



ESTADO DEL ARTE PARA EL EMPLEO DE MANTOS DE HORMIGÓN  
PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES

MARÍA ALEJANDRA CRUZ ALVAREZ

000268270

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2019



ESTADO DEL ARTE PARA EL EMPLEO DE MANTOS DE HORMIGÓN <sup>ii</sup>  
PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES

MARÍA ALEJANDRA CRUZ ALVAREZ

000268270

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE: INGENIERA CIVIL

DIRECTOR DE PROYECTO

MSc. JULIAN ANDRÉ GALVIS FLOREZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA

2019

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bucaramanga, Noviembre 2019

## Dedicatoria

*Dedico mi trabajo de grado principalmente a Dios porque fue él quien me permitió culminar esta etapa de mi vida, me dio salud y sabiduría para afrontar todas las dificultades que se me presentaron en el camino porque aunque no fue fácil, con ayuda de él y para él terminar mi carrera profesional fue posible.*

*A mis padres Fernando Enrique Cruz Berdugo y Nohora Patricia Alvarez Sanchez y mi hermano Fernando Enrique Cruz Alvarez que son el pilar fundamental de todo lo que soy, siempre me han apoyado y han dado todo su amor, toda su paciencia y todo su esfuerzo para que yo pudiera cumplir esta meta porque siempre confiaron en mis capacidades y en mi resistencia ante las adversidades.*

*A Carlos que nunca permitió que me rindiera y siempre se preocupó por mí y estuvo a mi lado brindándome su amor y apoyo.*

*A mi nana Nina que con sus palabras me dio la seguridad de tomar las decisiones que hoy me tienen aquí y siempre me inculco que Dios es el centro de toda mi vida.*

*A todos los que me apoyaron para concluir mi trabajo de grado.*

*María Alejandra Cruz Alvarez*

## Agradecimientos

*Principalmente a Dios que con su amor me ayudó a tomar decisiones acertadas en este camino que estoy terminando, porque me mantuvo en el camino correcto y me dio la oportunidad de ser constante y ser una mujer íntegra y capaz.*

*A mi padre que me brindó su amor, disposición y apoyo para la culminación de este proceso.*

*A mi director de tesis, el ingeniero MSc. Julián André Galvis Flórez por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.*

*María Alejandra Cruz Alvarez*

**Tabla de Contenidos**

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
3.	ANTECEDENTES .....	6
4.	JUSTIFICACIÓN .....	12
5.	OBJETIVOS .....	13
5.1	Objetivo General.....	13
5.2	Objetivos Específicos.....	13
6.	MARCO TEORICO.....	14
6.1	Erosión .....	14
6.2	Factores que Afectan la Erosionabilidad .....	16
6.3	Tipos de Erosión .....	17
6.3.1	Erosión en cárcavas.....	17
6.3.2	Erosión en surcos .....	18
6.3.3	Erosión laminar.....	19
6.3.4	Erosión eólica.....	20
6.3.5	Erosión acelerada.....	20
6.3.6	Erosión por gotas de lluvia .....	21
6.3.7	Erosión interna .....	21
6.4	Talud .....	22
6.5	Procesos de Falla.....	23
6.6	Pendiente del Talud.....	24
6.7	Concreto Lanzado .....	26
6.8	Manta de Hormigón .....	28
6.9	Tipos de Mantos de Hormigón .....	30
7.	METODOLOGÍA .....	32
8.	USO Y VENTAJAS DEL MANTO DE HORMIGON.....	33
8.1	Usos del Manto de Hormigón para el Control de la Erosión en taludes.....	33
8.2	Ventajas del manto de hormigón para el control de erosión.....	35
9.	COMPARACIÓN ENTRE EL MANTO DE HORMIGÓN Y EL CONCRETO LANZADO	
	38	
9.1	Proceso de instalación.....	38
9.1.1	Instalación del Manto de hormigón .....	38
9.1.2	Instalación del Concreto Lanzado.....	43
9.2	Comportamiento .....	48
9.2.1	Resistencia del Manto de hormigón.....	48
9.2.2	Resistencia del Concreto Lanzado .....	50
10.	NORMATIVIDAD .....	54
11.	CONCLUSIONES .....	58
12.	RECOMENDACIONES.....	60
13.	BIBLIOGRAFÍA .....	61

14.	ANEXOS .....	62vii
14.1	Otros Usos del Manto de Hormigón .....	63
14.1.1	Revestimiento en Zanjas y Canales .....	63
14.1.2	Revestimiento de Diques de Contención .....	64
14.1.3	Reparación .....	64
14.1.4	Revestimiento de Alcantarillas .....	65
14.1.5	Gaviones .....	65
14.1.6	Supresión de Maleza .....	66

## Lista de Tablas

Tabla 1. Causas de Inestabilidad de Taludes .....	24
Tabla 2. Tabla de Tipos de Mantos de hormigón .....	31
Tabla 3. Ventajas del manto de hormigón .....	35
Tabla 4. Procesos de Instalación Manto de Hormigón .....	39
Tabla 5. Proceso de Instalación del Concreto Lanzado Vía Húmeda.....	44
Tabla 6. Comportamiento Manto de Hormigón.....	48
Tabla 7. Comportamiento Concreto Lanzado .....	50
Tabla 8. Tensión Máxima que Actúa Sobre la Capa de Manto de Hormigón para Diferentes Alturas de Protección de Pendiente. ....	52
Tabla 9. Normatividad aplicada para el manto de hormigón y el concreto lanzado respectivamente.....	54

## Lista de Figuras

Figura 1. Procedimiento de la Erosión y sus Etapas.....	14
Figura 2. Formas de Afectación por la Erosión .....	15
Figura 3. Erosión por gotas de lluvia (agua).....	21
Figura 4. Sección Transversal del Manto de Hormigón .....	28
Figura 5. Instalación del Manto de Hormigón.....	38
Figura 6. Instalación del Concreto Lanzado .....	43
Figura 7. Tiempo – Resistencia a la compresión del Manto de Concreto y Concreto Lanzado...	51

## Lista de Fotografías

Fotografía 1. Erosión en Cárcavas .....	17
Fotografía 2. Erosión en Surcos.....	18
Fotografía 3. Erosion Laminar .....	19
Fotografía 4. Erosión eólica (erosión por viento) .....	20
Fotografía 5. Erosión Interna .....	22
Fotografía 6. Estabilidad de Taludes .....	23
Fotografía 7. Concreto lanzado Shotcrete.....	26
Fotografía 8. Rollo de manta de Hormigón .....	29
Fotografía 9. Protección de taludes con rollo de manta de hormigón. ....	34
Fotografía 10. Protección de taludes con rollo de manta de hormigón .....	34
Fotografía 11. Concreto Lanzado Vía Húmeda .....	46
Fotografía 12. Concreto Lanzado en Talud .....	47
Fotografía 13. Rollo de Hormigón.....	49
Fotografía 14. Revestimiento de Zanjás y Canales con Manto de Hormigón .....	63
Fotografía 15. Revestimiento de Casa para su Protección.....	64
Fotografía 16. Revestimiento en alcantarillas con Manto de Hormigón .....	65
Fotografía 17. Supresión de la Maleza empleando el Manto de Hormigón .....	66

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Pendiente del Talud .....	25
Ilustración 2. Métodos Proyección de Concreto .....	27

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** ESTADO DEL ARTE PARA EL EMPLEO DE MANTOS DE HORMIGÓN PARA CONTROLAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES

**AUTOR(ES):** MARÍA ALEJANDRA CRUZ ALVAREZ

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** JULIAN ANDRÉ GALVIS FLOREZ

### RESUMEN

Los taludes son una superficie inclinada en la cual actúan diferentes fuerzas las cuales por diferentes causas puede llegar a desestabilizar los taludes y con ello presentar fallas; una de las causas más comunes es la erosión, la cual se puede mitigar y controlar por diferentes métodos constructivos. El presente trabajo plantea poder evaluar técnicamente el uso de un manto de hormigón como elemento de protección frente a la acción de la erosión que favorezca la estabilidad de taludes respecto al concreto lanzado el cual es un método tradicional y ya conocido en Colombia. Este proceso se evaluará mediante ventajas, usos y normatividad si esta última llega a aplicar, ya que por ser una nueva tecnología, el uso de este proceso constructivo provoca prevención en cuanto a sus propiedades, instalación y demás.

**PALABRAS  
CLAVE:**

Estabilidad talud, geotecnia, erosión, control erosión, geotextil, tela flexible

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** STATE OF THE ART FOR THE USE OF CONCRETE  
BLANKETS TO CONTROL THE STABILITY OF TALUDES

**AUTHOR(S):** MARÍA ALEJANDRA CRUZ ALVAREZ

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** JULIAN ANDRÉ GALVIS FLOREZ

### ABSTRACT

The slopes are an inclined surface on which different forces act which, for different reasons, can destabilize the slopes and thereby present failures; One of the most common causes is erosion, which can be mitigated and controlled by different construction methods. The present work proposes to be able to technically evaluate the use of a concrete mantle as an element of protection against the action of erosion that favors the stability of slopes with respect to the concrete released which is a traditional method already known in Colombia. This process will be evaluated through advantages, uses and regulations if the latter comes to apply, since being a new technology, the use of this construction process causes prevention in terms of its properties, installation and others.

### KEYWORDS:

Slope stability, geotechnics, erosion, erosion control, geotextile, flexible fabric

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## 1. INTRODUCCIÓN

A través del tiempo se han implementado una serie de métodos para el control de la erosión en los taludes, dichos métodos son los más tradicionales que están asociados a unas actividades que eventualmente se deben realizar para su construcción. En específico, se cuentan con varios métodos tradicionales para la estabilización de taludes, los cuales están sujetos a variables naturales o de tipo constructivas que pueden afectar el método escogido.

En el presente trabajo se quiere dar a conocer una tecnología nueva para la estabilización de taludes, como ya lo son los mantos de hormigón; y de los cuales hay diferentes tipos de mantos y que pueden ser aplicados para diferentes usos aparte de la estabilización de taludes. Se entenderá esta tecnología como un modo rápido y eficaz en cuanto a tiempo para su implementación y control de la erosión, realizando un comparativo con los métodos ya tradicionales como lo son: el concreto proyectado para presentar una recomendación de la tecnología que se está implementando a nivel mundial y es incipiente en Colombia.

## 2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El cambio climático y la continua depredación del ambiente y la naturaleza, están generando cambios en los regímenes de lluvias que acompañados con el viento generan una aceleración en la erosión del suelo.

En la mayor parte de Colombia, se presentan zonas con pendientes altas, climas secos pero con intermitencias de lluvias intensas y vientos, lo que genera zonas inestables afectadas por la erosión y a esto se le suma la actividad humana que acrecienta el problema; hay diferentes autores que determinan que la erosión va en función directa de la cantidad e intensidad de lluvia, de la topografía del terreno, de las propiedades físicas y químicas del suelo y de las características de la vegetación, con lo anterior, se evidencia razonablemente que en Colombia, se están presentando fenómenos continuos de inestabilidad de taludes y deslizamientos de laderas por las razones anteriormente expuestas, que afectan a la población ya sea por interrupción vial, contaminación de cuerpos de agua o por otros riesgos que puedan generarse con la materialización de este fenómeno.

Los taludes presentan procesos geotécnicos activos que generalmente son movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que componen el talud, que pueden estar conformados por roca, relleno, suelo natural o una combinación de ellos. Estos movimientos se presentan a lo largo de la superficie de falla de los taludes y son ocasionados por caídas libres de rocas, movimientos de masas, flujos o erosión.

Para controlar la erosión que puede afectar la estabilidad de un talud, se emplea generalmente la cobertura vegetal, pero en algunos casos donde no se puede garantizar la

permanencia de la vegetación se vuelve necesario emplear otros tipos de sistemas de control, como lo son el uso de trinchos en taludes que son elementos generalmente en madera o metálicos que previenen la escorrentía superficial, las barreras de rollos prefabricados de fibras orgánicas y/o sintéticas que son rollos de fibra o fajinas prefabricadas con fibras orgánicas biodegradables, la barreras con geo sintéticos que son barreras verticales de geo textil apoyados sobre postes hincados de poca altura, la hidro siembra que acelera la vegetación, las mallas reforzadas cuando hay presencia de rocas sueltas en taludes y el recubrimiento de concreto proyectado con refuerzo en acero, todas estas metodologías de protección de superficies de taludes, consumen más tiempo que las nuevas tecnologías que se vienen trabajando en obras y que no se han implementado en Colombia porque se desconoce su uso o se tiene prevención al cambio.

En algunos proyectos de ingeniería, se presentan emergencias en las cuales, se hace necesario la protección de los mismos y existen medidas más rápidas para poder volver más eficiente la obra y brindar la misma protección en menor tiempo.

Los mantos de hormigón, pueden ser una solución viable para ser implementados en los casos donde se requería una intervención rápida de protección a los taludes resultantes de cortes.

### 3. ANTECEDENTES

Título del Artículo	Autor(es)	Resumen	Nombre del documento
<p>LOS MUROS DEL PUERTO DE BUENOS AIRES Y EL CAMBIO DE COTA DE DRAGADO</p>	<p>Alejo Oscar Sfriso Facultad de Ingeniería - UBA y Triaxis SRL RESUM</p>	<p>En el Puerto de Argentina, Buenos Aires tiene disposiciones de contención, las cuales están formadas por muros de gravedad de hormigón fundados en los suelos de la formación Pampeano, con un relleno el cual está compuesto por materiales sueltos de baja plasticidad.</p> <p>La estabilidad de estos muros ha sido satisfactoria para las condiciones de operación del pasado, pero el cambio de pendiente ha provocado el incremento de carga en la superficie lo cual obliga a</p>	<p>LOS MUROS DEL PUERTO DE BUENOS AIRES Y EL CAMBIO DE COTA DE DRAGADO</p>

		<p>evaluar las condiciones de estabilidad de las estructuras del puerto de contención y a valorar las posibles soluciones de consolidación.</p>	
--	--	---	--

<p>Análisis comparativo entre la utilización de las mantas de hormigón y el hormigón armado en diferentes secciones de revestimiento de canales</p>	<p>Navarro Valenzuela, Cristian Gonzalo</p>	<p>El trabajo expuesto plantea desarrollar una investigación y un análisis comparativo entre el uso de un nuevo producto de revestimiento d, llamado “Manta de Hormigón”, el cual consiste básicamente en un tejido flexible, impregnado de un agregado de cemento y concreto tradicional, que llega a endurecerse cuando se hidrata con agua ya sea salada o natural.</p> <p>Este producto forma una delgada y perdurable capa de hormigón, aislada e incombustible, en comparación con el método tradicional de obra de revestimientos de hormigón armado, para establecer ventajas semejantes en sus factores constructivos de</p>	<p>Análisis comparativo entre la utilización de las mantas de hormigón y el hormigón armado en diferentes secciones de revestimiento de canales</p>
---	---	---	---

		costo, rendimiento, instalación y eficiencia.	
Mejora de las propiedades mecánicas de la lona de hormigón por el cemento sulfoaluminato de calico anhidrita modificado	Han Fangyu 1, Huisu Chen 1, xiangyu Li 2, Buchuan Bao 1, Tao Lv 3, Zhang Wulong 3 y Wen Hui Duan 2	Una enunciación cuidadosamente diseñada de polvo de cemento seco para la lona de hormigón, que se espera que tenga altas resistencias mecánicas y tiempos de fraguado cortos cuando se fragua, el cual se obtiene mediante la renovación parcial del cemento de calcio	Mejora de las propiedades mecánicas de la lona de hormigón por el cemento sulfoaluminato de calico anhidrita modificado

sulfoaluminato (CSA) con anhidrita en cuatro niveles (0%, 10%, 20 % y el 30% en masa de cemento CSA).

La atribución de la finura de la anhidrita en las propiedades mecánicas de la lona concreto y su anisotropía mecánica se entró a indagar tanto los análisis de difracción de rayos X y calorimetría isotérmica los cuales se utilizaron para averiguar el mecanismo subyacente de este.

<p>Hormigón en un rollo Resuelve Mina Drenaje Problema</p>	<p>Engineering &amp; Mining Journal (00958948)</p>	<p>Este nuevo producto es sumergido completamente en el agua.</p> <p>Una vez determinado, las fibras refuerzan la concreto, la prevención de la difusión de grietas y suministrar un modo de fallo de plástico conveniente y seguro.</p> <p>Se encuentra disponible en rollos a granel o por lotes en tres espesores que son los siguientes: CC5, CC8 y CC13, que son 5, 8 y 13 mm respectivamente de espesor.</p> <p>Se le describe a él como “concreto en un rollo.”</p>	<p>Hormigón en un rollo Resuelve Mina Drenaje Problema</p>
--	--	--	--

#### 4. JUSTIFICACIÓN

A lo largo de los años se han implementado diversas metodologías para la estabilización de taludes teniendo como propósito, brindar seguridad y garantizar cierta vida útil en condiciones de continuo cambio en el ambiente que normalmente se pueden presentar en donde existen cortes de taludes. Por esto, se quiere eliminar la aversión que se tiene al cambio de estas metodologías por nuevas tecnologías que ya en muchos países se están implementando y que se puede evidenciar que son eficaces y confiables.

El manto de hormigón al ser una tecnología nueva e innovadora, se vuelve desconocida al momento de entrar a revisar y planear con que metodología se va a trabajar para controlar la erosión en la estabilización de taludes, lo que produce cierta prevención ya que al no tener tanta divulgación, se evita su uso y estudio, lo que provoca volver al manejo de los métodos tradicionales, ya que de estos, se tiene pleno conocimiento en cuanto a su ficha técnica y procesos, lo que logra brindar tranquilidad en la escogencia de su implementación ya que funciona y cumple su objetivo como lo hacen las nuevas tecnologías de las cuales se tienen total desconocimiento.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo General

Evaluar técnicamente el uso del MANTO DE HORMIGÓN como elemento de protección frente a la acción de la erosión que favorezca la estabilidad de taludes.

### 5.2 Objetivos Específicos

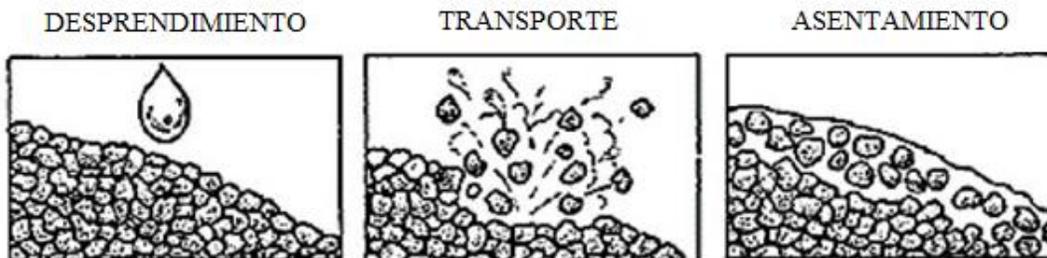
- Identificar el uso y ventajas que tiene el manto de hormigón como metodología para el control de erosión
- Investigar el proceso de instalación y comportamiento de un manto de hormigón comparado con el concreto lanzado en el campo de la geotecnia para proponer su uso en Colombia
- Comparar las características técnicas y normatividad entre el manto de hormigón con el concreto lanzado en la estabilización de taludes

## 6. MARCO TEORICO

### 6.1 Erosión

Es el proceso de arrastre, desprendimiento y desgaste de material de suelo o roca madre por acción de procesos geológicos, así como por el viento, corrientes superficiales de agua, cambios de temperatura y operación de seres vivos. La erosión comprende el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca generados tanto por el agua como por el viento. [1]

**Figura 1.** Procedimiento de la Erosión y sus Etapas



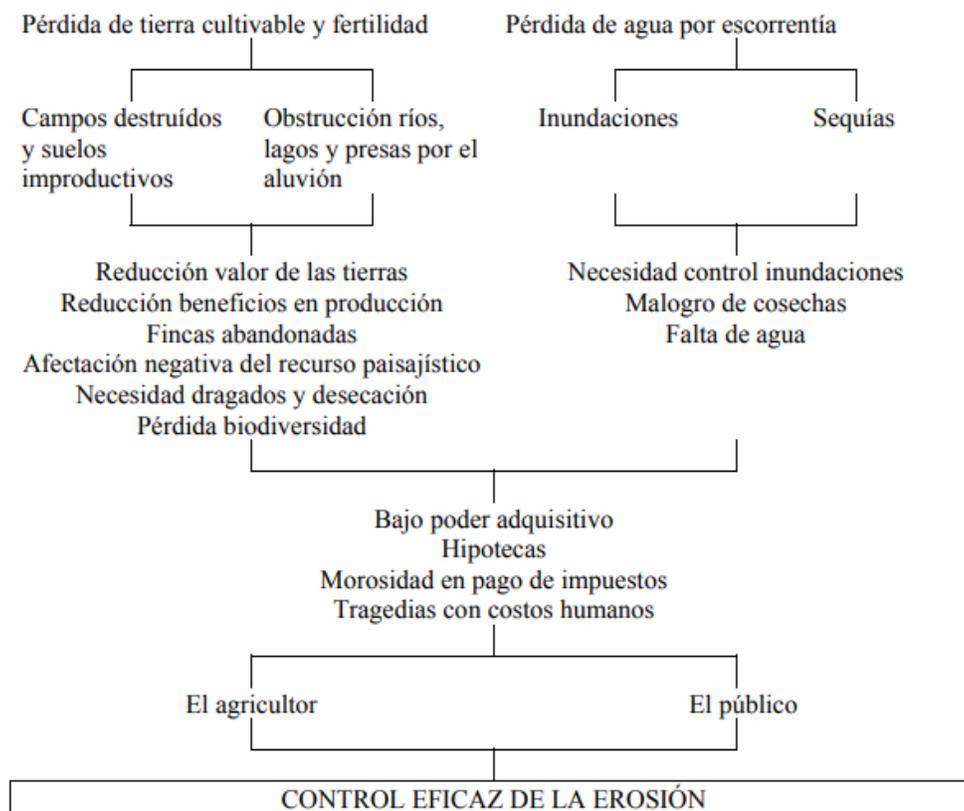
Fuente: Scribd.com.co

En términos generales la erosión comprende la existencia de dos componentes que están implícitos en el proceso: el pasivo que es el suelo, y el activo que es el viento, el agua o la participación de los dos; por otro lado, la vegetación actúa como un moderador de la relación entre ambos componentes.

Los procesos geomorfológicos están comprendidos y relacionados por dos factores: los factores internos que son la litología, estructura, volcanismo y topografía, y los factores externos que son la temperatura, precipitación, clima y organismos.

El fenómeno erosivo afecta en gran parte al desarrollo de una localidad, región, departamento y/o territorio, que, por el desgaste, arrastre y pérdida de material de suelo, afectan directamente a las comunidades y sus dependientes ya que se hace difícil el aprovechamiento de los mismos y se pierde su capacidad productiva. Estas pérdidas son ilustradas en la Figura 2.

**Figura 2.** Formas de Afectación por la Erosión



Fuente: Adaptado de Ayres, 1960

## 6.2 Factores que Afectan la Erosionabilidad

Según Ayres existen tres fuerzas activas de erosión: agua, viento y hielo, esto no quiere decir que sin ellas no haya erosión, sino que son los elementos esenciales para que esta ocurra. [2]

La hídrica es la de mayor interés ya que en los espacios geográficos sujetos a condiciones climáticas en donde la frecuencia de lluvias de alta intensidad abundante se vuelven las causantes principales de la erosión sin dejar a tras a la eólica y la glacial.

Vanoni expresa que los factores básicos que limitan la erosionabilidad de un suelo son: [3]

- Temperatura
- Índice de plasticidad
- Resistencia al corte (cohesión)
- Tamaña y distribución de partículas
- Área expuesta
- Intensidad de lluvia
- Pendiente del terreno
- Rata de escorrentía
- Porcentaje y tipo de suelos
- Factores geométricos
- Valencia de los iones absorbidos
- Contenido de arcilla
- Tipo de arcilla
- Orientación de las partículas

La erosión se da por el problema de las fuerzas en la superficie del suelo no por corte, ya que las partículas están influenciadas por la localización y geometría de ellas. Estas

partículas están expuestas a fuerzas netas menores que las que están debajo de la superficie. Para suelos granulares las fuerzas que contienen el movimiento son principalmente producidas por el propio peso de las partículas, en cambio en los suelos finos la fuerza la genera la cohesión.

Cada fenómeno es diferente para cada tipo de suelo, los fenómenos en suelos granulares son diferentes de los suelos cohesivos.

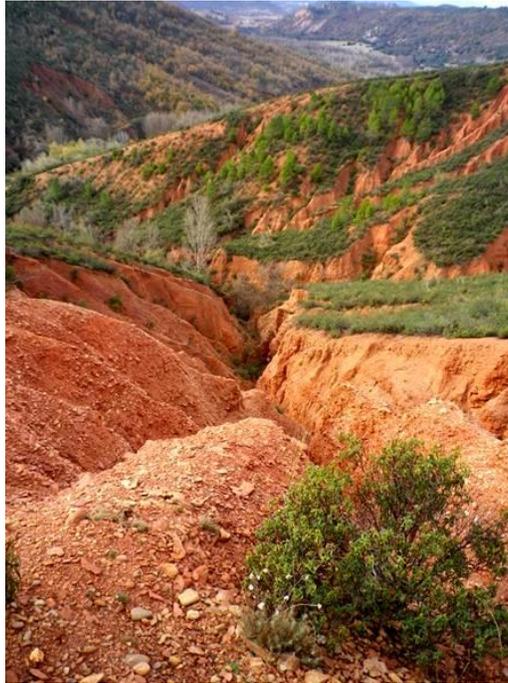
### **6.3 Tipos de Erosión**

Existen varios tipos de erosión producidos tanto por el viento como por el agua, así [1]:

#### **6.3.1 Erosión en cárcavas**

Es la causante de profundas excavaciones en el suelo, formando conductos profundos concentrados en un sitio determinado. Surge generalmente luego de la erosión laminar y en surcos.

**Fotografía 1.** Erosión en Cárcavas



Fuente: Blog de la Vereda de Puebla

### **6.3.2 Erosión en surcos**

Se debe a la remoción del suelo o roca por el flujo y escurrimiento en pequeños surcos o arroyuelos. Se presenta cuando la carga de sedimentos en el flujo es menor a la carga que puede soportar. El desprendimiento y transporte de partículas de suelo son mayores que en la laminar.

**Fotografía 2.** Erosión en Surcos



Fuente: Universidad de Valencia, Estudios Descriptivos

### **6.3.3 Erosión laminar**

Se da por el efecto de la lluvia o el escurrimiento de las aguas lo que produce el desprendimiento de las capas más superficiales del suelo. El desprendimiento y transporte de partículas de suelo son mayores por capas de tienden a profundizarse.

**Fotografía 3.** Erosion Laminar



Fuente: AEFA Asociación Española de Fabricantes de Agro-Nutrientes

#### **6.3.4 Erosión eólica**

La erosión por el viento se produce cuando este ejerce fuerzas de fricción y el levantamiento y remoción de material fino del suelo, transportándolas y depositándolas. Causa deterioro de la estructura del suelo.

**Fotografía 4.** Erosión eólica (erosión por viento)



Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA

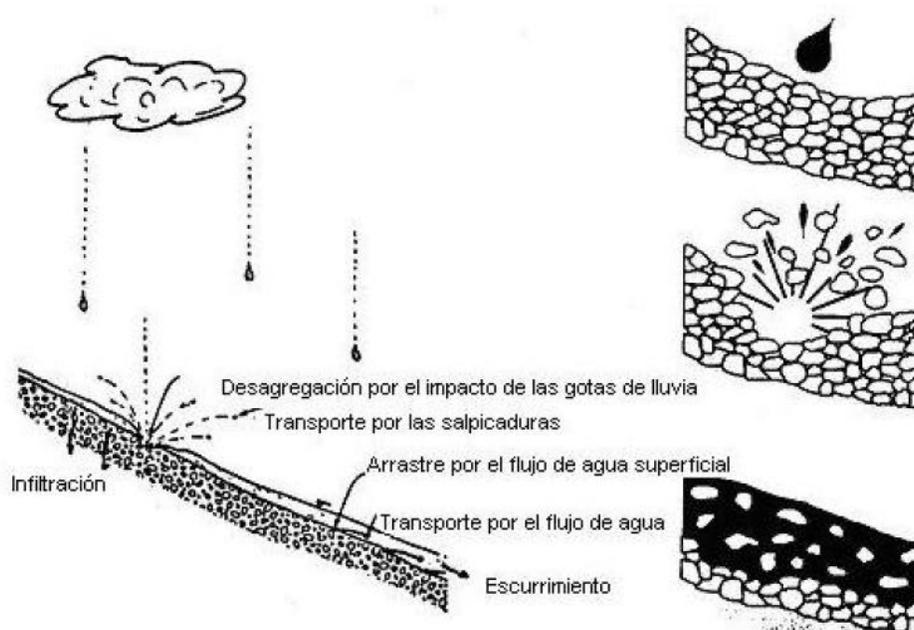
#### **6.3.5 Erosión acelerada**

Esta ocurre cuando se alteran las condiciones naturales del suelo por (cambios en el clima, acciones geológicas, acción de animales, etc.). La principal y más frecuente causa de esta erosión es la acción humana (deforestación, destrucción de la vegetación).

### 6.3.6 Erosión por gotas de lluvia

Ocurre cuando las gotas de agua impactan en el suelo y provocan el movimiento de partículas.

**Figura 3.** Erosión por gotas de lluvia (agua)



Fuente: [www.researchgate.net/figure/Figura-2-3-Inicio-de-erosion-por-gotas-de-lluvia-Rivera-Trejo-et-al-2006\\_fig1\\_267511917](http://www.researchgate.net/figure/Figura-2-3-Inicio-de-erosion-por-gotas-de-lluvia-Rivera-Trejo-et-al-2006_fig1_267511917)

### 6.3.7 Erosión interna

Es el flujo de agua que pasa a través del suelo que transporta partículas a lo largo del fondo de cimentaciones.

**Fotografía 5.** Erosión Interna



Fuente: <http://servicioforestal.blogspot.com/2008/01/erosion.html>

Estos fenómenos afectan directamente al suelo y por ende al talud en toda su estructura, siendo así un problema relacionado con la resistencia al corte del suelo comúnmente conexo a la teoría de la plasticidad ya que con ellos se analizan los fenómenos de deslizamiento de tierra que son originados por la erosión del suelo, la cual supone que en el cuerpo del talud existe una línea de falla potencial en equilibrio límite.

#### **6.4 Talud**

Recibe este nombre, cualquier superficie inclinada que no sea plana y que tenga pendiente respecto a la horizontal que reciben permanentemente las aglomeraciones de tierras.

Pueden ser naturales (cortes de laderas, ríos o barrancas), o como consecuencia de la intervención humana (cortes y terraplenes). Se conocen con el nombre genérico de taludes cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que haya de adoptar permanentemente masas de tierra. [4]

### Fotografía 6. Estabilidad de Taludes



Fuente: [Geostru.edu/es/estabilidad-de-taludes/](http://Geostru.edu/es/estabilidad-de-taludes/)

## 6.5 Procesos de Falla

La ocurrencia de falla comprende una cantidad de elementos los cuales van de la mano con los procesos naturales de un talud los cuales son susceptibles a deslizamientos y potencialmente a la falla de estos, los factores de deterioro producen una disminución de resistencia al cortante del material, ya sea por fisuras, desmoronamiento, por reducción de la cohesión y descomposición de material lo que produce movimientos en los taludes. Los

factores detonantes es un aumento en los esfuerzos del cortante en la superficie de falla de complejos procesos junto con los factores de deterioro. La falla del talud es un proceso seguido de los factores detonantes, no suceden de forma repentina y las deformaciones producidas por los esfuerzos disminuyen la resistencia y afectan a los taludes y producen su rotura. [5]

Estos procesos están concatenados a unas causas que ocasionan la inestabilidad de taludes las cuales son las siguientes:

**Tabla 1.** Causas de Inestabilidad de Taludes

<b>Causas de Inestabilidad de Taludes</b>	
Causas que producen aumento en los esfuerzos:	Causas que producen disminución de resistencia:
Cargas extras, como edificios o agua	Expansión de las arcillas por absorción de agua
Aumento del peso de la tierra por aumento de la humedad	Presión de agua intersticial (esfuerzo neutro)
Remoción por excavación de parte de la masa de tierra	Dstrucción de la estructura, suelta o de panal, de suelo por choque, vibración o actividad sísmica
Socavación producidas por perforaciones, derrumbes erosión por infiltración	Fisuras capilares producidas por las alternativas de expansión y contracción o por grietas de tensión
Grietas de tensión	Deformaciones y falla progresiva en suelos sensibles
Presiones de aguas	Deterioro del material cementante
Choques producidos por terremotos	

Fuente: [Geostru.edu/es/estabilidad-de-taludes/](http://Geostru.edu/es/estabilidad-de-taludes/)

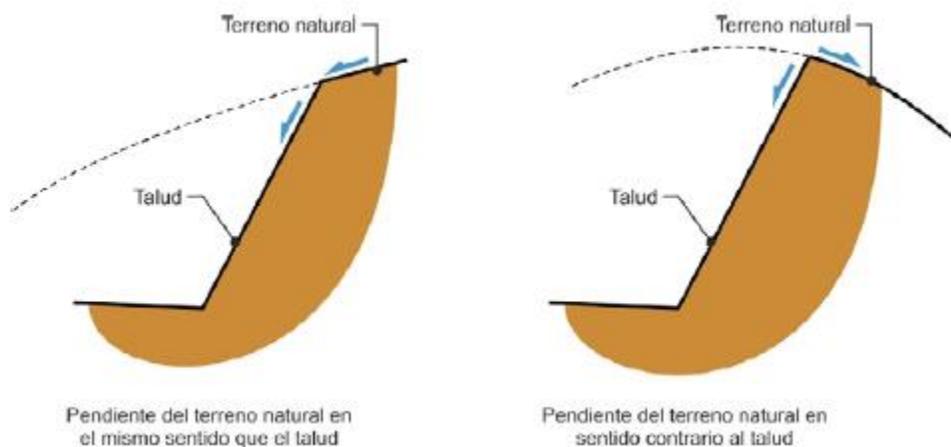
## 6.6 Pendiente del Talud

Para poder diseñar la pendiente de un talud primeramente es necesario analizar las condiciones en las que se encuentra la estructura y los materiales que constituyen a dicho talud.

El talud a estar conformado por suelo y roca, hace que sea difícil su manejo y provoca que se deterioren rápidamente con el paso del tiempo, provocando la desestabilización de este y seguidamente su falla. Para elegir el valor de la pendiente del talud que se va a usar se deben conocer en conjunto todos los materiales que conforman al talud, analizando su influencia en este.

Normalmente la resistencia del material a utilizar en la estabilización del talud varía de acuerdo a la profundidad a la que se vaya a excavar según sea su pendiente.

**Ilustración 1.** Pendiente del Talud



Fuente: [http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/5\\_2ic2016/apartados/3.htm](http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/5_2ic2016/apartados/3.htm)

## 6.7 Concreto Lanzado

Es un material desarrollado especialmente para ser proyectado de forma neumática a través de una manguera a gran velocidad sobre una superficie. Esta elaborado a base de cemento, el cual posee una granulometría específica y puede o no llevar aditivos y adiciones de acuerdo a las condiciones expuestas por el solicitante; este material pasa por una manguera que utiliza compresores que expulsan aire comprimido el cual despide este material hacia la superficie requerida, este es usado para diferentes métodos constructivos. Es un producto diseñado bajo parámetros provenientes de las recomendaciones de la ACI (American Concrete Institute). [6]

**Fotografía 7.** Concreto lanzado Shotcrete



Fuente: B.C Ministry of Transportation and Infraestructure

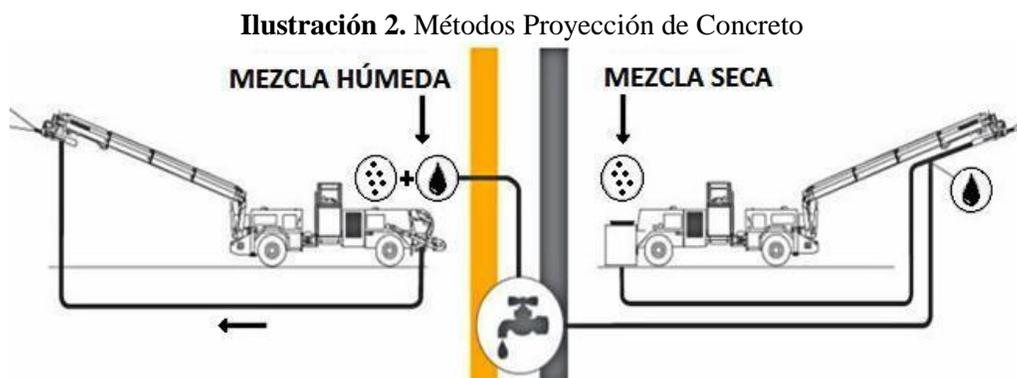
El concreto lanzado o shotcrete tiene dos métodos de aplicación, uno de estos es proyección por vía húmeda y otro es proyección por vía seca.

El método de aplicación predominante y por el cual es una tecnología a futuro es la proyección del concreto lanzado vía húmeda ya que, al ser un mortero lanzado a una velocidad alta, hace que su el agua para su hidratación ya agregada a la planta dosificadora antes de su aplicación sea más efectiva ya que estos procesos de desarrollo tecnológico son relacionados directamente a esta aplicación. [7]

En cambio, la aplicación por vía seca el agua que es necesaria para la hidratación del material es aplicada directamente en la boquilla lo que produce que este método de aplicación sea más lento y aunque se tenga un amplio conocimiento de este no es comparado con una tecnología ni su desarrollo ya que genera mucho rebote, desperdicio y presenta altos tiempos en su aplicación.

Los métodos constructivos a lo largo del tiempo van mejorando y evolucionando a lo que el medio lo exige, la manta de hormigón es una nueva tecnología la cual ofrece propiedades y sus usos son muy particulares.

Al usarse un concreto ya mezclado o pre mezclado para la proyección del concreto por vía húmeda, produce una calidad constante después de su aplicación, aunque genera rebote su resistencia a la compresión es mucho mayor que por vía seca.

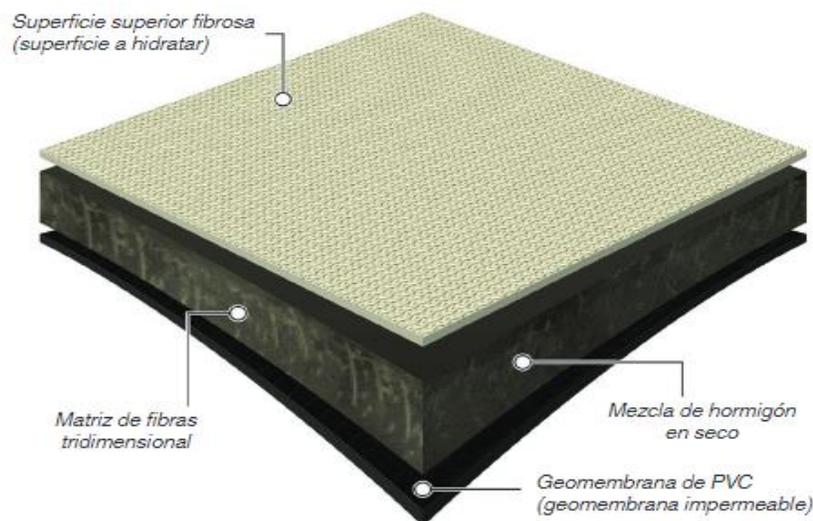


Fuente: <https://docplayer.es/51257824-Estudio-de-sistemas-de-sostenimiento-de-suelo-en-excavaciones-en-edificios-memoria-para-optar-al-titulo-de-ingeniero-civil.html>

## 6.8 Manta de Hormigón

La manta de hormigón es una nueva técnica elaborada por una empresa británica, la cual está elaborada por un tejido flexible saturado de hormigón cerámico especialmente formulado y armado por una malla tridimensional de fibras plásticas internas compuestas principalmente por polietileno y polipropileno, el cual esta enrollado y que al hidratarlo sumergiéndola o rociándola con agua salada o dulce adquiere una resistencia en poco tiempo.

**Figura 4.** Sección Transversal del Manto de Hormigón



Fuente: Lumus.com

Este material constructivo posee 4 beneficios básicos que son su instalación rápida, su uso fácil, su reducción de costos operativos y que es amigable con el medio ambiente,

volviéndolo ecológico; lo que hacen de esta tecnología en desarrollo un potencial para su implementación continua en la estabilización de taludes ya que aporta una competencia ante los otros procesos utilizados normalmente.

Al tener su sección transversal evidenciamos su composición la cual es muy simple para la cantidad de aplicaciones que este elemento tiene ya que es una alternativa óptima para reemplazar al concreto lanzado en el control de la erosión y la estabilización de taludes por sus propiedades mecánicas que evidencian su moldeabilidad temprana, dependiendo de la temperatura del sector donde se implementó.

**Fotografía 8.** Rollo de manta de Hormigón



Fuente: Flickr- Andrew Moser

Este método no necesita de otros equipos para su elaboración y posterior aplicación en donde vaya a ser trabajada, por ende, no se necesitan mezcladoras ni plantas para su fabricación, solo se necesita agregarle agua y humedecerla.

Posee una membrana de PVC la cual aporta impermeabilidad a la manta de hormigón, la malla tridimensional de fibras es utilizada como armadura para poder impedir la aparición de fisuras y aportándole mayor firmeza a esta. [8]

Las fibras sintéticas son las encargadas de conectar la capa de PVC y el tejido de poliéster controlando el volumen interno del material, la distribución y la densidad de este.

Para la elección de los espesores de la manta de hormigón a usar se debe tener en cuenta que esta depende directamente de la pendiente que tenga el terreno a trabajar y del tipo de suelo que posea.

A continuación, se mencionarán los tipos de mantas de hormigón que existen actualmente en el mercado.

## **6.9 Tipos de Mantos de Hormigón**

Actualmente en el mercado existen tres tipos de mantas de hormigón los cuales se encuentran disponibles según la demanda que se tenga y su uso.

Las dos principales diferencias entre ellos son:

1. Su ancho
2. Su espesor

Para los cuales cada uno tiene su referencia y especificación, cada uno se presenta en forma de rollo el cual facilita su transporte y posteriormente aplicación en el talud a estabilizar ya

que la cantidad de rollo a utilizar dependerá directamente del espesor demandado por la manta.

**Tabla 2.** Tabla de Tipos de Mantos de hormigón

Producto	Espesor nominal (mm)	Tamaño del rollo pequeño (m <sup>2</sup> )	Tamaño del rollo grande (m <sup>2</sup> )	Ancho del rollo (m)
CC5™	5	10	200	1.0
CC8™	8	5	125	1.1
CC13™	13	N/A	80	1.1

Fuente: Guía Usuario Concrete Canvas

Cada rollo de manto de hormigón pesa alrededor de 1500 Kg aproximadamente y se encuentran envueltos por fuera de un rollo de cartón el cual facilita su aplicación y posterior izaje mediante la maquinaria adecuada.

La manta de hormigón posee diversos usos a los cuales este método puede ser aplicado para la mitigación de posibles fallas que se puedan presentar a futuro.

A continuación, se describirán uno de los muchos usos de la manta de hormigón

## 7. METODOLOGÍA

La metodología empleada fue la siguiente:



Siguiendo estos pasos se recopiló la información para la elaboración y desarrollo de los objetivos específicos.

## **8. USO Y VENTAJAS DEL MANTO DE HORMIGON**

### **8.1 Usos del Manto de Hormigón para el Control de la Erosión en taludes**

La erosión en los taludes se presenta frecuentemente y es un tema que puede generar grandes problemas en su entorno y en sus lugares adyacentes, como alternativa y solución a esta complicación, primero se debe estudiar y entender las condiciones a las cuales está el talud y mirar cómo será la mitigación a este obstáculo.

Si bien, las continuas innovaciones en el tema de la industria constructiva para el desarrollo incesante de los métodos convencionales utilizados en la solución a estos problemas, surge y se consolida como nuevo producto en la industria actual, el manto de hormigón, el cual puede ser usado de manera temporal o permanente en la solución a estos inconvenientes frecuentes, ya sea para el control de la erosión en taludes, defensa de enrocados y/o muros de contención, ya que al estar expuestos permanentemente al deterioro ambiental, hace que sea necesario reforzarlos por medio de este sistema para que su vida útil sea más larga.

Cuando un talud se encuentra en riesgo erosionable en la superficie por las fuerzas ambientales que lo impactan, ya sea por acción separada del agua, el viento, el hielo o en su defecto las tres, las partículas de este pueden ser arrastradas, provocando y desencadenando problemas mayores convirtiéndose en un combinación ambiental y de seguridad para las zonas aledañas a este. [9]

Al requerirse medidas adicionales de protección diferentes al ya conocido como lo es el concreto proyectado, el manto de hormigón por su forma de trabajar, se adapta al perímetro de la superficie a la cual va a estar expuesto, el cual es usado normalmente para controlar

y/o evitar la erosión de los taludes que están en peligro de deslizamiento o que requieren protección para impedir el constante deterioro ambiental al que se encuentran.

**Fotografía 9.** Protección de taludes con rollo de manta de hormigón.



Fuente: Cortesía Concrete Canvas

**Fotografía 10.** Protección de taludes con rollo de manta de hormigón



Fuente: Civilgeeks.com

Debido a los grandes niveles de lluvia y a la erosión producida por la intemperie al que se encuentran sujetos los taludes, hacen que se provoque la constante caída de rocas en sectores colindantes conduciendo el colapso del talud en poco tiempo.

## 8.2 Ventajas del manto de hormigón para el control de erosión

Al ser una nueva tecnología se ha ido incorporando en los métodos constructivos actuales ya que presenta ventajas como las que se muestran a continuación:

**Tabla 3.** Ventajas del manto de hormigón

#	Ítem	Descripción	Beneficio
1	Tiempo de Instalación	El tiempo de Instalación es 10 veces más rápido que los métodos habituales ya conocidos.	Permite acortar los tiempos de instalación ya que el manto de hormigón puede ser trabajado en una tasa de 200 m <sup>2</sup> por hora, especialmente en lugares de difícil acceso.
2	Desperdicio	Al ser un material medible no genera retroceso (rebote o desperdicio).	El manto de hormigón es cuantificable lo que no genera desperdicio ni riesgo ante el personal que lo maneja ni tampoco a infraestructuras adyacentes a donde se está trabajando.
3	Preparación del Terreno	Ahorro en costo de preparación de terrenos de acceso.	Como es un material tan versátil no se necesita adaptar el terreno ya que no necesita máquinas especiales ni complementarias para su implementación.

4	Clima	Puede trabajarse bajo lluvia.	Al ser un material hidratado no sufre sobre hidratación al ser instalado en climas húmedos ya que no hay cese de operación y es maleable por 1 a 2 horas.
5	Facilidad y Destreza	Es un producto de fácil instalación.	Como no requiere armados adicionales ni dosificación con precisión, no requiere mano de obra especializada para desarrollar el trabajo.
6	Protección contra la Erosión	Sirve de protección contra la erosión a largo plazo.	Ya que al tener doble resistencia a la abrasión que el hormigón convencional, posee una alta resistencia contra productos químicos y no se deteriora ni genera desgaste contra los rayos del sol.
7	Mantenimiento	Reduce los requisitos de mantenimiento.	Posee una eliminación efectiva de la maleza lo que conlleva a que el mantenimiento por vegetación no se llegue a necesitar, lo que hace que se alargue su vida útil.
8	Flexibilidad	Se adapta a cualquier espacio.	Material versátil ya que se adapta a cualquier pendiente y/o corte reduciendo el impacto del agua, mitigando deslizamientos y fallas de terraplén.

9	Protección contra Agrietamientos	Posee una fibra plástica de protección.	La fibra plástica de PVC que posee el manto de hormigón provoca que el material sea resistente a sufrir fisuras y agrietamientos, lo cual genera deformaciones limitadas del material in situ evitando el crecimiento de vegetación.
10	Operación Rápida	No genera taponamiento.	Al no necesitarse equipos extras para su instalación, no obstaculiza las vías públicas ni de acceso.
11	Emisiones CO2	Se producen menos emisiones de CO2	Al generar menos impacto ambiental hace que se ahorre hasta un 95% del material típico usado en un proyecto de cimentación, lo que provoca una reducción de la huella de Carbono de los trabajos de construcción, ya que se genera un ahorro en el transporte y tiempo a la obra.

Fuente: <https://www.concretcanvas.com/proteccion-de-taludes>

El manto de hormigón como lo dice la tabla anterior, posee muchas ventajas las cuales hacen de este proceso constructivo un método viable y óptimo para usarse en el control de la estabilidad de taludes.

Para poder entender más estos procesos constructivos, debemos tener claro cómo funciona cada uno por aparte, tanto como el manto de hormigón como el concreto lanzado.

## **9. COMPARACIÓN ENTRE EL MANTO DE HORMIGÓN Y EL CONCRETO LANZADO**

### **9.1 Proceso de instalación**

El proceso de instalación es diferente para cada proceso constructivo estudiado, ya que, aunque su elemento principal es el hormigón convencional, el manto de hormigón y el concreto lanzado poseen diferentes técnicas de instalación, las cuales hacen que uno de estos dos métodos sea más eficiente a la hora de su ejecución.

#### **9.1.1 Instalación del Manto de hormigón**

Los procesos de instalación del manto de hormigón son los siguientes:

**Figura 5.** Instalación del Manto de Hormigón.



Fuente: Autor

Según la Figura 4. Se observa el proceso de instalación y cada paso de instalación del manto de hormigón en el cual se puede evidenciar lo rápido que es el uso de este material cuando se emplea para cualquier construcción y para la estabilización de taludes, es una tecnología la cual reduce tiempo, costos y procesos lo que genera eficacia y rapidez en la terminación de una obra.

**Tabla 4.** Procesos de Instalación Manto de Hormigón

#	Proceso	Descripción
---	---------	-------------

1	Preparación de la Superficie Existente	<p>El manto de hormigón puede adaptarse a cualquier superficie para el cual será usado. El grado de preparación del terreo al que será expuesto este sistema, está sujeto a una terminación superficial requerida y además es recomendable retirar todo el material vegetal, suelo sueltos y demás objetos que puedan generar espacios entre el manto de hormigón y la superficie portante provocando infiltraciones.</p>
2	Despliegue del Manto de Hormigón	<p>Se debe desempacar el manto de hormigón siguiendo las instrucciones del empaque del material dadas por el fabricante. Antes de iniciar con el posicionamiento y la fijación, se tiene que asegurar y tener en cuenta de que la superficie fibrosa del manto debe estar mirando hacia arriba y la membrana de PVC en dirección y contacto con el suelo.</p>

3	Posicionamiento y Fijación del Manto de Hormigón	<p>Al colocar el manto de hormigón, debe asegurarse de que el talud sea estable y presente una superficie adecuada para su posicionamiento; luego de esto, como se observa en la (fotografía 10.) se procede a extender el manto de hormigón, cubriendo con la lámina toda la extensión del talud a proteger, anclándolo en los extremos superiores mediante estacas o flejes (tipo "U" o bastón) metálicos. Antes de hidratar el manto de hormigón estos anclajes deben quedar listos según las recomendaciones del geotecnistas y fabricante del manto. En el momento de posicionar los rollos debe asegurarse un traslape de mínimo 10 cm entre cada manto, y que cada manto extendido esté en dirección paralela al flujo del caudal para evitar filtraciones. Se debe construir canaletas (zanjas de control de agua) según diseños requeridos para el talud a tratar cubriéndolas igualmente con la manta de hormigón; las estacas y/o flejes usados deben estar a 1m de profundidad separados entre 2 a 2,5 metros entre sí.</p> <p>También se puede fijar los mantos con tornillos; Uno de los métodos más fáciles y rápidos es la unión mediante tornilleras cada 20 cm, puede usarse destornillador portátil de suministro automático. Se recomienda usar adhesivo sellante, para garantizar una mayor adherencia e impermeabilidad en las juntas.</p>
---	--	--

4	Hidratación del Manto de Hormigón	<p>La hidratación es un proceso muy sencillo, simplemente se le debe rociar agua al manto de hormigón, no importa la clase de agua (puede ser agua dulce o agua salada), asegurándose que el material quede completamente saturado. Como no sufre de sobre hidratación es recomendable un exceso de agua al momento de hidratar. La proporción mínima es de 1:2 con relación al peso por metro cuadrado. Si se instala el manto tipo CC5 se debe hidratar nuevamente después de una hora, si la pendiente del talud es crítica o el clima es cálido. Se debe hidratar los traslapos y el material que está embebido en la zanja y canaleta.</p>
5	Fraguado del Manto de Hormigón	<p>El tiempo de fraguado es de 24 horas ya que, en este tiempo, el manto de hormigón alcanza una resistencia de hasta el 80%. Se debe tener en cuenta que en climas cálidos, el tiempo de fraguado puede ser menor y antes de las 2 horas de haberse hidratado el manto, este aún permanece maleable.</p>
6	Mantenimiento	<p>En condiciones ideales, el manto de hormigón se une con su entorno, tornándose verde con moho; como el manto de hormigón previene el crecimiento de material vegetal, hace que no se necesiten mantenimientos de drenaje.</p>

Fuente: Manta-de-Hormigon-Como-Sistema-de-Proteccion-Contra-La-Erosion-en-Taludes

### 9.1.2 Instalación del Concreto Lanzado

Los procesos de instalación del concreto lanzado son los siguientes:

**Figura 6.** Instalación del Concreto Lanzado



Fuente: Autor

Según la Figura 5. Podemos observar el proceso y cada paso de instalación del concreto proyectado con malla electro soldada que es su refuerzo o apliques metálicos, en el cual se puede evidenciar los pasos que este proceso constructivo tiene ya que es un método aplicado la gran mayoría de las veces para la estabilización de taludes ya que se tiene un conocimiento amplio sobre esta tecnología.

**Tabla 5.** Proceso de Instalación del Concreto Lanzado Vía Húmeda

#	Proceso	Descripción
1	Preparación de la Superficie Existente	<p>Para la aplicación del concreto proyectado se debe limpiar todo el material suelto, dando limpieza a toda la superficie del talud mediante chorros de agua o aire a presión, este proceso se le aplicará a la roca de la superficie de la primera capa de concreto lanzado como a la superficie del concreto ya existente. Se debe tener en cuenta que la superficie del talud debe estar húmeda, pero sin agua corriendo ya que esto dificulta su aplicación y se debe recurrir a métodos para drenar el agua antes de iniciar por el proceso. Se debe perfilar el talud de forma natural, para remover las posibles cuñas que muestran inestabilidad en el talud, desde la parte superior del talud hasta su base para equilibrar las fuerzas que tienden a desestabilizar el talud.</p>
2	Refuerzo	<p>El concreto lanzado debe ser aplicado con refuerzo de fibras de acero de alta resistencia ya sea con malla electro soldada u otro material que cumpla con los requisitos de mezcla húmeda.</p>

3	Aplicación del Concreto Lanzado	<p>La aplicación del concreto lanzado es una relación de 1:4, el chorro debe estar dirigido hacia la superficie del talud, exceptuando el relleno de vacíos ya que para esto se debe tener una distancia en obra de 1 metro, dependiendo de la humedad de la superficie del talud, la distancia disminuirá de acuerdo a lo que indiquen los ensayos realizados al terreno. El material debe ser aplicado sin interrupciones y de forma continua, si la roca del talud llega a estar fracturada se debe aplicar principalmente en las juntas de la superficie concentrando el chorro en estos sectores.</p>
4	Remoción del Rebote Producido	<p>Siendo una dificultad del concreto lanzado vía húmeda este rebote producido siendo material y agregado que no logró la adherencia por el ángulo del impacto y la relación agua cemento de la mezcla ya que la hidratación de este proceso es primordial para reducir este efecto después de la aplicación del concreto lanzado en la superficie del talud deberá ser removido de este.</p>
5	Curado del Concreto Lanzado	<p>Al mantener húmedas las superficies después de la remoción del rebote producido por la aplicación del concreto lanzado en la superficie del talud a estabilizar con malla electro soldada, el curado se mantendrá húmedo en las superficies expuestas por el concreto fresco. El curado por riego es el más habitual en taludes, esto depende del clima en donde se encuentre el talud.</p>

6	Control del Espesor y del Acabado	El control de la superficie proyectada por el concreto lanzado se deberá colocar puntos de control cada 0,5 a 1,0 metro entre sí. Los controles deben colocarse en todos los puntos y lugares representativos de la superficie del talud a su vez que en todas las direcciones. No se requiere un acabado especial ya que el que resulta después de aplicar el concreto lanzado es el final ya que deberá haber un espesor entra capa de material sin cambios brusco en la superficie.
7	Drenajes	Para evitar las presiones en el suelo y que el talud vuelva a fallar y desestabilizarse, se deben realizar drenes en el concreto lanzado a través de perforaciones para aplicar los drenajes requeridos.

Fuente: Norma EP-t114-1 Concreto lanzado en obras subterráneas (m<sup>3</sup>)

**Fotografía 11.** Concreto Lanzado Vía Húmeda



Fuente: Konkretar.com

**Fotografía 12.** Concreto Lanzado en Talud



Fuente: [www.lanzadospyc.com.mx/experiencia/](http://www.lanzadospyc.com.mx/experiencia/)

Cabe resaltar que el rebote depende de 7 factores principales:

- La eficiencia con la que se hidrata o sea la presión del agua y del diseño de la boquilla de la manguera
- La relación agua – cemento
- La granulometría del agregado
- La velocidad de la boquilla y del compresor
- El ángulo y distancia del impacto al talud
- El espesor de la aplicación según la habilidad del lanzador

El proceso de instalación de ambos métodos constructivos para la estabilización de taludes es diferente, por lo que su comportamiento también debe serlo.

## 9.2 Comportamiento

Para poder entender el comportamiento de ambos métodos constructivos para la estabilización de taludes, se considerará su resistencia tanto a flexión como a compresión y a tracción si este último aplica, ya que es la manera más fácil de entender el comportamiento básico de cada uno de los dos métodos expuestos.

### 9.2.1 Resistencia del Manto de hormigón

Existen 3 tipos de mantos de hormigón como se puede observar en la Tabla 2. En la cual comprobamos algunas de sus características básicas. Para evaluar el comportamiento del manto de hormigón se pondrá como propiedad principal para su comparación, su resistencia a la tracción, a la compresión y a la flexión.

**Tabla 6.** Comportamiento Manto de Hormigón

#	Tipo	Tamaño Nominal (mm)	Resistencia			
			Compresión (Mpa)	Flexión (Mpa)	Tracción (Kn/m)	
					Dirección Largo	Dirección Ancho
1	CC5	5	A los 10 días de haberse instalado.	Promedio de 1 día inicio de fisura.	6,7	3,8
2	CC8	8			8,6	6,6

3	CC13	13	40	4,0	19,5	12,8
---	------	----	----	-----	------	------

Fuente: Ficha Técnica Concreto Canvas.

El manto de hormigón posee un nivel alto de resistencia temprana. Ya que adquiere más del 80% de su resistencia total a las 24 horas de hidratación lo que hace que este método para la estabilización de taludes sea una forma rápida, eficaz y segura.

También se logra analizar que el inicio de la fisura es temprano en el manto de hormigón cuando es instalado y posteriormente hidratado y se evidencia en su resistencia a la compresión.

Según las propiedades mecánicas del manto de hormigón, este inicia su resistencia a la compresión desde el primer día de su instalación, la cual es una resistencia evidentemente alta y aunque no alcanza su resistencia total desde el inicio de su instalación si se evidencia una alta resistencia final sin excederla.

Según [10] se logra examinar el comportamiento y las propiedades mecánicas del manto de hormigón y se observa que desde el primer día de instalación el manto de hormigón arroja una resistencia a la compresión de 42,9 Mpa (valor de referencia de resistencia para el manto que ellos emplearon), sin exceder el 80% de su resistencia final y que a los 10 días pasados de su instalación esta resistencia alcanza el 90% de su resistencia final lo que conlleva a un alto control en la estabilidad de taludes desde el inicio de su aplicación.

**Fotografía 13.** Rollo de Hormigón



Fuente: Concrete Canvas

### 9.2.2 Resistencia del Concreto Lanzado

La aplicación del concreto lanzado se clasifica de dos formas:

- Vía húmeda
- Vía seca

Las cuales se diferencian en la forma en que se le agrega el agua ya sea antes de entrar por la manguera o cuando se le añade el agua en la boquilla, aunque estas dos formas son casi iguales y no se hace gran diferencia entre ellas, en cuanto a su comportamiento y resistencia. [11]

**Tabla 7.** Comportamiento Concreto Lanzado

#	Tipo	Tamaño Nominal Agregado (mm)	Resistencia			
			Compresión (Mpa)	Flexión (Mpa)	Tracción (Kn/m)	
					Dirección Largo	Dirección Ancho
1	Concreto Lanzado Vía Húmeda	127+/- 25	21 - 41	4,1 - 10,3	N/A	N/A
2	Concreto Lanzado Vía Seca	127+/- 25	21 - 41	4,1 - 10,3	N/A	N/A

Fuente: Academia Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

Aunque el concreto lanzado no presenta una resistencia a la tracción este si presenta una resistencia a la compresión final alta como en el manto de concreto.

Inicialmente su resistencia es baja en el momento de su aplicación ya que al encontrarse húmedo y por factores externos que deben entrar a trabajar en conjunto, su curado es lento, pero al final su resistencia es la esperada en el diseño.

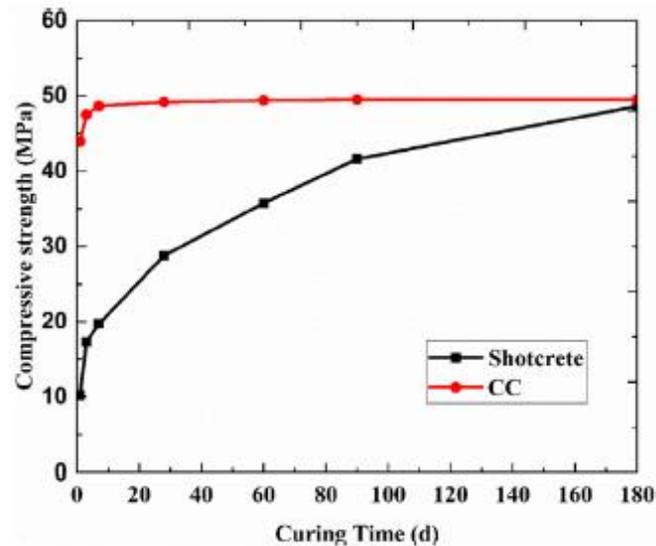
Primeramente, se puede observar que el concreto lanzado muestra una resistencia pobre en el primer día de su instalación con una resistencia de no menos de 10,21 Mpa lo cual es realmente baja para el papel que cumple en la estabilización de taludes y el control de la erosión, ya que no es ni el 50% de su resistencia final sino es apenas un 35% de ella.

Aunque no sea resistente a la tracción el concreto lanzado, este aporta un poco de resistencia al talud, cuando este pueda presentar algún desplazamiento del mismo por muy mínimo que sea.

A los 10 días de su instalación, la resistencia a la compresión aumenta, pero no significativamente; ya que alcanza un 60% de su resistencia final en comparación con el manto de hormigón que ya en este tiempo alcanza el 90% de su resistencia final.

A continuación, se podrá analizar una gráfica del comportamiento dado en la resistencia inicial y final tanto del manto de hormigón como del concreto lanzado.

**Figura 7.** Tiempo – Resistencia a la compresión del Manto de Concreto y Concreto Lanzado



Fuente: Design and Construction Application Of Concrete Canvas for Slope Protection

La resistencia final a la compresión de cada método constructivo es directamente proporcional al tiempo visto en los días en que este incrementa su resistencia cuando finaliza su curado; en la figura 7. Podemos observar que como se analizó anteriormente, el manto de concreto obtiene una resistencia mayor desde el inicio de su instalación, contrario a lo que ocurre con el concreto lanzado ya que este tiene una resistencia muy baja; Al pasar los días se va incrementando a la resistencia tanto del manto de hormigón como la del concreto lanzado hasta llegar a los 180 días en los que su resistencia final llega a ser la misma.

**Tabla 8.** Tensión Máxima que Actúa Sobre la Capa de Manto de Hormigón para Diferentes Alturas de Protección de Pendiente.

Height (m)	6	8	10
Maximum stress acting on CC layer (MPa)	5.17 MPa	6.63 MPa	8.16 MPa

Fuente: Design and Construction Application Of Concrete Canvas for Slope Protection

Se evidencia que, al usar el manto de hormigón como refuerzo para aumentar la resistencia a la tensión en la estabilización de taludes, esta actúa de forma protectora ya que, al ser un material de resistencia alta a poco tiempo, y que tener un material polimérico fibro - reforzado provoca que aumente la resistencia a la tracción del manto de hormigón progresivamente sea el tipo de manto que se escoja.

Siendo esto la Tabla 7 indica que el manto de hormigón al estar expuesto a diferentes alturas en la pendiente de los taludes, este material absorbe mayor tensión ya que el talud al encontrarse a una pendiente mayor, las fuerzas activas que lo afectan lo impactan más produciendo mayor movimiento en el talud lo que impacta al manto de hormigón y este mismo actúa de forma de refuerzo para reducir este movimiento que se pueda producir.

El factor de seguridad de las pendientes de los taludes a las cuales se les aplica el manto de hormigón el cual está reforzado con material polimérico fibro – reforzado provoca que cada capa de material aumente el desarrollo de este factor con el paso del tiempo, lo que no sucede con el concreto lanzado, ya que el concreto lanzado no tiene resistencia a la tracción no pueda mejorar la estabilidad de la pendiente en corto tiempo y que el factor de seguridad del mismo sea mucho más bajo que el del manto de hormigón ya que al ser un material de resistencia alta temprana es usado para la rápida protección de taludes.

Cada material usado para el control de la erosión y seguidamente la estabilidad de taludes debería estar amparado y validado por una normativa que apruebe su uso.

## 10. NORMATIVIDAD

Para revisar la normatividad aplicada a cada método constructivo, manto de hormigón y concreto lanzado es necesario entender que ensayos se le realizan a cada uno y cuál norma lo válida, ya sea la sociedad americana para pruebas y materiales (ASTM) y la norma técnica colombiana (NTC), respectivamente.

**Tabla 9.** Normatividad aplicada para el manto de hormigón y el concreto lanzado respectivamente

#	Norma	Norma Colombiana	Descripción	Descripción Norma Colombiana	Método Constructivo	
					Manto de Hormigón GCCM	Concreto Lanzado Vía Húmeda

1	ASTM C109 - 02	NTC 220	Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico	Determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 60 mm	Aplica	Aplica
	ASTM C39	NTC 673	Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de muestras de concreto cilíndrico	Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto		Aplica
2	ASTM C1353		Método de prueba estándar para la resistencia a la abrasión de la piedra dimensional sometida al tráfico peatonal utilizando un abrasivo de plataforma giratoria		Aplica	
3	ASTM D6460		Método de prueba estándar para la determinación del rendimiento del producto de control de erosión laminado (RECP) en la protección de canales de tierra contra la		Aplica	

			erosión inducida por aguas pluviales			
4	ASTM C42M	NTC 3658	Método de prueba estándar para obtener y probar núcleos perforados y vigas aserradas de hormigón	Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas.		Aplica
5	ASTM C617	NTC 504	Práctica estándar para tapar muestras de concreto cilíndrico	Refrenado de especímenes cilíndricos de concreto		Aplica
6	ASTM 143	NTC 396	Método de prueba estándar para asentamiento de concreto de cemento hidráulico	Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto	Aplica	Aplica
7	ASTM C403	NTC 890	Diferencia en el comportamiento de fraguado entre morteros preparados y tamizados en la prueba de tiempo de fraguado	Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración		Aplica

8	ASTM G13		Método de prueba estándar para la resistencia al impacto de recubrimientos de tuberías (prueba de caída de piedra caliza)		Aplica	
---	----------	--	---	--	--------	--

Fuente: Normas; Ntc y Astm

Teniendo en cuenta la tabla 9, se evidencia la normatividad que aplica para cada método de construcción manto de hormigón y concreto lanzado, expuestos anteriormente.

Según la [12] indica las normas de ensayos a los cuales este proceso, manto de hormigón ha sido expuesto para conocer su normatividad técnica empleada según estudios, análisis del sistema constructivo en general de este material.

Realizada la comparación técnica de la normatividad de ambos métodos constructivos para usados para la estabilidad de taludes, se evidencia que en algunos casos no se tiene estandarizada en Colombia una norma que avalé completamente esta nueva tecnología ya que son pocos los usos que ha tenido en el país.

Según las comparaciones realizadas, el manto de hormigón al tener ventajas como el fácil acceso a obra, seguidamente de no necesitar adecuación del terreno para la instalación del

mismo en el talud, si va directamente relacionado con la pendiente del talud ya que a mayor pendiente mayor esfuerzo produce el manto de hormigón.

## 11. CONCLUSIONES

- El uso del manto de Hormigón como material para el control de la erosión en taludes presenta una viabilidad técnica ya que presenta una alta resistencia a la compresión desde el momento de su instalación puesto que muestra valores iniciales de 42,9 Mpa en cambio el concreto lanzado presenta una baja e ineficiente

resistencia a la compresión con un valor inicial de más o menos 10,5 Mpa el cual no ofrece mayor estabilidad al talud.

- El uso del manto de hormigón como control para la estabilización de taludes ahorra tiempo en procesos posteriores a la instalación ya que, al tener un mínimo tiempo de curado, hace que este alcance resistencias altas a las 2 horas de instalación lo que ahorra costos constructivos en obra.
- Al no estar completamente tecnificado el método de concreto lanzado en Colombia, este es un método constructivo totalmente empírico lo que hace que no tenga una norma que lo avalé totalmente para su aplicación en obra.
- El concreto lanzado no presenta resistencia a la tracción, aunque como si lo presenta el manto de hormigón lo que a este método constructivo le genera mayor soporte al momento de ser aplicado a una obra y control de la erosión para posterior la estabilización de taludes.
- El manto de hormigón al no estar avalado por una entidad como si lo es la ACI norma americana respectivamente para concreto lanzado, provoca la aversión de este proceso constructivo en nuestro país ya que no es un método comúnmente usado y aplicado y se desconoce todas las aplicaciones que puede abarcar.
- Se concluyó que no existe norma actual en Colombia que avale el suministro, instalación y posterior mantenimiento, si se requiere, para el manto de hormigón el cual va directamente elaborado al criterio del diseño en obra.
- Con la comparación de la normativa de ambos procesos constructivos, se concluyó que el manto de hormigón posee menos pasos de instalación que el concreto lanzado y que al ser implementado en obra, reduce tiempos y procesos constructivos, los cuales van de la mano con los costos operativos, reduciéndolos y garantizando seguridad en el talud al que vaya a ser expuesto el manto de hormigón.

- Al poseer múltiples ventajas y el manto de hormigón es una nueva tecnología eficaz a la hora de ser implementada en obras de construcción y en específico para la estabilidad de taludes y el control de erosión ya que posee un balance en cuanto a tiempo e impacto ambiental.

## **12. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda analizar la Norma Técnica Colombiana (NTC) para compararla con la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) para modificar o llegar

a incluir más normas que avalen dichos métodos constructivos, como también investigar a profundidad dichas normas para entender los materiales que las componen y como estos afectan de manera positiva a los taludes.

- Se recomienda a los estudiantes de la facultad de ingeniería civil que deseen seguir con la investigación, enfocarse en sus propiedades y como se aplican a la estabilidad de taludes, aplicándole ensayos de laboratorio de resistencia versus probetas del concreto hidráulico utilizado para el concreto lanzado y cómo será su comparación.

### **13. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] J. Suárez Díaz, Control de Erosión en Zonas Tropicales, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2001.
- [2] C. Quincy Claude Ayres, La erosión del suelo y su control, Casanova- Barcelona: Omega, S.A, 1960.
- [3] V. V, Sediment Transport Mechanics, ACSE Journal of Hydraulics Division, 1966.
- [4] A. Rico Rodriguez y H. Del Castillo, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, México: Limusa, 2005.
- [5] J. Suarez Díaz, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, Bucaramanga: Ingeniería de Suelos Ltda, 1998.
- [6] Cementos Argos, «Freyssinet,» Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.archdaily.co/catalog/co/products/8341/concreto-lanzado-argos>. [Último acceso: 21 04 2019].
- [7] D. d. M. & I. B. C. C. P. S. Luciano López Vinatea, «Shotcrete: ¿método por vía seca o vía húmeda?,» *Seguridad Minera*, n° 59, 2012.
- [8] Polytrade, «Polytrade un Mundo de Negocios,» [En línea]. Available: [http://polytrade.cl/?page\\_id=2798](http://polytrade.cl/?page_id=2798). [Último acceso: 10 06 2019].
- [9] S. Especiales, «El Problema y la Solución al Control de Erosión de Taludes,» 03 06 2011. [En línea]. Available: <http://www.solucionesespeciales.net/Index/Noticias/04Noticias/374717-Malla-El-problema-y-la-solucion-al-control-de-erosion-de-taludes.aspx>. [Último acceso: 01 07 2019].
- [10] H. Li , H. Chen, X. Li y F. Zhang, «Design and Construction Application of Concrete Canvas for Slope Protection,» *Powder Technology*, n° 344, pp. 936-946, 2018.
- [11] A. Reyes, «Concreto Lanzado,» Abril 2002. [En línea]. Available: <http://www.imcyc.com/cyt/abril02/conclanzado.htm>. [Último acceso: 05 09 2019].
- [12] ASTM, «ASTM INTERNATIONAL,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.astm.org/Standards/C39>. [Último acceso: 25 11 2019].
- [13] C. Canvas, «Concrete Canvas Protección de Taludes,» [En línea]. Available: <https://www.concretecanvas.com/proteccion-de-taludes>. [Último acceso: 15 09 2019].

## 14. ANEXOS

A continuación se adjuntaran los anexos pertinentes en el desarrollo del proyecto de grado:

## 14.1 Otros Usos del Manto de Hormigón

El manto de hormigón es un material muy amplio en aplicaciones, las cuales se describen a continuación:

### 14.1.1 Revestimiento en Zanjias y Canales

Reviste de manera rápida y fuerte zanjias y canales brindando protección

**Fotografía 14.** Revestimiento de Zanjias y Canales con Manto de Hormigón



Fuente: Flickr Andrew

### 14.1.2 Revestimiento de Diques de Contención

Al poder ser usado en revestimientos de diques alrededor de tanque de contención, petroquímicos y en defensa de inundaciones ya que proporciona una impermeabilidad alta para apliques de contención.

### 14.1.3 Reparación

Es usado en el revestimiento, reparación y renovación de forma rápida y eficaz infraestructuras existentes de hormigón hidráulico que sufren problemas y fisuras por su relación con el medio ambiente.

**Fotografía 15.** Revestimiento de Casa para su Protección



Fuente: Flickr - Monser

#### 14.1.4 Revestimiento de Alcantarillas

Método alternativo para evitar el hormigón prefabricado en el revestimiento de alcantarillas reemplazando activos.

**Fotografía 16.** Revestimiento en alcantarillas con Manto de Hormigón



Fuente: Flickr.com

#### 14.1.5 Gaviones

Aplicado para la reparación de gaviones y sus partes dañadas e inestables aumentando su vida útil.

### 14.1.6 Supresión de Maleza

Provee una ayuda rápida y eficaz al ser usado en zonas para la eliminación de maleza evitando el mantenimiento de estas.

**Fotografía 17.** Supresión de la Maleza empleando el Manto de Hormigón



Fuente: Flickr Concrete Cloth

