizamiento.



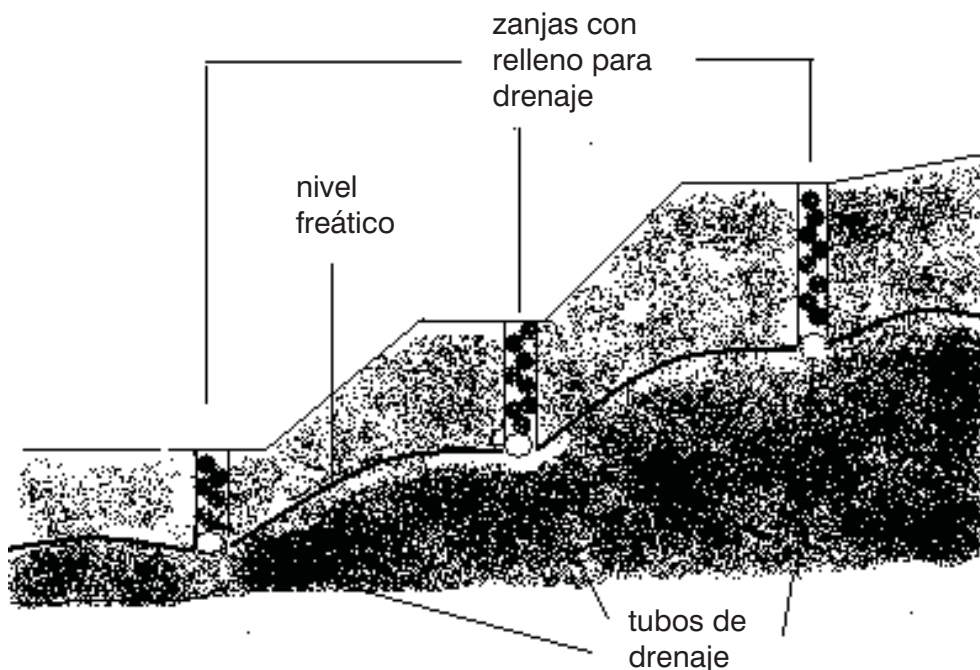
**Aplicación.-** Para el caso de reptación de laderas o niveles freáticos superficiales.

**Zanjas de drenaje en laderas :**

**Zanjas de talud.-** Se ejecutan siguiendo la pendiente del talud, discurriendo el agua por gravedad.

**Aplicación.-** Se recomienda cuando las superficies de deslizamiento se encuentran a poca profundidad.

**Zanjas horizontales.-** Se ejecutan de manera perpendicular a la pendiente de la ladera con la finalidad de que el agua de la napa freática discurra lateralmente por gravedad, a la superficie, mediante una tubería perforada colocada en el fondo, se usa cuando la napa freática se encuentra en el rango de 2 a 4 m.



**Aplicación.-** Se recomienda cuando la napa freática se encuentra a profundidades apreciable (de 2 a 4 m.).

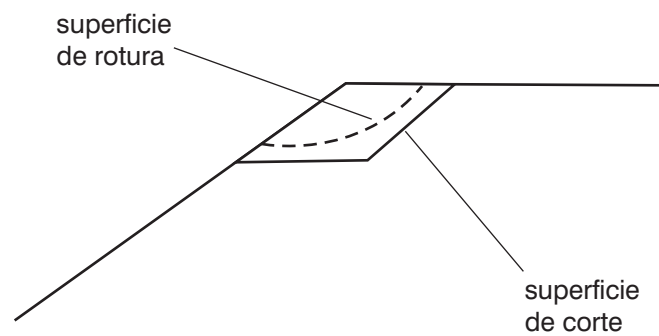
### 3.2.2 Corrección por modificación de la geometría del talud

**Excavación y Rellenos.-** Persigue modificar la geometría del terreno con la finalidad de reducir las fuerzas desestabilizadoras que inducen al movimiento de masas.

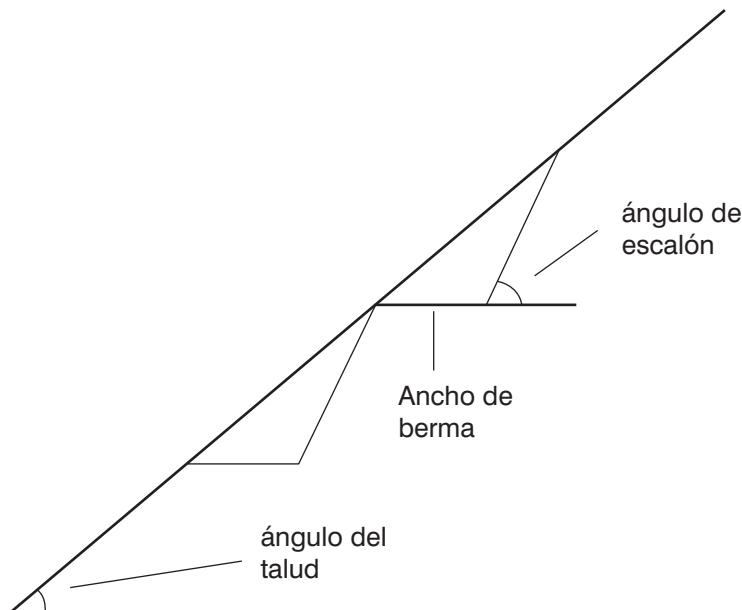
**Eliminación de la masa suelta,** depositadas en las laderas (desquinche).

**Eliminación de la masa inestable en laderas,** consiste en aumentar el Angulo de reposo para estabilizar las laderas.

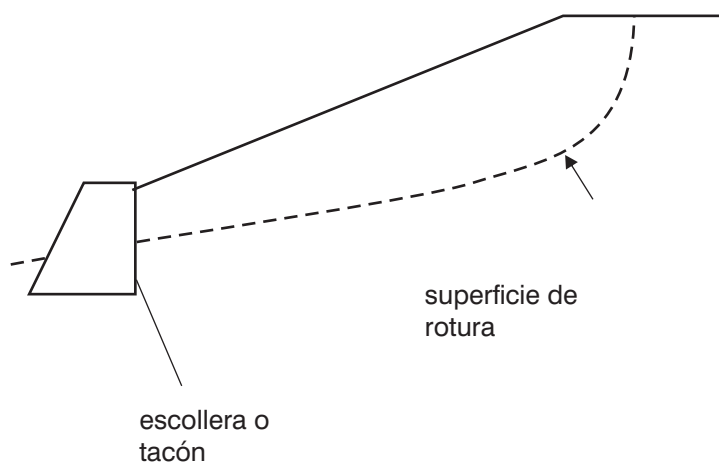
**Reducción de la altura del talud,** en la parte superior (Descabezamiento) Consiste en eliminar la masa potencialmente deslizable de la parte superior.



**Ejecución de bermas intermedias o banquetas,** consiste en la ejecución de escalones intermedios, sin afectar su ángulo de reposo.



**Tacones de tierra y/o concreto, o escolleras**, consistente en la colocación de material de contención en el pie de los taludes, para contener el esfuerzo inductor del deslizamiento debido a la carga de estabilización, actuando como un elemento resistente.



### 3.3 ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN DE MOVIMIENTOS DE MASAS LIGADAS A ESTABILIDAD DE LADERA CONTRA VOLTEO Y DERRUMBES

#### 3.3.1 Protección contra volteo de rocas con malla de acero tensadas

Consiste en rodear la roca con una malla de acero, reforzada con puntales cables de sujeción, el cual aumentará su estabilidad logrando evitar el volteo, impidiendo que su caída tome velocidad incrementando su energía dinámica y aumentando su capacidad de destrucción.



#### 3.3.2 Protección contra volteo de rocas, con muros de concreto ciclópeo o armado, de acuerdo con la características del elemento a fijar

Consiste en rodear la roca con muros de contención de concreto ciclópeo con lo cual se aumenta su estabilidad evitando el volteo, neutralizando la fuerza de gravedad que trata de desequilibrar la roca manteniéndola estática.



*Ubicada en el Distrito de Cayahuanca.- Anexo de Barbablaca Provincia de Huarochirí*

### **3.3.3 Estabilización de rocas inestables en taludes, mediante mallas ancladas**

Consiste en fijar la roca inestable. Este sistemas flexible de estabilizado de laderas consiste en ubicar mallas de alambre de simple torsión y cables de acero con recubrimiento de zinc y aluminio, para evitar su corrosión, debidamente fijadas con anclajes de tacos expansivos o barras de bulones, usadas por ser práctica su colocación y mas económicas que las obras de revestimiento con concreto las cuales son sumamente rígidas y fáciles de deteriorar por factores desencadenantes; además este sistema es de fácil reforestación ornamental y riego por aspersión



### 3.3.4 Protección contra derrumbe de roca

Las mallas o barreras dinámicas protectoras debe estar ubicada lo más cerca para evitar que las rocas al iniciar su rodamiento incrementen su energía destructora y estará sustentadas por rieles o barras de acero debidamente tensados por cables del mismo material.



**BARRERAS DINÁMICAS – CAIDA DE ROCAS – SAN MATEO - HUAROCHIRÍ**

### 3.3.5 Protección mediante túneles, contra derrumbe de rocas, huaycos y cauces de ríos secos

Cuando en el cauce de una quebrada o río se ve afectada por una caída de una ladera pronunciada hacia una vía de transportes que provoca, constantemente, la obstrucción de la misma por efectos de huaycos o por avenidas aguas pluviales intensas, se hace necesario la construcción de un túnel, pasando el cauce por la parte superior del mismo. Por su alto costo se requiere de un estudio socio económico que justifique esta solución.



**Cause del río seco que pasa sobre el túnel San Bartolomé ubicado a la altura del Km. 56 de la Carretera Central.**

### 3.3.6 Gaviones de protección contra derrumbes de rocas

El muro de gaviones debe funcionar como una barrera de protección segura y confiable en el caso de derrumbes y de rodamiento de rocas. Se caracterizan por tener un mayor ancho que los gaviones para protección de cauces de forma de prismas rectangulares , con finalidad de asimilar el impacto de la fuerza que va tomando las rocas por la velocidad de caída.



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

### 3.3.7 Protección contra Avalanchas o Aludes de nieve

Las mallas o barreras de protección contra Avalanchas o aludes de nieve, deben instalarse lo más cerca posible de la zona de deslizamiento para evitar que tome fuerza e incremente su energía destructora.





## 3.4 PROTECCIÓN CONTRA EROSIÓN Y DESLIZAMIENTOS DE LADERAS

### 3.4.1 Protección contra erosión y deslizamientos mediante forestación

Los deslizamientos generalmente destruyen la cubierta vegetal, por lo que es necesario reforestar los taludes para darle una mayor estabilidad a las laderas, constituyendo un tratamiento efectivo en las fallas por erosión, lo cual funciona con efectividad en los deslizamientos superficiales y en caso de deslizamientos profundos reduce la filtración del agua mitigando el peligro de deslizamiento por erosión.

La tara es una especie vegetal que se adapta con facilidad hasta los 3000 msnm. Se reproducen con facilidad hasta en terrenos rocosos, requiere de poca agua ya que su raíz alcanza los 10 m. y es efectiva para mitigar los deslizamientos y desprendimientos de rocas



### 3.4.2 Protección contra erosión y deslizamientos mediante palizadas

Empalizadas trenzadas.- Consiste en colocar estacas de aproximadamente 1.00 a 1.20 ml. que servirán de base, en hileras horizontales consecutivas o en forma diagonal, debidamente ancladas en el terreno y espaciadas a 5.00 ml. También es posible colocar estacas pequeñas cada 30 a 50 cm., entrelazándose con ramas vivas de fácil enrizamiento, empalmándose entre si para darle continuidad; teniendo cuidado en que los extremos de las rama cortadas puedan enraizar fácilmente.



*Depósito de documentos de la FAO*



# CAPÍTULO IV

## 4

### ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD FRENTE A PELIGROS GEOLOGICOS GENERADOS POR PROCESOS EN EL INTERIOR DE LA TIERRA

- Movimiento sísmico
- Maremoto -Tsunami
- Erupciones Volcánicas

Ante lo imprevisible de estos fenómenos, las medidas Estructurales deben ser orientadas para mitigar la vulnerabilidad en estos tipos de eventos, limitándose al cumplimiento del Reglamento Nacional de Edificaciones especialmente en lo referente a las normas técnicas E.060 Concreto armado, E.070 Albañilería, E. 080 Adobe, E.090 Estructuras metálicas, o a la Reubicación de Elementos expuestos a riesgos ante estos fenómenos.

#### 4.1 REUBICACIÓN DE VIVIENDAS

Los proyectos de viviendas destinadas a la reubicación es una de las recomendaciones más utilizadas ante estos peligros. Este tipo de solución se puede tomar en casos extremos por la implicancia tanto del costo de ejecución como al tiempo de la implementación de los servicios básicos, y el trámite documentario que implica su puesta en práctica.

#### 4.2 MOVIMIENTO SÍSMICO

Ante este tipo de eventos las medidas a tomar serán de prevención y se ceñirán al Reglamento de Edificaciones y Normas Complementarias de edificación vigentes, evitándose las construcciones con materiales precarios.

#### 4.2.1 Reducción de la vulnerabilidad física en edificación de adobe, ante el peligro de sismo

Se han desarrollado normas técnicas para la reducción de la vulnerabilidad física de edificaciones de adobe, N. T. E.080 ADOBE que está orientada a mejorar su capacidad de resistencia frente a los sismos, incluyendo el “Refuerzo de Geomallas” anexadas a dichas Normas por Resolución Ministerial Nº 070 – 2008 Vivienda de fecha 24/03/2008.

El reforzamiento con geomallas en las esquinas, encuentros de muros interiores, vanos de puertas y ventanas y muros de la caída de los techos, en lugar del uso de mallas electro soldadas, se debe a su mejor flexibilidad y adaptabilidad a la menor rigidez que presenta el adobe.

Se ha desechado el refuerzo de muros con carrizo y madera debido que la estructura después del sismo generalmente queda agrietada, y generalmente inhabitables.

##### 4.2.1.1 Comparación del comportamiento sísmico de módulos de adobe sin refuerzo y con refuerzos de carrizo o madera

Comportamiento Sísmico de un Módulo de Adobe sin Refuerzo (Izquierda) y de un Módulo de Adobe con Refuerzo Interior de Caña y Viga Collar (Derecha) (**Blonde y otros, 2002**). Este tipo de refuerzo por sus consecuencias, que deja la estructura agrietada o inhabitable, ha sido desechado.



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

#### 4.2.2 Reforzamiento de viviendas de adobe con mallas electro soldadas

Etapas de reforzamientos en viviendas existentes. Eliminación del tarrajeo y perforaciones en el muro (Izquierda), instalación de conectores y malla (centro) tarrajeo final (Derecha) (Quiun y otros, 2004).



*Eliminación del tartajeo y instalación de conectores tarrajeo final Perforaciones de muro y malla*

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

### **4.2.3 Comportamiento sísmico de de viviendas de adobe con mallas electro soldadas**

Viviendas existentes reforzadas en 1998 en Moquegua, después del sismo 2001. Las viviendas vecinas con fuertes daños carecían de refuerzo (Quiun y otros, 2004).



*Efectos del sismo en Viviendas reforzadas*



*Efectos del sismo en viviendas sin reforzar*

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil



# CAPÍTULO V

## 5

### ESTRUCTURAS Y OBRAS DESTINADAS A REDUCIR LOS EFECTO DE PELIGROS DE ORIGEN NATURALES GENERADOS POR PROCESOS HIDROMETEOROLÓGICOS

El agente principal en este tipo de peligros es el agua, ya sea en estado líquido o en forma de hielo o nieve. El peligro más importante son las inundaciones. Éstas pueden ser producidas por fenómenos climáticos estacionales. La intensidad de una inundación también depende de otras características físicas del territorio

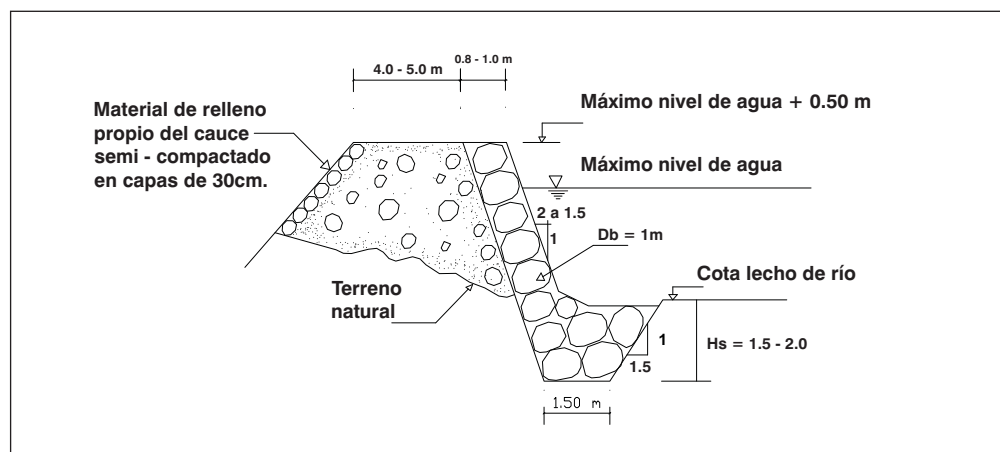
### 5.1

#### ESTRUCTURAS Y OBRAS PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD POR INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL

##### 5.1.1 Diques secos

Generalmente se utilizan en tramos rectos de los cauces de los ríos donde la erosión es menor por el impacto tangencial de las aguas, se ejecutan con material propio del río semi compactado en capas de 30 cm.

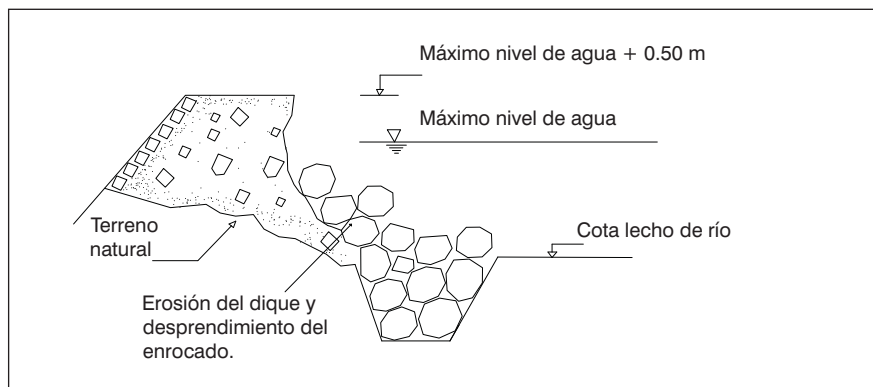
Para un mejor funcionamiento se recomienda reforzar la cara expuesta a las aguas con rocas del mismo río, de ser suficiente en caso contrario de material de préstamo, debidamente colocadas con una retroexcavadora.





FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

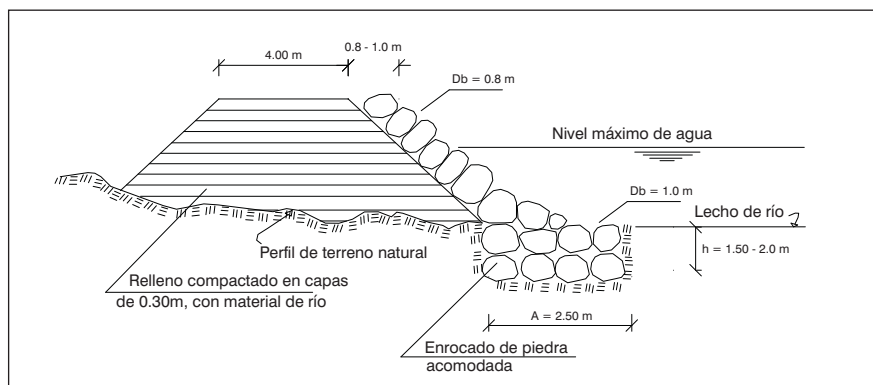
### 5.1.1 Erosión de dique secos, con desprendimiento de enrocado de protección



### 5.1.2 Terraplenes protegidos con rocas del propio río

Generalmente se utilizan en tramos rectos de los cauces de los ríos donde la erosión es menor por el impacto tangencial de las aguas, se ejecutan con material de préstamo debidamente compactadas en capas de 30 cm.

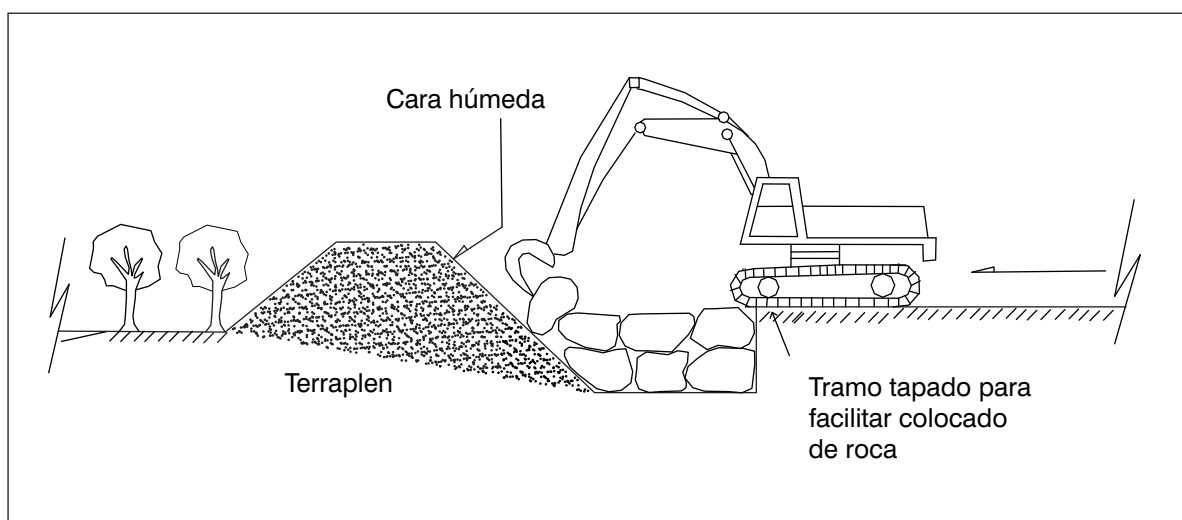
Para un mejor funcionamiento se recomienda reforzar la cara expuesta a las aguas con rocas del propio río, de ser posible, debidamente colocadas.





### 5.1.2.1 Ejecución de enrocado de protección

Procedimiento consistente en ejecutar una zanja con la retroexcavadora, donde se colocarán las piedras más grandes, las cuales servirán como base de cimentación al muro de protección, el cual descansará sobre el talud del dique expuesto a la acción de las aguas, continuando con las piedras medianas, colocadas con la cara plana hacia el exterior y tratando de dejar la menor área de vacíos, para una mayor resistencia a la erosión.



### 5.1.2.2 Enrocado de protección en su fase superior de ejecución

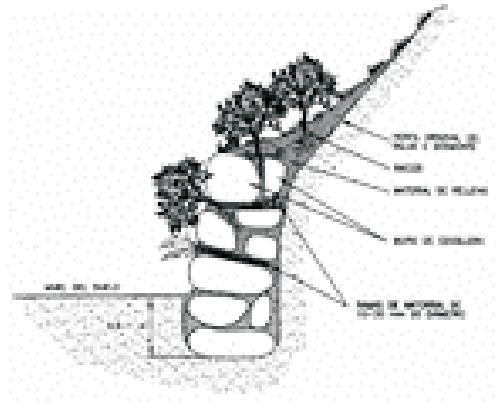
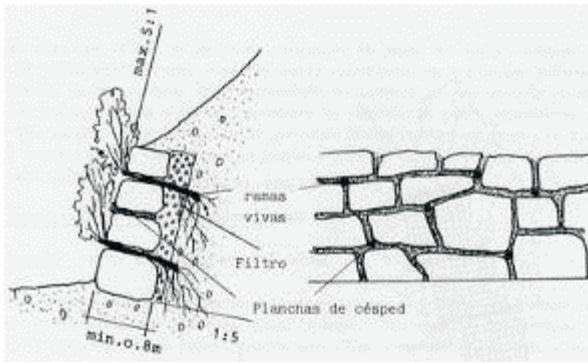
Se puede apreciar, en la foto, la colocación de las piedras más pequeñas en la parte superior de la fase final del muro, y al ayudante cubriendo las áreas pequeñas para evitar que queden vacíos que puedan ser debilitados por las aguas. Se recomienda cubrir estos vacíos con una mezcla de mortero cemento-arena.



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

### 5.1.3 Defensa de orillas de los cauces de ríos con vegetación

Se puede reforzar los bordes de los cauces mediante la **vegetación rupícola**, arbustos que se desarrollan o se le han colocado durante la construcción entre las rocas de protección de las márgenes de los ríos, impidiendo la erosión en las avenidas y disminuyendo la velocidad de las aguas.



Muro de piedra que se van cubriendo entre los muros con vegetación durante la construcción, debiendo las ramas tener contacto con el suelo del talud.

### 5.1.4 Muros de protección de concreto ciclópeo o armado

Se usa generalmente en tramos curvos, en donde el agua de un río impacta en forma frontal, debido a la energía hidráulica y las piedras que arrastran el agua causa además de erosión, demolición y rotura de la estructura del muro hasta inundar la zona protegida e incluso desviar su cauce. Debido a su costo, son más usados los muros de concreto ciclópeo.



**Muro de concreto ciclópeo del A.H Cantagallo – Distrito de Chosica**

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

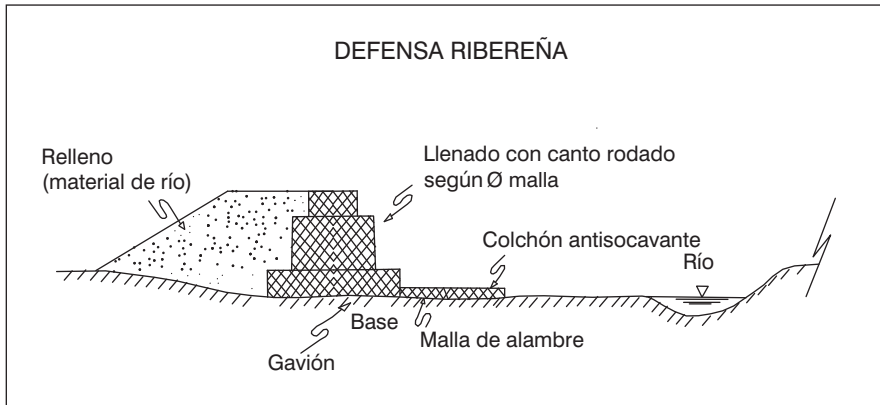


**Muro de concreto armado – Chosica sector Moyopampa**

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

### 5.1.5 Gaviones de protección en cauces de río

Construidos con mallas de alambre galvanizado en cuyo interior se rellena con rocas medianas debidamente colocadas, asentada sobre una base plana debidamente compactada, con un colchón de protección antisocavante.



#### 5.1.5.1 Proceso constructivo de gaviones

Trabajos de acabados del gavión construido sobre la margen izquierda del río chillón en la zona de protección del distrito de Los Olivos con una extensión aproximada de 2700 ml.

Se aprecia la retroexcavadora, trasladando el material excedente más próximo, a la parte posterior del gavión, el cual esta impermeabilizado por una manta plástica para impedirá la filtración, posteriormente, dicho material será acomodado y compactado por la misma máquina en capas de 30 cm.



**Limpieza final del cauce del río en la parte más alejada al gavión**

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil



**Sistema de gaviones sector los Olivos  
Río Chillón - Limpieza general**

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

### 5.1.6 Gaviones de protección en cauces de río

Construidos a base de troncos de madera debidamente anclados y rodeado, con el mismo material, siendo por lo general de forma rectangular, los cuales son rellenos con roca del mismo cauce del río.



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

### 5.1.7 Canal de drenaje de aguas pluviales

Se usa generalmente en zonas con pendiente moderada a plana para la evacuación de las aguas pluviales.



**Canal de drenaje, aguas pluviales - Yurimaguas**

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

### 5.1.8 Protección con sacos terreros

Son usados, por su corto tiempo de vida útil, en periodo de lluvias intensa, evitándose el ingreso de aguas pluviales a las viviendas, y en menor grado, evitar los desbordes o encauzamiento de canales y riachuelos. También son usados en laderas de material arenoso para su contención.



FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil



*Proceso de llenado de sacos terreros y refuerzo de laderas de río*

**FUENTE:** Dirección Regional de Defensa Civil - Piura

### 5.1.9 Badén.- obra ejecutada provisionalmente para reemplazar un puente colapsado, constituidos por los siguientes elementos

- Plataforma o Capa de Rodadura
- Muro de Pie
- Muros de Cabezal
- Muro de Confinamiento



## Tipos de badenes

### **Badén simple**

Es el tipo de badén que consta de todos los elementos

### **Badén mixto**

Al badén simple que, además incluye alcantarilla para el paso del agua.

### **Badén macizo**

La singularidad de este tipo de badén, es que su plataforma es de gran espesor. Estos badenes se diseñan para cursos de ríos o quebradas con caudales de magnitud y con arrastre de material grueso

### **Badén combinado**

Son aquellos badenes que se construyen junto a otra estructura, por ejemplo un canal de riego paralelo a la plataforma como parte constitutiva de la estructura

## Datos básicos para el diseño

Las investigaciones necesarias se centran en tres aspectos fundamentales:

Topografía del cauce

Geotecnia y mecánica de suelos del sitio

Estimación de caudales máximos



Fotos Cortesía Ing. Hugo Pantoja  
FUENTE: Dirección Regional de Senamhi - Lambayeque

### 5.1.10 Trabajos de descolmatación o limpieza

Son trabajos destinados a la limpieza de los cauces de ríos y quebradas de rocas, sedimentos, desechos u otro tipo de material, con la finalidad de que las aguas puedan discurrir sin ningún obstáculo, evitando desbordes e inundaciones, generalmente cuando no existe mucho material a eliminar se empuja hacia las laderas del cauce del río, reforzando los tramos afectados por la erosión, cuando existe excesos o se trata de cauces de material erosivo, la recomendación es su eliminación fuera del cauce.

### 5.1.10.1 Descolmatación y aprovechamiento para refuerzos de muros secos

Aprovechamiento del material a Descolmatación del cauce del río para el refuerzo de sus taludes con material propio.



***Refuerzo de diques secos erosionados, en el cauce del río Lurín, sector Cieneguilla***

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil

### 5.1.10.2 Descolmatación y eliminación fuera del cauce del río o de quebrada de material erosivo.

Eliminación del material acarreado por el río o los huaycos, de sus cauces al exterior.



***Río Rímac, sector de Tambo de viso limpieza y descolmatación***

FUENTE: Instituto Nacional de Defensa Civil



## 5.2 OBRAS DE PROTECCIÓN CONTRA HELADAS

### 5.2.1 Protección de viviendas contra la penetración del frío

#### Muros Trombe

**Tabiques colector de energía.-** Se coloca en la parte de una de las paredes de la vivienda o fuera de ellas, cerca a estas, horizontalmente, para recolectar la energía durante las horas de sol con la finalidad de incrementar la temperatura en las horas de frío especialmente durante la tarde o la noche.

**Horizontal.-** Se coloca doble capa de plástico sobre el suelo para evitar la humedad sobre la cual se colocan dos capas de ladrillo y adobe, la primera de ladrillo con paja intermedia, sobre la cual descansará la segunda capa de adobe (fig.1) y en la cual descansará un bastidor de madera de 6 celdas con una cubierta de plástico o vidrio debidamente sellado donde se acumula la energía solar (fig. 2) la cual es conducida mediante una tubería debidamente aislada, a la vivienda (fig. 3).



Fig. 1

FUENTE: SENCICO



Fig. 2

FUENTE: SENCICO



Fig. 3. Uno de los 7 prototipos que SENCICO construyó experimentalmente en la localidad de Jaylihuaya

FUENTE: SENCICO

**Vertical.-** Se inserta el panel colector de energía en uno de los muros de la vivienda.



***Muro trombe vertical instalado en una vivienda de adobe, uno de los seis prototipos experimentales que SENCICO construyó Ilave - Puno***

A fin de prevenir y disminuir la tasa de mortalidad en la población de niños menores de cinco años y ancianos, causadas por las heladas meteorológicas en zonas andinas y alto andinas, la Dirección Nacional de Defensa Nacional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a cargo de David Caballero, presentó el proyecto “Muro Trombe”. El principal objetivo del Muro Trombe es mejorar las condiciones de habitabilidad de las viviendas de las familias expuestas a heladas meteorológicas...

De igual forma busca promover el uso de tecnologías alternativas de calefacción, como un “Sistema pasivo de recolección de energía solar de forma indirecta” y promover una cultura de prevención ante eventos de origen natural, como son las heladas meteorológicas.

## **5.2.2 Protección de plantas contra la afectación del frío**

### **Waru Waru o Camellones**

Es un sistema de manejo de aguas destinadas a la mitigación de las heladas nocturnas en la región alto andina. Consiste en rodear las franjas de cultivos con agua, las que captan la energía solar durante el día y la libera por la noche, creando un aumento de la temperatura lo que protege los cultivos de las heladas.



**FUENTE: Foto Marilía Quispe Olanda**

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, aprovechando el efecto producido por la radiación solar con lo cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, regulando su temperatura, evitando con ello que las heladas afecten las plantas. Mayormente existen invernaderos instalados de forma precaria.

### 5.2.3 Protección del ganado contra Heladas.- mediante el uso de cobertizos

Ministerio de Agricultura (MINAG) a través de AgroRural ha construido 20 mil 16 cobertizos, los cuales están aptos para proteger a ganado vacuno, ovino y camélidos de 18 regiones del país durante la temporada de heladas del 2011 que se prevé será más intensa entre los meses de mayo y agosto. Estos cobertizos, habilitados en las zonas más pobres y vulnerables del país, ya han logrado beneficiar a más de 100,000 campesinos y proteger a cerca de un millón de animales

Para su construcción se ha considerado cada tipo de ganado, de ahí que 8,716 son para ganado vacuno; 9,070 para ovinos y 2,230 para alpacas.

Esta obra ha demandado una inversión de S/. 119 millones 828,763.06 nuevos soles, el costo promedio de cada cobertizo es S/. 6,065 y fueron construidos en las siguientes regiones:

Ancash (1,000), Arequipa (1,595), Amazonas (357), Apurímac (1,561), Ayacucho (1,480), Cusco (3,031), Cajamarca (679), Huancavelica (1,540), Huánuco (938), Junín (1,104), La Libertad (444), Lambayeque (71), Lima (580), Moquegua (403), Piura (56), Pasco (710), Puno (4,040) y Tacna (427). Los cobertizos tienen un área promedio de 120 m<sup>2</sup>, con 60 de área techada y albergan entre de 9 a 12 vacunos, o 50 alpacas madres gestantes y TUIS (alpacas recién nacidas), ó 50 a 70 ovejas madres. Los cobertizos duran en promedio entre 25 a 30 años y en su construcción se emplean materiales de la zona, así como columnas de concreto y madera y techos de laminados metálicos, previa elaboración del perfil técnico. La construcción de estos cobertizos permite a los campesinos garantizar mejores condiciones para la crianza de los animales, aumentar su producción y disminuir su mortandad.

#### KITS VETERINARIOS Y EMPAQUES DE HENO

Desde el 2006, además de los cobertizos, el Minag ha entregado a los campesinos kits veterinarios y empaques de heno como parte de las acciones preventivas y de mitigación adoptadas por el sector, con una inversión de 12 millones 616,445 nuevos soles, beneficiando a 186 mil campesinos, especialmente en las zonas centro y sur del país, las más afectadas por las heladas.

Los cobertizos y las medicinas veterinarias constituyen acciones del MINAG a fin de hacer frente al fenómeno de las heladas que todos años causa pérdidas económicas y de vidas en las zonas alto andinas del Perú.



FUENTE: Ministerio de Agricultura - AgroRural  
<http://www.obseragro.org/noticia/2011/Febrero/14/cobertizo.html>



# BIBLIOGRAFÍA

1. Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA de fecha 05 de Mayo del 2006, publicada el 08 de Mayo del 2006 se Aprueba 66 Normas Técnicas del Reglamento de Edificaciones – RNE
2. "Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente", 1998 Ed. Teide , autor : Luis Echarri.
3. Cho, S.E. 2009. Infiltration analysis to evaluate the surficial stability of two layered slopes considering rainfall characteristics. Engineering Geology -02910. Doi 10.1016. 12 Pág.
4. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG, Vol 7, N.º 13, 45-57 (2004) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico)
5. Secretaría de Energía, 1994. Estadística Hidrológica. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la Nación, Argentina, Tomo I: 367 p.
6. Wright, V. And S. Marriott, 1993. The sequence stratigraphy of fluvial depositional systems: the role of floodplain sediment storage. Sedimentary Geology, 86: 8 p.
7. Allen, J, 1982. Sedimentary Structures. Their character and physical basis. Elsevier Sci.Pub.Co., V.I, 593 p.
8. Ciria, Cur, 1991. Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering. Construction Industry and Information Association, Special Publication 83. Centre for Civil Engineering Research and Codes, Report 154. A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands.
9. U.S. Army Coastal Engineering Research Center, 1984. Shore Protection Manual, Books for Business, New York – Hong Kong, Vol 2. USA
10. Hurdle D.P., Stieve R. J. H., 1989. Wave Hindcast Model to Avoid Inconsistencies in Engineering Applications, Coastal Engineering, 1989, 12, 339-351
11. Rodríguez A., Fonseca L., «Comportamiento sísmico y alternativas de rehabilitación de edificaciones en adobe y tapia pisada con base en modelos a escala reducida ensayados en mesa vibratoria» Tesis de Maestría en Ingeniería Civil, Estructuras y Sísmica, Universidad de los Andes. 2003.
12. El Muro Trombe, <http://www.sencico.gob.pe/prensa/Noticias/noticia003.html>
13. Publicaciones del PRONAMACHCS: Manual para la Construcción de Cobertizos, <http://www.pronamachcs.gob.pe/downloads/publicaciones/00047.pdf>
14. Publicaciones del PRONAMACHCS: Manual de Usos y Funcionamiento de Cobertizos, <http://www.pronamachcs.gob.pe/downloads/publicaciones/00034.pdf>
15. PRONAMACHCS, Especificaciones Técnicas. Proyecto: Construcción de Cobertizos Alpacas - Ovinos, [http://www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/cobertizos/cobertizos\\_aoespecificacionestecnicas.pdf](http://www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/cobertizos/cobertizos_aoespecificacionestecnicas.pdf)
16. Anguita Virella, F., Procesos geológicos externos y geología ambiental. Madrid: Editorial Rueda



ISBN: 978-612-45491-7-5



**INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL**  
Calle Ricardo Ángulo Ramírez N° 694  
Urb. Córpac, San Isidro, Perú  
[defensacivil@indecivil.gob.pe](mailto:defensacivil@indecivil.gob.pe)  
[www.indecivil.gob.pe](http://www.indecivil.gob.pe)