



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS I**



**“USO DE GEOMANTAS COMO MÉTODO INNOVADOR PARA EL CONTROL DE LA
EROSIÓN EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN**

PRESENTA:

ARIEL ALEJANDRO MARINA MACÍAS C100076

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JUAN JOSÉ CRUZ SOLÍS

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS A 26 DE MARZO DE 2024



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
15 de abril del 2024
Oficio No. F.I.01.663/2024

C. ARIEL ALEJANDRO MARINA MACÍAS
EGRESADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN
PRESENTE.

Con base en el Reglamento de Evaluación Profesional para los egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas, y habiéndose cumplido con las disposiciones en cuanto a la aprobación por parte de los integrantes del jurado en el contenido de su Tesis Titulada:

**“USO DE GEOMANTAS COMO MÉTODO INNOVADOR PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN
EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”.**

CERTIFICO el **VOTO APROBATORIO** emitido por este jurado, y autorizo la entrega de tesis digital elaborada a través del Programa Institucional para la Obtención del Grado Académico (PIGA), para que sea sustentado en su Examen de grado de Maestro en Ingeniería con Formación en Construcción.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”


DR. OMAR ANTONIO DE LA CRUZ COURTOIS
DIRECTOR



Ccp. Dr. Humberto Miguel Sansebastián García. Coordinador de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería, Campus I. UNACH.
Archivo/minutario
OACC/HMSG/tcpg*





Código: FO-113-05-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Ariel Alejandro Marina Macías, Autor (a) de la tesis bajo el título de "Uso de Geomantas como Método Innovador para el Control de la Erosión en la Estabilización de Taludes", presentada y aprobada en el año 2024 como requisito para obtener el título o grado de Maestro en Ingeniería con Formación en Construcción, autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 03 días del mes de mayo del año 2024.



Ariel Alejandro Marina Macías

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

Agradecimientos

A mi director de tesis, el Dr. Juan José Cruz Solís, agradezco su conocimiento, su ayuda y la paciencia brindada por usted en todas las etapas de elaboración de este trabajo, agradezco haber sido su alumno en la Licenciatura y el ser su tesista en esta etapa de Maestría.

A mi tutora en sala de PIGA, la Dra. Claudia Olivia Ichin Gómez, quien cada sábado me llenaba de conocimientos nuevos que podía utilizar para continuar la elaboración de esta tesis, le agradezco el tiempo brindado por usted en la retroalimentación de cada trabajo enviado.

A mis hermanos Hannia Mabel Marina Macías, Mauricio de Jesús Marina Macías, Rocío del Carmen Marina Montero y Ángel Octavio Marina Montero, por estar conmigo y apoyarme en todo, sin importar las discusiones o desacuerdos que a veces existen entre hermanos. Con su amor me han enseñado a salir adelante sabiendo que siempre podré contar con ellos.

A mis sobrinas, Eva Dorantes Marina y Atena Dorantes Marina, gracias por su cariño y por alegrar mis días cuando las veo, siempre serán mis “Mosas”.

A José Francisco Zavala Mazariegos, por ser mi confidente y compañero durante estos casi dos años, por amarme, por enseñarme a valorarme, por mostrarme que puedo lograr lo que me propongo, por creer en mí y por apoyarme en todo.

A mi compañera y amiga, Ing. Alma Rosa Sánchez Balcázar por el aporte de sus conocimientos y por el ánimo brindado para poder terminar este proyecto de investigación.

Dedicatorias

Dedico esta tesis con mucho cariño a mis padres, al Prof. Ariel Marina López y a la Lic. Mabel Macías Dávila, quienes me dieron la vida, me han dado todo su amor y apoyo constante.

Día tras día demuestran cuanto me aman, y me dieron la fuerza necesaria para poder terminar este proyecto de investigación. Se los agradezco dándoles el orgullo de que su hijo mayor ahora es Maestro en Ingeniería. Los amo, papá y mamá.

Índice General

Índice de Tablas	8
Índice de Figuras.....	9
Índice de Anexos.....	11
Resumen.....	12
Introducción	13
Antecedentes	13
Justificación	14
Problema	15
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Capítulo 1. Marco Teórico.....	18
Marco Conceptual.....	20
Erosión	20
Talud	30
Innovación.....	32
Tecnologías aplicadas al control de erosión en taludes	36
Geomantas <i>MACAFERRI</i> como innovaciones tecnológicas para la protección contra la erosión en taludes.....	40
Capítulo 2. Metodología	46

Capítulo 3. Resultados y discusión	50
Conclusiones	66
Referencias.....	68
Anexos	71

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Clasificación de los factores de erosión de suelos</i>	22
Tabla 2	<i>Clasificación de los factores de erosión de suelos</i>	23
Tabla 3	<i>Tipos de ensayos para resistencia a la tensión geotextiles</i>	38
Tabla 4	<i>Ventajas del uso de Geomantas de la familia MacMat®</i>	56
Tabla 5	<i>Propiedades físicas de MacMat® 10.1</i>	60
Tabla 6	<i>Propiedades mecánicas de MacMat® 10.1</i>	60
Tabla 7	<i>Propiedades físicas y mecánicas de los refuerzos metálicos</i>	61
Tabla 8	<i>Propiedades de durabilidad de los alambres de la malla</i>	61
Tabla 9	<i>Propiedades físicas y mecánicas de la geomanta</i>	62
Tabla 10	<i>Propiedades físicas y mecánicas del refuerzo metálico</i>	62
Tabla 11	<i>Propiedades físicas y mecánicas de la geomanta</i>	63
Tabla 12	<i>Propiedades de durabilidad</i>	63
Tabla 13	<i>Propiedades físicas de la geomanta reforzada</i>	64
Tabla 14	<i>Propiedades mecánicas de la geomanta reforzada</i>	64

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Erosión superficial de un talud</i>	21
Figura 2 <i>Factores que ocasionan la erosión de suelos</i>	22
Figura 3 <i>Etapas de la erosión</i>	24
Figura 4 <i>Mecanismo de erosión por acción del viento</i>	25
Figura 5 <i>Mecanismo de erosión por golpe de gotas de lluvia</i>	26
Figura 6 <i>Mecanismo de erosión laminar</i>	27
Figura 7 <i>Erosión en surcos</i>	28
Figura 8 <i>Erosión en cárcavas</i>	29
Figura 9 <i>Erosión interna</i>	30
Figura 10 <i>Talud</i>	31
Figura 11 <i>Etapas para considerar que algo es innovador</i>	33
Figura 12 <i>Características de la innovación</i>	34
Figura 13 <i>Tipos de geotextiles y su clasificación</i>	37
Figura 14 <i>Tipos de uniones de geotextiles no tejidos</i>	38
Figura 15 <i>Geomanta MacMat® 10.1</i>	41
Figura 16 <i>Geomanta MacMat® HS</i>	42
Figura 17 <i>Geomanta MacMat® HS</i>	42
Figura 18 <i>Geomanta MacMat® R1</i>	43
Figura 19 <i>Geomanta MacMat® R1</i>	44
Figura 20 <i>Geomanta MacMat® R3</i>	44
Figura 21 <i>Geomanta MacMat® R3</i>	45
Figura 22 <i>Protección de talud con revestimiento de geomanta</i>	51

Figura 23 <i>Familia de productos MacMat®</i>	52
Figura 24 <i>Geomanta MacMat® 10.1 revistiendo la superficie de un talud</i>	53
Figura 25 <i>Geomanta MacMat® HS revistiendo la superficie de un talud</i>	53
Figura 26 <i>Geomanta MacMat® R1 revistiendo la superficie de un talud</i>	54
Figura 27 <i>Geomanta MacMat® R3 revistiendo la superficie de un talud</i>	54
Figura 28 <i>Ventajas del uso de geomantas de MACCAFERRI</i>	55
Figura 29 <i>Beneficios del uso de geomantas</i>	65

Índice de Anexos

Anexo A <i>Rango de valores de propiedades representativas de los geotextiles</i>	71
Anexo B <i>Requerimientos de resistencia de los geotextiles</i>	71
Anexo C <i>Requerimientos de geotextiles para subdrenaje</i>	72
Anexo D <i>Requerimientos de geotextiles para control de erosión</i>	72
Anexo E <i>Requerimientos de geotextiles para barreras de sedimentos temporales</i>	73
Anexo F <i>Ensayos aplicados a las geomallas</i>	73
Anexo G <i>Especificación técnica de MacMat 10.1</i>	74
Anexo H <i>Especificación técnica de MacMat® HS</i>	75
Anexo I <i>Especificación técnica de MacMat® R1</i>	76
Anexo J <i>Especificación técnica de MacMat® R3</i>	77

Resumen

La erosión de taludes es un fenómeno natural que no puede ser eliminado, pero sí puede ser controlado, este proceso afecta de manera significativa la estabilidad de taludes, convirtiéndose en uno de los más grandes desafíos en proyectos de ingeniería geotécnica. La continua acción de factores ambientales como el agua y el viento pueden comprometer la integridad de las estructuras de suelo con pendientes pronunciadas, estas son continuamente debilitadas, aumentando el riesgo de pérdida de material de los taludes y el deslizamiento del suelo. El propósito de esta investigación de tipo documental es el de recopilar la información respecto a los tipos de geomantas que la empresa *MACCAFERRI* ofrece como producto para controlar la problemática de la erosión de suelos con pendiente pronunciadas, la cual es una de las empresas líderes en el área. Las fuentes de consulta usadas para la recopilación de datos necesarios fueron las fichas técnicas de los productos *MACCAFERRI* y la normativa vigente aplicada en estos elementos. Al ser una investigación del tipo análisis-descriptivo se presentan las ventajas de uso de estos productos y el por qué son considerados en la actualidad como métodos innovadores para el control de la erosión. Además, basados en las ventajas de uso obtenidas, éstos han sido clasificados en cuatro rubros importantes de beneficios de uso para mitigar en gran medida los efectos que genera la erosión de taludes y garantizar la estabilidad de dichas estructuras.

Palabras clave: Estabilidad de taludes, erosión de taludes, geomantas, deslizamientos de suelo, protección contra la erosión.

Introducción

La infraestructura se ha ido adaptando con el avance de las nuevas tecnologías, pero toda construcción artificial depende en gran medida de las necesidades que lo demandan, es por ello que, para lograr la calidad en la construcción, se requiere utilizar métodos y técnicas innovadoras como solución óptima para solventar una problemática de la sociedad.

En el presente trabajo se presenta como tema principal la utilización de geomantas como métodos innovadores para la estabilidad de taludes, con la finalidad de solventar con propuestas que minimicen el impacto ambiental, recursos de materiales, costos, y tiempos de ejecución.

Antecedentes

En temas de construcción para la estabilización de taludes, el Ingeniero Civil opta por muros de contención ya que son estructuras que dan resultados para el soporte de materiales de corte con pendientes pronunciadas. Los muros que comúnmente se utilizan son las de muro gavión, gravedad, voladizo y con contrafuertes y en algunos casos el anclaje, todo depende de las necesidades geométricas del elemento a estabilizar. Es muy importante recalcar que la geometría depende en gran medida de la altura, ya que en función de la elevación se realiza el diseño geométrico del muro, pero es importante destacar que son elementos con altos costos de construcción y que en ocasiones no es factible su construcción ya que existen muchos factores de los que se derivan como: la materia prima para su construcción, el drenaje y entre otros factores de nivel alto de importancia.

En contraste con los métodos convencionales de estabilidad de taludes mencionados en el párrafo anterior, y enfocando únicamente en los métodos para el control contra la erosión, las geomantas son un método innovador que ayudan en el problema de estudio planteado.

El uso de las geomantas en el área de la Ingeniería Geotécnica tuvo su auge el siglo pasado, específicamente en los años setentas, y a lo largo de los años con la creciente necesidad de nuevos desafíos de infraestructura se han llevado investigaciones y pruebas que mejoren la eficacia de las geomantas creadas en un principio. Lo anterior quiere decir que el desarrollo tecnológico ha sido necesario para mejorar la calidad de las geomantas, o conocidas también como geosintéticos, han sido desarrolladas con nuevas propiedades las cuales se adaptan a diferentes condiciones geográficas y contextuales.

Como el desarrollo tecnológico de los geotextiles ha ido avanzando, se han establecido normativas y estándares de calidad para su diseño y su instalación, las cuales buscan garantizar la seguridad de las infraestructuras con pendientes.

Justificación

La estabilidad de taludes se refiere a la capacidad que tiene la pendiente de un terreno para resistir al deslizamiento o soportar el derrumbe causado por fuerzas externas. Dado que la erosión de taludes es uno de los problemas más graves en su estabilidad, ya sea que la erosión sea causada por el agua, el viento, la gravedad o cualquier otro factor ambiental que la propicie, se generan consecuencias para dichas infraestructuras, tanto en su propia integridad, así como en la pérdida de propiedades o en consecuencias aún más devastadoras como la pérdida de vida humana.

La emergencia del problema de estudio radica en la necesidad de conocer los métodos innovadores usados para el control de la erosión de taludes, para poder desarrollar soluciones efectivas que ayuden a reducir los riesgos relacionados con la estabilidad de pendientes de terreno.

El estudio de las geomantas como métodos innovadores para el control de la erosión en la estabilidad de taludes es altamente viable en el campo de la Ingeniería Geotécnica debido a que

existe un aumento necesario y creciente en la construcción de dichas infraestructuras. Otro rasgo que mencionar sobre las geomantas es su versatilidad para ser utilizadas en diferentes contextos, además de que existen estudios realizados por las empresas líderes en venta de geomantas que respaldan su eficacia en la protección de taludes contra la erosión. Es importante mencionar que también existe un beneficio económico en el uso de las geomantas para el control de la erosión en pendientes, ya que ayudan a reducir costos de mantenimiento y por ende prologar la vida útil de la infraestructura.

Este proyecto de investigación puede beneficiar a profesionistas del área de la construcción, quienes necesiten conocer las características, criterios de aplicación, propiedades, ventajas y desventajas de las geomantas que *MACCAFERRI* ofrece para el control de la erosión para la estabilidad de taludes.

Esta investigación ofrece el beneficio de mejorar la comprensión del uso de geomantas como método para el control de erosión de taludes, dando una evaluación comparativa de las diferentes variedades de geomantas que *MACCAFERRI* ofrece al mercado, para comparar los materiales de su elaboración, su diseño y sus técnicas de instalación, todo esto para poder tomar la mejor decisión de compra y posterior utilización.

Problema

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez, está asentada en un valle, a pesar de la fisiografía de la capital del estado de Chiapas, actualmente hay problemas importantes con el tema de deslizamientos de masas y que al final se resumen en la estabilización de pendientes naturales. Chiapas cuenta con una riqueza fisiográfica y que por ende está ligado a temas de infraestructura, he aquí la importancia de dar solución a estos problemas que constantemente se presentan en la

entidad federativa, el problema crece cuando los fenómenos naturales y ambientales se presentan con como son los sismos, lluvias y los vientos. Es importante mencionar que la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se encuentra en la zona sísmica C con base a los niveles marcados en la república mexicana, es un nivel de sismicidad alto y es de suma importancia considerar este fenómeno que constantemente se presenta en el estado.

La problemática que constantemente se presentan en temas de inestabilidad de declives, se requiere de innovaciones en nuevas técnicas o métodos que ayuden a controlar el problema de erosión de taludes.

Objetivo General

Para lograr el desarrollo del tema de investigación, se ha planteado el siguiente objetivo general:

- Analizar los beneficios de las características y de las propiedades de los tipos de Geomantas *MACCAFERRI* para el control de la erosión para la estabilidad de taludes.

Objetivos Específicos

Y con la finalidad de lograr cumplir con el objetivo general, se han planteado los siguientes objetivos específicos: Identificación del uso y los tipos de geomantas

- Identificar el uso y los tipos de geomantas que ofrece *MACCAFERRI* para el control de la erosión para la estabilidad de taludes.
- Enlistar las ventajas de las geomantas *MACCAFERRI* para el control de la erosión para la estabilidad de taludes.
- Identificar las propiedades de geomantas que ofrece *MACCAFERRI* para el control de la erosión para la estabilidad de taludes.

Con el fin de presentar el desarrollo de cada apartado de este proyecto de investigación, se presenta un breve resumen de cada uno de ellos, comenzando con el primer capítulo, denominado Marco teórico, el cual se presenta como una herramienta de comprensión de los conceptos relacionados con el tema de estudio, este capítulo brindará el contexto en temas de conocimiento, y clasificación de los conceptos, así también como las teorías en la cuales se fundamenta, de aquí su importancia, la cual dará a este proyecto las bases teóricas necesarias las cuales dieron el sustento para los objetivos de investigación planteados con base en las preguntas de investigación nacidas en el transcurso de su elaboración, así como también el sustento de la metodología a utilizar en el segundo capítulo.

El segundo capítulo denominado Marco Metodológico, se presenta con base en la teoría como guía el enfoque del proyecto que es necesario para que esta investigación sea realizada de manera clara, precisa y objetiva. En este capítulo se presentan de manera detallada las técnicas y herramientas para la recopilación y el análisis de información que se utilizó para dar paso al siguiente capítulo, el de resultados.

Como resultado de la metodología elegida anteriormente para la obtención de la información, en el tercer capítulo, denominado Resultados y Discusión, se plantean los resultados obtenidos del análisis de la búsqueda de información, aquí se presentarán las propiedades, características, criterios de aplicación de los tipos de geomantas que *MACCAFERRI* ofrece, los cuales fueron planteados en el primer capítulo, el de Marco Teórico, los cuales dan para el capítulo final de la investigación, llamado Conclusiones.

En las conclusiones, como último capítulo, se presentan de manera clara los resultados obtenidos en la evaluación de la investigación, así como también aclarar si los objetivos planteados desde un principio fueron logrados o no.

Capítulo 1. Marco Teórico

En la ingeniería Geotécnica, la estabilización de taludes constituye un reto continuo, la estabilidad de laderas es fundamental para prevenir deslizamientos de suelos que pueden provocar consecuencias desastrosas a infraestructura vial y a áreas pobladas, tales como: bloqueo de caminos, daño a carreteras, pérdida de propiedades, pérdida de infraestructura, y la pérdida de vidas humanas. El estado de Chiapas es una entidad de riquezas naturales, y acorde con el Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG, 2024), el cual clasifica al estado en siete diferentes regiones fisiográficas, dichas regiones tienen en su mayoría terrenos con pendientes pronunciadas. Con respecto a temas de taludes, al ingeniero civil le interesa analizar el relieve, la topografía, edafología, geología, hidrología, entre otras áreas de estudio. Interrelacionar cada aspecto de un área de estudio en particular, permitirá definir una solución óptima en temas de infraestructura, en este caso en la estabilidad de taludes.

En el presente proyecto de investigación, se aborda el problema de la erosión como factor que pone en riesgo la estabilidad de taludes y las técnicas innovadoras para dar solución a la problemática. En este contexto, el rápido progreso de las nuevas tecnologías ha facilitado el desarrollo de métodos innovadores y eficientes para abordar los problemas vinculados al control de la erosión de taludes, estas tecnologías emergentes están transformando la manera en que se enfrentan los riesgos geotécnicos que puede provocar cierto fenómeno y así poder garantizar la seguridad en zonas aledañas a las laderas. Para abatir el problema de erosión en taludes, se debe detectar si la causa proviene de fenómenos naturales o artificiales, es decir, al realizar ciertas actividades por el ser humano o porque se presenten fenómenos naturales, por ejemplo, lluvias extensas; estas actividades aceleran el proceso de erosión, es importante identificar la razón de la problemática que genera la erosión en taludes para identificar el método correcto y dar una

solución óptima. Esta investigación documental busca identificar las características, ventajas, desventajas, criterios de aplicación y propiedades de las tecnologías innovadoras para la protección contra la erosión para la estabilización de taludes.

En este trabajo se ha identificado como categorías de investigación a los siguientes: “Erosión y estabilidad de taludes” y a la “Innovación y tecnología aplicada para la protección contra la erosión de taludes”.

Marco Conceptual

En este apartado se presentan los conceptos relacionados con las categorías y con las subcategorías de análisis para este proyecto de investigación mencionados en el capítulo anterior, además, se integran los tipos y las características que las definen para poder tener un conocimiento más amplio de las variables de estudio.

Erosión

Erosión, desde la perspectiva de Suárez (2001) es “el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca por acción de la fuerza de fluido en movimiento. La erosión puede ser generada tanto por el agua como por el viento” (p. 15). Esto quiere decir que la erosión puede ser causada por un fluido en movimiento, el cual tiene la capacidad de desgastar y modificar la superficie del suelo. Por otra parte, Cruz (2019), considera a la erosión como un proceso en el cual dos elementos forman parte, dichos elementos son: el elemento pasivo, representado por el suelo y el componente activo, asociado a los factores causantes que propician la erosión del suelo. Tomando la definición de ambos autores, se puede decir que el proceso de erosión consiste en la pérdida de material del suelo debido a acciones naturales que arrastran sus partículas a otras zonas y debilitando el terreno. Con respecto a los anterior, en la Figura 1 se puede observar la erosión de un talud.

Figura 1

Erosión superficial de un talud



Nota. Adaptado de *Wikimedia Commons* [Fotografía], por Franco Goncebatt, 2022

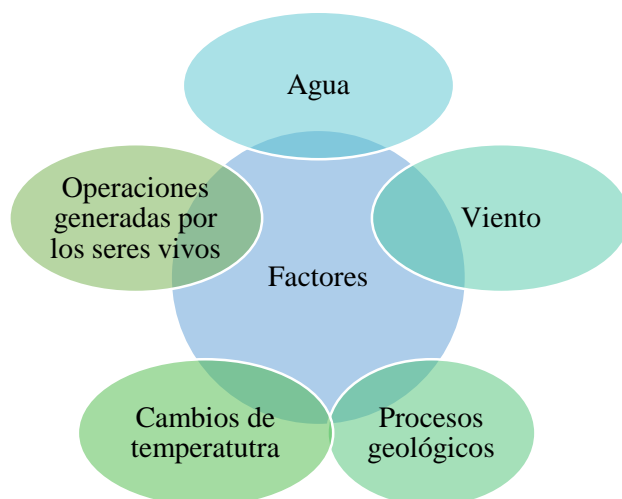
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Chalet_talud.jpg. CC BY-SA

Factores causantes de la erosión de suelos

Como podemos ver en la Figura 2, Cruz (2019), añade que la erosión no es causada por solo dos factores (agua y viento), sino que también considera a los procesos geológicos, los cambios de temperatura y a las operaciones generadas por los seres vivos como parte de los factores que ocasionan la erosión de suelos.

Figura 2

Factores que ocasionan la erosión de suelos



Nota. Elaboración propia basado en los factores que menciona Cruz (2019)

Cruz (2019), indica que los factores de la erosión de suelos pueden ser clasificados en dos tipos: Factores internos y factores externos, como se indica en la Tabla 1. Con respecto a lo anterior, los factores internos tienen relación con la estructura interna del suelo, mientras que los factores externos se relacionan a aquellos factores del ambiente o entorno de los suelos.

Tabla 1

Clasificación de los factores de erosión de suelos

Factores internos	Factores externos
Litología	Temperatura
Estructura	Precipitación
Topografía	Clima
	Operación de seres vivos

Nota. Elaboración propia basado en la clasificación de Cruz (2019).

Por su parte, Cherlinka (2022) clasifica a los factores de la erosión de suelos en: factores de erosión naturales y factores antropogénicos, como se muestra en la Tabla 2. Haciendo referencia a los factores anteriores, los primeros son causados por efectos ambientales y los segundos a causa del hombre.

Tabla 2

Clasificación de los factores de erosión de suelos

Factores naturales	Factores antropogénicos
Viento	Agricultura
Cambio climático	Ganadería
Lluvia	Tala y deforestación
Incendios forestales	

Nota. Elaboración propia basado en la clasificación de Cherlinka (2022).

Etapas de la erosión de suelos

El proceso de erosión de suelos puede dividirse en un sistema de etapas que tiene una secuencia. Ruiz de la Torre (2000) nombra a las etapas de la erosión como el “Ciclo de erosión”, y dicho ciclo está compuesto por tres etapas: El desprendimiento, el transporte y la sedimentación. Con respecto a lo anterior, en la Figura 3 se observan las etapas que a continuación se describen.

Desprendimiento

La primera etapa de la erosión consiste en el desprendimiento de la partícula del suelo, esta separación es causada por agua, viento o movimiento, y la cantidad de materia desprendida depende de la capacidad de arrastre del agua, la fuerza del viento o la energía aplicada en el movimiento de algún ser vivo o fenómeno natural.

Transporte

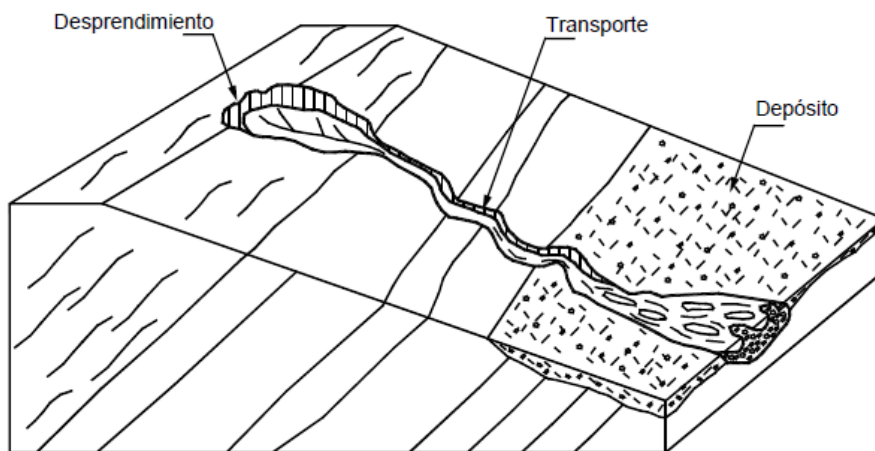
Una vez que las partículas de suelos son separadas, estas empiezan a desplazarse gracias a la gravedad, el agua y al viento. La gravedad y el agua tiene relación en el transporte debido a la escorrentía generada por la lluvia, dándole al agua suficiente capacidad de arrastre para poder trasladar las partículas de distintos tamaños, mientras que el viento se encarga de mover a muy pequeñas partículas de suelo seco a ciertas distancias.

Sedimentación

Esta última etapa se lleva a cabo cuando las partículas de suelo son transportadas a una zona debido a la gravedad, provocando una acumulación de material. Además, el ciclo de erosión puede ser considerado como un proceso continuo, debido a que las partículas acumuladas pueden volver a ser desprendidas y transportadas a nuevas zonas donde se vuelvan a sedimentar.

Figura 3

Etapas de la erosión



Nota. Adaptado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 16), por Jaime Suárez, 2001, Universidad Industrial de Santander.

Tipos de erosión

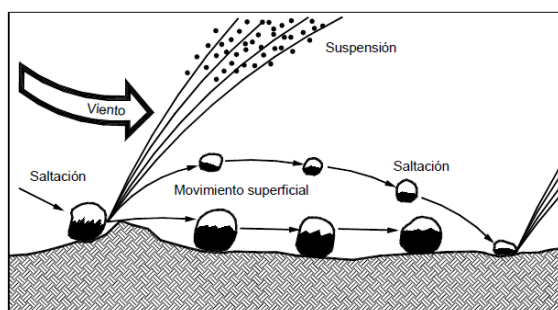
Como anteriormente se ha mencionado, la erosión es un proceso natural y continuo, este proceso se presenta de diversas maneras, y cada una con características las cuales dependen del factor origen que la origina. A continuación, se examinarán algunos tipos de erosiones, por causa del viento y del agua, enlistados por Suárez (2001) así como sus características más importantes:

Erosión por el viento

Este tipo de erosión ocurre en laderas pobres en recubrimiento vegetal, se origina cuando la velocidad del viento es elevada, generando una fuerza de empuje mayor que la fuerza ejercida por la gravedad y por la fuerza de atracción cohesiva de las partículas de suelo, provocando el desprendimiento y transporte, este mecanismo se puede ver en la Figura 4. Se debe agregar que el tipo de movimiento depende del tamaño de las partículas de suelo: para suelos de tamaños menores a 0.1 mm, el movimiento es por medio de la suspensión; para partículas comprendidas en un tamaño entre 0.1 a 0.5 mm, el movimiento es en saltos; mientras que las partículas mayores a 0.5 mm, se desplazan rodando.

Figura 4

Mecanismo de erosión por acción del viento



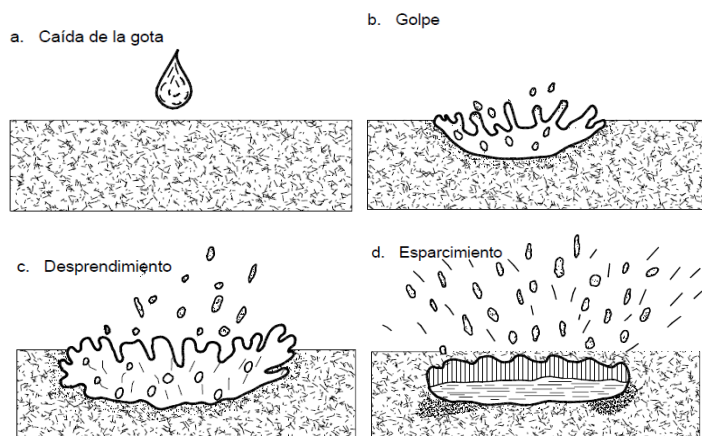
Nota. Adaptado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 59), por Jaime Suárez, 2001, Universidad Industrial de Santander.

Erosión por gotas de lluvia

Al igual que la erosión por viento, este tipo de erosión se da en zonas con poca capa vegetal que proporcionen protección ante el impacto de las gotas de lluvia, las cuales son culpables de romper la estructura del suelo, separar y esparcir sus partículas. Cabe señalar que, para continuar el ciclo de erosión, es decir, la etapa de transporte, la escorrentía del agua de lluvia se encarga de trasladar las partículas a una nueva posición. Se puede establecer una relación en este tipo de erosión si se considera a la erosión por gotas de lluvia como una variable dependiente, y a la intensidad y a la duración de la lluvia como sus variables dependientes, dicho en otras palabras, entre más agua y mayor tiempo llueva, la erosión por gotas será mayor. El mecanismo de erosión por gotas de lluvia se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5

Mecanismo de erosión por golpe de gotas de lluvia



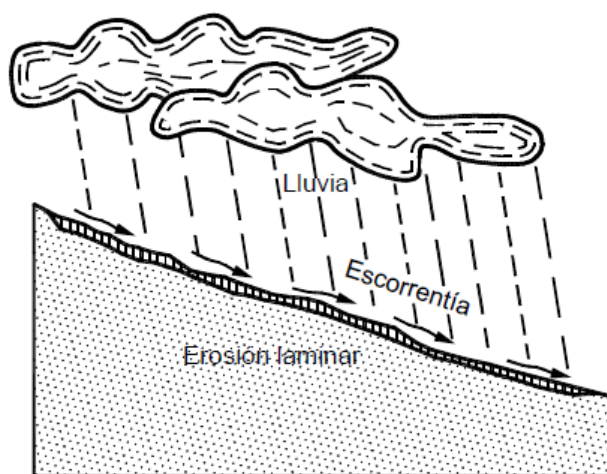
Nota. Adaptado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 61), por Jaime Suárez, 2001, Universidad Industrial de Santander.

Erosión laminar

Como se observa en la Figura 6, este tipo de erosión es también consecuencia generada por las lluvias y por la poca vegetación sobre la capa de suelo, se provoca cuando la escorrentía se separa en capas al suelo y se produce desplazamiento. Cabe destacar que la capacidad de erosión del flujo laminar es baja, sin embargo, puede llegar a convertirse en flujo turbulento, provocando un aumento en su poder de erosión y capacidad de arrastre de sedimentos, lo cual genera que el flujo cambie a un aspecto turbio debido a la cantidad de sedimentos en su arrastre.

Figura 6

Mecanismo de erosión laminar



Nota. Adaptado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 62), por Jaime Suárez, 2001, Universidad Industrial de Santander.

Erosión en surcos

La morfología del terreno es causa principal de este tipo de erosión, esto debido a que el flujo de agua en la superficie comienza a almacenarse en ciertas partes, concentrando una corriente con capacidad de arrastre suficiente para moldear canales o surcos que continuamente van ganando tamaño y profundidad como se ve en la Figura 7. Al mismo tiempo los surcos van adquiriendo

forma de “V” inicialmente, mientras la energía de arrastre se va concentrando cada vez más en estos canales, provoca que tomen forma de “U”. A causa de la capacidad de arrastre, este tipo de erosión es capaz de mover partículas de gran tamaño también.

Figura 7

Erosión en surcos



Nota. Adaptado de Pixabay [Fotografía], por Endachs, 2014

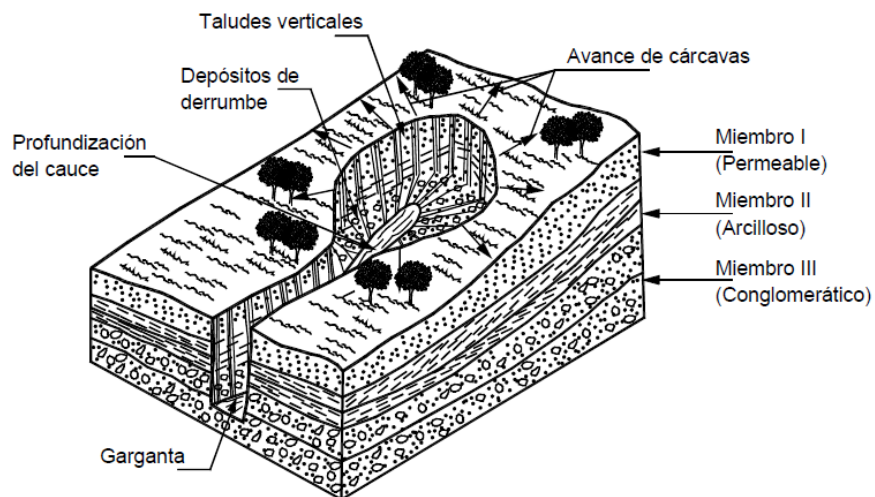
(<https://pixabay.com/es/photos/erosi%C3%B3n-arenisca-surcos-de-agua-293476/>). Obra de Dominio Público.

Erosión en cárcavas

Como resultado de la unión, la expansión y la profundidad de la erosión en surcos, se genera la erosión en cárcavas. Para poder distinguir entre un surco y una cárcava se mide su sección transversal, siendo las cárcavas consideradas aquellas con una medida superior a un pie. Por consiguiente, la capacidad de arrastre de agua y partículas será muy alta, dando lugar a que la longitud de canales de las cárcavas sea mucho más larga que los surcos, provocando que la morfología del terreno sea modificada abruptamente, en la Figura 8 se aprecia un ejemplo de este tipo de erosión.

Figura 8

Erosión en cárcavas



Nota. Adaptado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 68), por Jaime Suárez, 2001, Universidad Industrial de Santander.

Erosión interna

Si en la superficie del terreno se encuentran grietas y el agua de lluvia se infiltra en las fisuras, entonces se genera la erosión interna, esto quiere decir que el agua arrastra las partículas de suelo dentro de la estructura del suelo a través de canales internos, generando flujos subterráneos que continuamente van aumentando su sección. En consecuencia, la estructura interna del suelo se modifica, provocando que capas de suelo caigan sobre los canales y serán arrastrados, provocando grandes canales o agujeros, así como el mostrado en la Figura 9.

Figura 9

Erosión interna



Nota. Adaptado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 76), por Jaime Suárez, 2001, Universidad Industrial de Santander.

Talud

Talud, desde el punto de vista de Pinto (s.f.), define a un talud como una superficie inclinada respecto a una horizontal, los taludes pueden ser naturales o artificiales. En otras palabras, un talud, como se muestra en la Figura 10, se refiere a una superficie de terreno con pendiente; la principal diferencia entre taludes radica en su origen, siendo taludes naturales aquellos cuya inclinación ha sido creada de manera orgánica a través del tiempo, mientras que los taludes artificiales son originados por intervención humana para ciertos propósitos y usos.

Figura 10

Talud



Nota. Adaptado de *Wikimedia Commons* [Fotografía], por Themium, 2019

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Road_cut_in_Paraibuna,_Brazil.jpg). CC-0

Causas de fallas en la estabilidad de taludes

La presencia de fallas en la estabilidad taludes puede atribuirse a eventos naturales o a las acciones del ser humano, estas fallas se presentan cuando la capacidad de resistencia a esfuerzos cortantes es menor que la concentración de esfuerzos ejercidos sobre el talud. A continuación, se enlistan algunos factores principales que afectan la estabilidad de taludes según Budhu (2007, como se citó en Garibay, 2016), las cuales ayudan a comprender mejor el origen de las fallas.

- Erosión.
- Lluvia
- Sismo
- Características geológicas
- Cargas externas
- Excavaciones y/o rellenos

- Condiciones de presión de poro y vaciado rápido.

Pendiente del talud

Suárez (2001) menciona que, para planificar la pendiente de un talud, es necesario examinar y conocer las características geológicas de los materiales que conforman al talud. Mas aún porque los materiales constituyentes de los taludes son suelos y rocas, los cuales tienden a sufrir desgastes con el paso del tiempo. Se debe agregar que la pendiente de un talud tiene influencia con la capacidad de erosión de suelo. Debido a que en pendientes más pronunciadas el agua tiende a fluir con mayor velocidad, aumentando su capacidad de arrastre y transporte de sedimentos. No solo la erosión por agua es influenciada por las pendientes inclinadas sino también la erosión por viento, teniendo en cuenta que vientos fuertes tienden a mover y transportar gran cantidad partículas.

Innovación

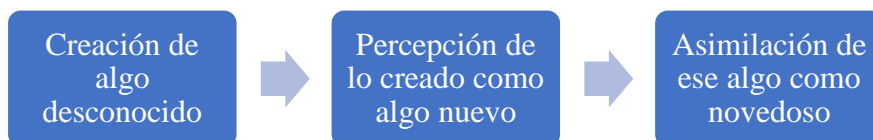
La “innovación” se refiere al proceso de introducción de ideas para cambios, mejoras, o novedades aplicadas en: productos, servicios, métodos, procesos o modelos en diversas áreas, esto es con el fin de mejoras significativas para resolver problemas y obtener beneficios para diferentes áreas de aplicación.

Dimensiones

Margalef et al. (2006), mencionan que la definición de la palabra “innovación” está ligada a tres maneras de uso: “la creación de algo desconocido, la percepción de lo creado como algo nuevo, la asimilación de ese algo como novedoso” (p. 3). De lo anterior, en la se pueden explicar de manera detallada los puntos de definición de “innovación” propuesta por los autores antes mencionados. En la Figura 11 se presenta una serie de etapas por las cuáles algo puede llegar a ser considerado como innovador, y posteriormente se explica de manera detallada cada etapa.

Figura 11

Etapas para considerar que algo es innovador



Nota. Elaboración propia

La creación de algo desconocido: Esta primera etapa se refiere al acto de crear o generar algo que era desconocido o que anteriormente no existía. Esta etapa implica la creación de nuevas ideas, nuevos conceptos, nuevos productos, nuevos servicios o cualquier otra cosa que posea un toque de ser novedoso y original.

La percepción de lo creado como algo nuevo: Para esta segunda fase algo novedoso tuvo que haber sido creado, y aquí se trata de cómo percibir, entender y comprender lo creado. Las personas deben distinguir que lo creado es algo completamente diferente, original, único e innovador comparándolo con lo ya existente.

La asimilación de ese algo como novedoso: En esta última etapa se acepta y se reconoce lo creado, por parte de las personas, como algo innovador, nuevo y original. Además de ser introducido, integrado y adaptado al contexto o al ámbito para el que fue desarrollado, y ahí lo “innovador” debe ser considerado como algopreciado.

Características

Para poder considerar a algo como “innovador” y darle la validez de ese significado, se debe de cumplir con una serie de características propias tales como: la creatividad, la originalidad, el cambio o la mejora de lo convencional, la facilidad de soluciones, la facilidad de adaptación práctica, el reconocimiento de su impacto y la longevidad para su uso. Con respecto a lo anterior, en la Figura 12 se muestran a las características de la innovación y posteriormente se explica cada una de ellas:

Figura 12

Características de la innovación



Nota. Elaboración propia

Creatividad

Se requiere de una idea fresca nacida de la imaginación, de una idea pensada fuera de la caja, es decir, algo pensado fuera de lo convencional.

Originalidad

Para que algo tienda a ser innovador, se requiere que sea nuevo y completamente diferente y único en su tipo.

Cambio o mejora de lo convencional

Lo innovador supone aplicar el cambio completo o la mejora de ciertas partes de algún proceso o método, todo esto con el fin de poder establecer beneficios tales como: ahorro de tiempo y dinero.

Facilidad de dar soluciones

Cuando existen ciertos problemas en específico, lo innovador debe de tener la capacidad de darles soluciones rápidas y efectivas.

Facilidad de adaptación

Realizar el cambio de un sistema tradicional o convencional a un sistema innovador no debería de ser algo difícil para las personas, la innovación debe de proveer una facilidad de transición de lo convencional a lo nuevo y no generar una sensación de estrés a tratar de entender lo nuevo, sino todo lo contrario, esa adaptabilidad ayuda a que el cambio sea más rápido y la aceptación por muchas más personas.

Reconocimiento del impacto

Para poder integrar lo innovador debe de generar un gran impacto positivo en las personas, es decir, que la percepción cambie a positivos y ventajas que lo innovador ha generado en el contexto para el que fue creado.

Longevidad de uso

Lo innovador no debe ser creado para un periodo corto de tiempo, no debe volverse obsoleto tan rápido sino considerar un impacto en su uso a largo plazo en el contexto para el que fue creado, garantizando su uso por un tiempo considerable.

Tecnologías aplicadas al control de erosión en taludes

Roldán (2020) define como tecnología al conjunto de conocimientos y técnicas que se aplican de manera ordenada para alcanzar un determinado objetivo o resolver problema. En adición al concepto de tecnología de la anterior autora, la tecnología también constituye un conjunto de herramientas y procesos desarrollados por el ser humano para satisfacer necesidades y mejorar diferentes entornos. Partiendo de la definición de tecnología, se puede describir a los geosintéticos como una tecnología ya que fueron creados con el objetivo de resolver el problema de erosión en terrenos con pendientes pronunciadas.

Geosintéticos

Suárez (2001), define a los geosintéticos como aquellos “productos de ingeniería, enrollables, [y] fabricados con polímeros como el polipropileno, el poliéster, el nylon y el polietileno” (p. 194). Estos productos se elaboran en forma de rollos y se utilizan en obras de Ingeniería Geotécnica para mejorar la estabilidad de suelos controlando el proceso de erosión. Además, Suárez (2001) menciona que los geosintéticos son usualmente utilizados en conjunto con otros productos geosintéticos y/o con la vegetación del suelo para evitar la erosión.

Geotextiles

El término “Geotextil”, desde la perspectiva de Suárez (2001), se refiere a las redes de plástico usadas para separar distintas capas de suelo, para reforzar la estructura y completamente permeable. Estos son hechos a base de polímeros, los cuales pueden ser poliéster, polipropileno, nylon y polietileno. A su vez, Suárez (2001) menciona que los geotextiles pueden ser tejidos y no tejidos, los primeros son tejidos formando una manta con espacios entre filamentos de tamaño constante, y pueden dividirse en tipos dependiendo de la fibra usada para su elaboración como se observa en la Figura 13; por otra parte, los geotextiles no tejidos son formados por hilos de polímeros colocados y enlazados de manera aleatoria, pueden ser divididos dependiendo de cómo fueron formadas sus uniones como se muestra en la Figura 13 y en la Figura 14.

Figura 13

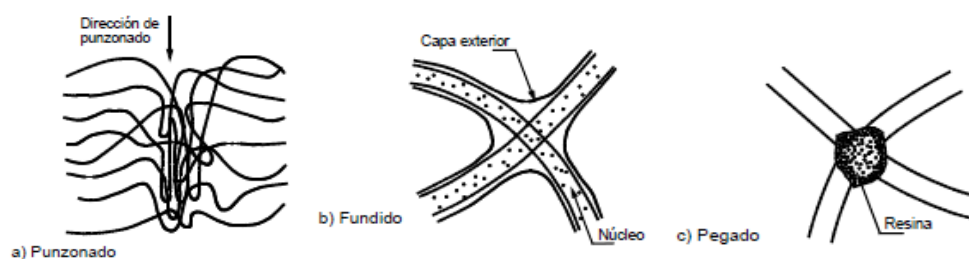
Tipos de geotextiles y su clasificación



Nota. Elaboración propia

Figura 14

Tipos de uniones de geotextiles no tejidos



Nota. Adaptado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 196), por Jaime Suárez, 2001, Universidad Industrial de Santander.

Resistencia a la tensión de los geotextiles

Para poder determinar la resistencia a la tensión de los geotextiles, Suárez (2001) menciona que existen cuatro maneras de realizar el ensayo, dos de ellas están basadas en normas mientras que las otras dos no, estas son las que se presentan en la Tabla 3. Las propiedades más representativas de los geotextiles pueden encontrarse en el Anexo A.

Tabla 3

Tipos de ensayos para resistencia a la tensión ge geotextiles

Tipo de ensayo	Norma	Ancho de muestras
Sistema Grab	ASTM D4632	4 pulgadas, pero con sujetadoras de 1 pulgada
Sistema de carro ancho	ASTM D4595	8 pulgadas
Sistema angosto	Sin norma	1 o 2 pulgadas
Sistema muy ancho	Sin norma	Hasta 20 pulgadas

Nota. Elaboración propia basado de Suárez (2001).

Durabilidad de los geotextiles

Por otro lado, Suárez (2001) describe que las durabilidades de los geotextiles dependen de dos factores, la resistencia a la tensión de sus fibras y a la resistencia a la intemperie. En relación con la resistencia a la intemperie, se refiere a resistir la descomposición por los rayos del sol, al ataque de sustancias químicas y biológicas.

Normas para el uso de geotextiles

Suárez (2001) explica que, la utilización de geotextiles está regida por la Norma AASHTO 288-97, en los Anexos del B al E se observan algunos criterios de la norma antes mencionada en la que el uso de geotextiles debe de cubrir seis rubros importantes.

Geomallas o Geogrillas

Así mismo, Suárez (2001) define a las geomallas como mallas con agujeros de tamaño grande, usados como refuerzo para la infraestructura del terreno hechas de materiales como polipropileno, poliéster y polietileno las cuales deben cumplir con ensayos de diferentes características aplicados bajo normativa, véase el anexo F.

Geocompuestos

Se debe agregar que Suárez (2001) menciona a los geocompuestos como aquellas estructuras que se forman de combinar dos elementos como los geotextiles y las geomallas. Además, Suárez (2001) describe algunas especificaciones que los geocompuestos deberán cumplir, tales como: El drenaje de dos capas de geotextil pegada a una geomalla y que la resistencia mínima de que la malla y el geotextil no se arranquen debe ser igual o mayor que 250gm/pulgada de ancho.

Geomantas *MACAFERRI* como innovaciones tecnológicas para la protección contra la erosión en taludes

La estabilidad de taludes mediante la tecnología es un área importante en la Ingeniería Geotécnica, destinada a disminuir los riesgos asociados con la inestabilidad de terrenos con pendientes naturales o modificados por el ser humano. La estabilidad taludes pueden ser afectados por diversos factores, uno de ellos, la erosión.

En términos ingenieriles, no solo es aplicar una innovación tecnológica que evite que siga el proceso de erosión, es importante que el talud cumpla con la geometría estipulada, esta geometría corresponde a la pendiente del talud según proyecto e identificar el tipo de suelo que esté conformado dicho talud. Para que una innovación tecnológica funcione, es de suma importancia conocer la geometría del terreno y así poder aplicar una se los siguientes elementos constructivos que ofrece *MACAFERRI*.

La empresa *MACCAFERRI* (2023) ofrece soluciones de prevención contra el fenómeno de erosión, las cuales fueron diseñadas para adecuarse a la inclinación del terreno. En cuanto a una de las técnicas que la empresa ofrece se encuentra el uso de mantas de la serie *MacMat*® que fortalecen la capacidad de resistencia del suelo debido a la erosión que generan el agua y el viento. Así mismo, las mallas *MacMat*® ofrecen productos que generan soluciones económicas para mantener retenida la tierra y la humedad en taludes, y de esta manera fomentar el desarrollo de vegetación sostenible para una protección, a largo plazo, contra la erosión, las cuales a continuación se presentan:

Macmat® 10.1

La geomanta duradera *MacMat*® 10.1 está compuesta de hilos sintéticos que se funden en los puntos de conexión como se observa en la Figura 15, formando una capa tridimensional con alta capacidad de deformación y con un promedio del 90% o mayor. Otros dos rasgos importantes de este tipo de técnica es el de prevenir la erosión de taludes por culpa de la escorrentía y el de dar soluciones permanente efectivas a largo tiempo en ambientes secos y húmedos.

Figura 15

Geomanta MacMat® 10.1



Nota. Adaptado de MacMat, por *MACCAFERRI*, s.f.

[\(https://www.maccaferri.com/mx/productos/macmat/\)](https://www.maccaferri.com/mx/productos/macmat/)

Macmat® HS

Esta técnica es una mejora de la *Macmat*®, ya que incluye mejoras en el rendimiento, estas mejoras incluyen las características de la técnica *Steelgrid*® de *MACCAFERRI*, el cual es otro producto usado para la estabilización superficial de taludes y que necesiten protección contra la

erosión. *MacMat HS*®, como se observan en la Figura 16 y en la Figura 17, está formada por una malla de acero con forma de hexágono cuyo rendimiento es superior a la norma EN 10223-3.

Figura 16

Geomanta MacMat® HS

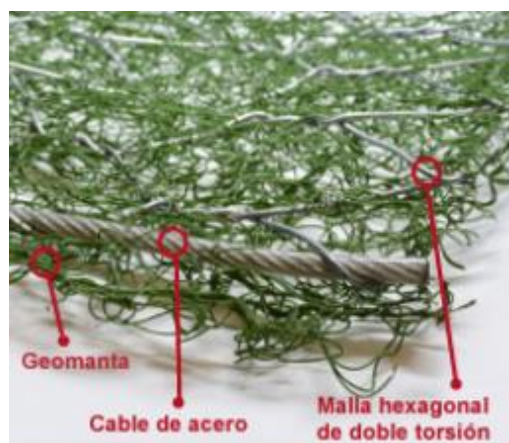


Nota. Adaptado de MacMat-HS, por *Zhuomao Youpin*, s.f.

(<https://www.zhuomaoy.com/gabion/rockfall-macmat-hs.html>)

Figura 17

Geomanta MacMat® HS



Nota. Adaptado de MacMat, por *MACCAFERRI*, 2017 (https://media.prodalam.cl/material-descarga/92200/92200_20200907202238.pdf?d=20200907202238)

Macmat® R

Esta técnica es una manta reforzada la cual se caracteriza por integrar un refuerzo a la estructura tridimensional, este producto se divide en dos tipos diferentes que dependen del refuerzo que lleva, el cual puede ser de acero en forma malla de doble torsión, conocida como Macmat® R1 como se aprecian en la Figura 18 y en la Figura 19; o el refuerzo puede ser de una geomalla sintética llamada Macmat® R3 como se ve en la Figura 20 y en la Figura 21. Dicho producto combina las propiedades principales de una malla y el del refuerzo sintético, los cuales son la capacidad de control de erosión y la capacidad de refuerzo, respectivamente. Además, la combinación de propiedades ofrece una resistencia elevada a la tracción y una alta rigidez.

Figura 18

Geomanta MacMat® R1



Nota. Adaptado de Especificación técnica MacMat® R1, por *MACCAFERRI*, 2016

(https://media.prodalam.cl/material-descarga/93094/93094_20200907203945.pdf?d=20200907203945)

Figura 19*Geomanta MacMat® R1*

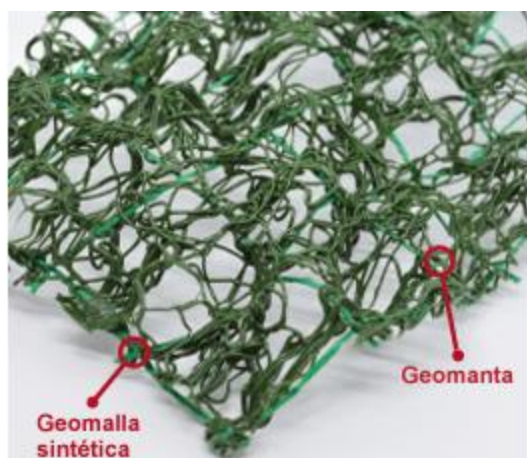
Nota. Adaptado de MacMat, por *MACCAFERRI*, 2017 (https://media.prodalam.cl/material-descarga/92200/92200_20200907202238.pdf?d=20200907202238)

Figura 20*Geomanta MacMat® R3*

Nota. Adaptado de Especificación técnica MacMat® R3, por *MACCAFERRI*, 2017 (https://media.prodalam.cl/material-descarga/92200/92200_20200907202204.pdf?d=20200907202204)

Figura 21

Geomanta MacMat® R3



Nota. Adaptado de MacMat, por *MACCAFERRI*, 2017 (https://media.prodalam.cl/material-descarga/92200/92200_20200907202238.pdf?d=20200907202238)

De acuerdo a esta información, el estudio se desarrolla desde un análisis descriptivo, ya que ayudará a identificar los tipos, las ventajas, las diferencias, las características, los criterios de aplicación y las propiedades de las tecnologías que existen actualmente para el control de erosión para la estabilidad de taludes, y su estudio está basado en una investigación documental de tipo descriptiva, es decir, la investigación será delimitada únicamente a elementos de protección contra la erosión de la empresa *MACCAFERRI* y las fuentes secundarias utilizadas para obtener los datos necesarios serán las fichas técnicas y la normativa vigente aplicada en estos elementos.

Capítulo 2. Metodología

Investigar es encontrar nuevos conocimientos, y para encontrarlos, es necesario apoyarnos de una serie de pasos (métodos) que nos ayuden a orientarnos en el proceso de búsqueda.

Partiendo de la definición de Lafuente y Marín (2008) quienes definen al método científico “como el conjunto de tácticas que se emplean para constituir conocimiento” (p. 3). Entonces el método científico nos brinda los pasos para poder lograr el saber.

El querer adquirir conocimientos surge de querer entender un fenómeno, y existen diferentes tipos de fenómenos por lo cual los métodos o tácticas de investigación a utilizar pueden ser diferentes y no generalizar un solo método para todos, Lafuente y Marín (2008) mencionan que “es común distinguir entre dos tipos de métodos: el método deductivo y el método inductivo o empírico” (p. 3). El método deductivo funciona si se toma ideas generales de cómo se comporta un fenómeno y se proyecta a ideas particulares; en cambio, el método inductivo toma ideas de casos particulares, basados en experiencia propia, y las proyecta a casos generales. En el presente proyecto de investigación se parte desde lo general ya que se toma información de las innovaciones y nuevas tecnologías aplicadas a la estabilidad de suelos accidentados a nivel internacional junto con normativas en las que estas nuevas tecnologías se sustentan, analizando las empresas líderes y los productos que ofrecen; y se llega a lo particular analizando los métodos y los productos que esas empresas ofrecen específicamente a la estabilidad de taludes.

En el campo de la Ingeniería Civil se generaliza a procesos constructivos de nuevas infraestructuras, pero es importante mencionar que esta rama de la ingeniería también se ocupa de las tecnologías para ejecutar estos procesos constructivos en diferentes áreas de la práctica profesional, es por ello que se necesita de la investigación e innovación en diferentes elementos constructivos acorde a las necesidades de la sociedad.

Para Lafuente y Marín (2008), la investigación puede ser: cualitativa, cuantitativa o mixta, dependiendo de “la naturaleza de la información”. (p. 6); o la investigación puede ser: exploratoria, descriptiva y explicativo-descriptiva “según la función que cumple la investigación”. (p. 6).

Guzmán (1982) menciona dos tipos de fuentes de datos: fuentes primarias o fuentes secundarias. En relación a los tipos anteriores de datos, la primera se refiere a la información que es recogida de forma directa, mientras que la segunda es obtenida a partir de documentos o información recopilados por otras personas que anteriormente han hecho investigación en el tema de interés (p. 1). Puesto que una de las principales fuentes de consulta serán las empresas líderes que se dedican a abastecer de materiales innovadores para utilizarlos como solución en procesos constructivos, las fuentes de información serán del tipo secundarias, se analizará la información de las nuevas tecnologías publicadas por las empresas en sus páginas web, estas herramientas serán los catálogos y fichas técnicas de los productos aplicados para sistemas con pendientes pronunciadas, así como la normatividad vigente en la cual se sustentan.

La técnica utilizada para esta investigación será la investigación documental, la cual Guerrero Dávila (2015, como se menciona en Reyes-Ruiz y Alvarado, 2020) menciona que es una de las técnicas de la investigación cualitativa porque se caracteriza en seleccionar, recolectar y recopilar la información obtenida de la lectura de diferentes fuentes (p. 1). Reyes-Ruiz y Alvarado (2020) resaltan que la investigación documental también es conocida como investigación bibliográfica puesto que se utilizan como fuentes de información los datos de fuentes secundarias.

Para realizar una investigación desde una perspectiva ingenieril se requiere de una metodología que explique el proceso para llegar a un resultado que innove como nuevas soluciones en el campo de la construcción, es por ello que se parte de una investigación cuantitativa para analizar un fenómeno que existe, que tiene solución pero que se busca transformar esa solución

con nuevos métodos o nuevas tecnologías para solucionar según sea cada caso en el proceso constructivo.

En la presente investigación se requiere fundamentar a través de la metodología cuáles son los métodos innovadores y nuevas tecnologías que se están aplicando referente a la estabilización de taludes en México y por supuesto en el estado de Chiapas y así mismo en la ciudad capital de Tuxtla Gutiérrez. Al hacer referencia al objeto de estudio, con la metodología cuantitativa se fundamentará desde una perspectiva descriptiva, ya que en los objetivos de la tesis se busca revisar las diferencias, ventajas, características, criterios de aplicación, propiedades de los elementos de las tecnologías que existen actualmente para controlar la erosión en la estabilización de taludes.

Hernández et al. (2010) expresa la importancia de ser objetivos en la selección de las variables del fenómeno a estudiar, ser congruentes en un proceso correcto para la obtención de la información, definir las propiedades, características y los perfiles de grupo (p. 92). En esta investigación se hace referencia a los grupos comerciales pioneros en los métodos tecnológicos que abastecen para la estabilidad de taludes.

Lafuente y Marín (2008) mencionan que “la información que nos proporciona un análisis descriptivo, además de ser un fin en sí mismo, la podemos utilizar como base de partida para el desarrollo de una investigación más específica (pp. 6-7). Es importante mencionar que la investigación será de análisis descriptivo, acotando o delimitando esta investigación a únicamente los elementos tipo geomantas que controlan la erosión de terreno para la estabilización de sistemas con pendientes pronunciadas que ofrece la empresa *MACCAFERRI*, quien es una de las líderes en el área.

En el marco teórico se desarrollará a detalle cada elemento que ofrecen como solución de cómo trabaja cada elemento, la normativa vigente, ficha técnica y todo lo necesario como fundamento para la comprensión de la investigación.

Capítulo 3. Resultados y discusión

El presente capítulo corresponde al análisis de resultados de la investigación cualitativa de tipo documental de la recopilación de información secundaria, obtenida de la empresa *MACCAFERRI*, enlistando las ventajas del uso de las geomantas y la discusión con referencia a las ventajas de la familia de productos protección contra la erosión en taludes.

Identificación del uso y los tipos de geomantas *MACCAFERRI* para el control de la erosión para la estabilidad de taludes.

La erosión de taludes es un fenómeno que puede ocurrir tanto por causas naturales, así como causada por el hombre, este suceso puede ocasionar problemas comprometiendo la estabilidad de la infraestructura y lugares cercanos a él, pudiendo causar riesgos a personas cercanas. Para poder encontrar una solución a este suceso, se debe de analizar y comprender el contexto, es decir, las condiciones en la que se encuentra el talud y observar cómo se atenuar este problema.

Actualmente en el área de la Ingeniería Geotécnica para el control de la erosión en la estabilización de taludes se está llevando a cabo avances tecnológicos significativos para mejorar a ciertos métodos convencionales usados para solucionar este fenómeno, una de estas nuevas tecnologías en la industria moderna es el uso de Geomantas o también conocidos como Geosintéticos instaladas como se ve en la Figura 22. Las pendientes elevadas de terreno se encuentran expuestas a diversos factores que generan su erosión y este método de control de erosión esencial ya que el recubrirlos con geomantas garantiza la seguridad y tiempo de vida de estas.

Figura 22

Protección de talud con revestimiento de geomanta



Nota. Adaptado de MacMat-R, por *MACCAFERRI*, s.f. (https://www.maccaferri.com/latam/wp-content/uploads/2022/12/Macmat-R_1.jpg)

Cabe resaltar que las geomantas son un método cuya principal función es la de control de erosión, pero para el control de estabilidad se usan otros métodos como el uso de estructuras de protección como los gaviones, no obstante, estos últimos no protegen al talud de la erosión, cosa que las geomantas sí.

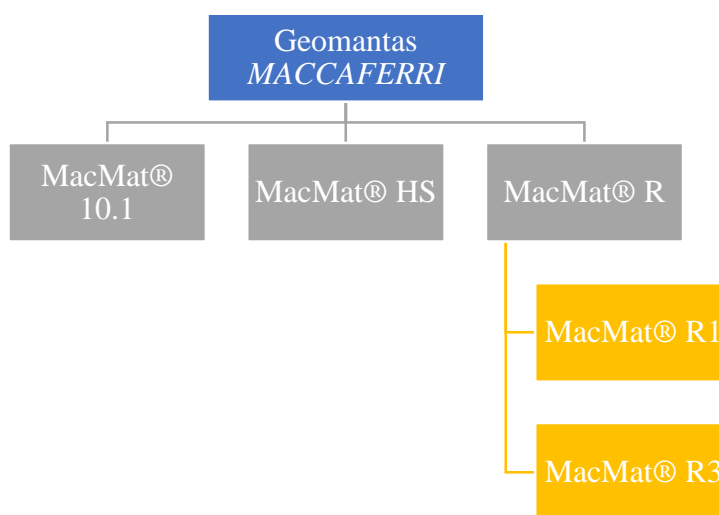
Al necesitarse requerirse apoyo adicional en la protección de taludes en el control de erosión adicional a los métodos tradicionales, las geomantas pueden ser aplicadas, estas revisten la superficie a la cual va a estar expuesto la pendiente de suelo y así poder evitar el desgaste por erosión de taludes.

La empresa *MACCAFERRI* es una de las empresas líderes en venta de productos para la estabilización de terrenos, productos que ayudan a la estabilización mecánica, así como para el control de erosión. Por lo que se refiere a productos para el control de erosión, las geomantas

MacMat® son las ofertadas por dicha empresa, las cuales son geosintéticos compuestos por fibras hechas de polímeros, las geomantas MacMat® son una familia de productos cuya aplicación depende de condiciones y solicitaciones específicas. Dicho lo anterior, en la Figura 23 se presenta la subdivisión de productos que forman para de la categoría de geosintéticos MacMat® que *MACCAFERRI* ofrece, en la Figura 24 se muestra la aplicación de MacMat® 10.1, además en la Figura 25 se presenta la geomanta MacMat® HS revistiendo a un talud, mientras que en las Figuras 26 y 27 se ven ejemplos de uso de MacMat® R1 y MacMat® R3, respectivamente.

Figura 23

Familia de productos MacMat®



Nota. Elaboración propia.

Figura 24

Geomanta MacMat® 10.1 revistiendo la superficie de un talud



Nota. Adaptado de MacMat, por *MACCAFERRI*, s.f.

[\(https://www.maccaferri.com/mx/productos/macmat/\)](https://www.maccaferri.com/mx/productos/macmat/)

Figura 25

Geomanta MacMat® HS revistiendo la superficie de un talud



Nota. Adaptado de MacMat HS, por *MACCAFERRI*, s.f.

[\(https://www.maccaferri.com/mx/productos/macmat-hs/\)](https://www.maccaferri.com/mx/productos/macmat-hs/)

Figura 26

Geomanta MacMat® R1 revistiendo la superficie de un talud



Nota. Adaptado de MacMat, por MACCAFERRI, 2017 (https://media.prodalam.cl/material-descarga/92200/92200_20200907202238.pdf?d=20200907202238)

Figura 27

Geomanta MacMat® R3 revistiendo la superficie de un talud



Nota. Adaptado de MacMat, por MACCAFERRI, 2017 (https://media.prodalam.cl/material-descarga/92200/92200_20200907202238.pdf?d=20200907202238)

Alistamiento de las ventajas de las geomantas *MACCAFERRI* para el control de la erosión para la estabilidad de taludes.

Puesto que las geomantas de *MACCAFERRI* son una nueva tecnología que genera ventajas respecto a los métodos convencionales de protección contra la erosión de taludes, en la Figura 28 se identifican las ventajas obtenidas en la investigación documental hecha de tipo descriptiva propuesta en la metodología:

Figura 28

Ventajas del uso de geomantas de MACCAFERRI

1.- Protección contra la erosión	2.- Alta resistencia	3.- Reducción de costos de mantenimiento	4.- Crecimiento de la vegetación	5.- Apariencia de terreno natural
6.- Refuerzo de las raíces de la vegetación	7.- Disminución de radiación solar	8.- Tiempo de vida largo	9.- Evitar desperdicios	10.- Reducción de velocidad del agua
11.- Evita el transporte de partículas	12.- Evita la formación de grietas en el terreno	13.- Su uso aplica a diferentes tipos de suelo	14.- Tiempo corto de instalación	15.- Facilidad en operación
	16.- Rápida preparación de terreno	17.- El clima no interfiere en su instalación	18.- Se adaptan a la superficie de terreno	

Nota. Elaboración propia.

Respecto a lo anterior, en la tabla 4 que a continuación se presenta, se enlistan y discuten las ventajas del uso de geomantas *MACCAFERRI* en la protección contra la erosión de taludes, como uno de los objetivos de esta investigación:

Tabla 4

Ventajas del uso de Geomantas de la familia MacMat®

Número	Ventaja	Descripción
1	Protección contra la erosión	Proveen protección contra los factores de la erosión generada por el agua, el viento o actividades humanas, la cual puede presentar el desgaste y posteriormente posibles riesgos.
2	Alta resistencia	Las geomantas están hechas de un polímero muy resistente, además los tipos MacMat®. HS y MacMat®. R incorporan un refuerzo de mallas hexagonales de acero en forma de red sujetas a barras clavadas o geo en el terreno con pendiente, lo cual permite retener tierra y rocas sueltas.
3	Reducción de costos de mantenimiento	Los geosintéticos ayudan a controlar la erosión de taludes, lo que reduce bastante la pérdida de partículas de suelo causadas por el agua y el viento, esto disminuye el tener que reponer constantemente material erosionado dando una protección duradera y reduciendo la frecuencia de mantenimiento, ahorrando mano de obra y maquinaria para restaurar taludes.
4	Crecimiento de la vegetación	El revestimiento con red de mallas con forma hexagonal genera un ambiente más propicio que permite el crecimiento de vegetación en los taludes, esto se debe a que las geomantas retienen la humedad del suelo evitando que se evapore el agua y que a través de las mallas pueden crecer plantas que refuercen con sus raíces al

		suelo y ayuden a controlar mejor la erosión.
5	Apariencia de terreno natural	Puesto que vegetación puede crecer en los geosintéticos,
6	Refuerzo de las raíces de la vegetación	Las geomantas al estar compuestas por una malla o red de material resistente las cuales sirven de anclaje para el crecimiento de las plantas, las raíces de la vegetación aparte aferrarse al suelo también lo hacen con la red, dando un agarre adicional para mantenerse ancladas al talud.
7	Disminución de radiación solar	Las Geomantas crean un ambiente adecuado para el crecimiento y la reproducción de la vegetación en el talud, las cuales al cubrir el terreno, disminuyen la cantidad de luz solar que llega al suelo y reduce la absorción de esta en el suelo, lo que genera que la temperatura del suelo se mantenga baja.
8	Tiempo de vida largo	Las geomantas fueron diseñadas para resistir a largo plazo tanto deformaciones mecánicas como por degradación del material, esto significa que pueden brindar la protección contra la erosión por muchos años.
9	Evitar desperdicios	Las geomantas son un material que permiten medir y cortarse según las medidas necesarias para el terreno o área, eso significa que la cantidad de producto a utilizar será cuantificable, lo cual ayuda a comprar solo lo necesario, optimizar y evitar desperdicio durante su proceso de instalación.
10	Reducción de velocidad del agua	Al propiciar el crecimiento de vegetación en las geomantas, éstas aumentan la capacidad de absorción de agua y también la rugosidad del suelo, lo que disminuye

		significativamente la velocidad del fluido cuando se convierte en escorrentía.
11	Evita el transporte de partículas	La superficie de terreno protegida con los geosintéticos evita su pierde de partículas, esto debido a que trabajan como una barrera protectora que retiene las partículas, protegiendo contra el movimiento del viento y la escorrentía del agua.
12	Evita la formación de grietas en el terreno	Las geomantas generan control de la humedad del terreno, esta se mantiene estable, así evita que se generan los periodos de expansión por humedad y contracción por secado del suelo los cuales provocan la formación de grietas.
13	Su uso aplica a diferentes tipos de suelo	Sus usos no se limitan a un tipo de suelo, puede aplicarse a suelos finos propensos a la erosión, a suelos rocosos donde haya desprendimiento de material y en suelos arenosos donde su falta de cohesión generen desprendimiento.
14	Tiempo corto de instalación	Las geomantas son fáciles para su instalación, esto comparado con otros métodos convencionales de protección, solo necesita extender la geomanta sobre el área y asegurarla, requiriendo una mínima cantidad de mano de obra y equipo, además las geomantas están hechas de materiales ligeros los cuales facilitan su colocación y aumentan el rendimiento.
15	Facilidad en operación	Al ser de fácil instalación se evita la obstrucción de caminos adyacentes al talud.
16	Rápida preparación de terreno	La preparación del terreno para la instalación de los geosintéticos no requiere de máquinas especiales ni preparaciones extensas.

17	El clima no interfiere en su instalación	La instalación de los geotextiles es rápida, y no requiere de condiciones especiales para el uso de equipo específico el cual se vea afectado climas desfavorables.
18	Se adaptan a la superficie de terreno	El material de las geomantas es flexible, lo que genera que se adapta rápidamente al área de terreno que requiere la protección.

Nota. Elaboración propia.

Identificación de las propiedades de los tipos de geomantas *MACCAFERRI* para el control de la erosión para la estabilidad de taludes.

De Tabla 5 hasta la Tabla 14 se presentan algunas de las propiedades físicas y mecánicas más importantes de los tipos de geomantas de *MACCAFERRI*: MacMat® 10.1, MacMat® HS, MacMat® R1 y MacMat® R3, obtenidos de la revisión bibliográfica de las especificaciones técnicas de los productos, todavía cabe señalar que, para ver un panorama más amplio de estas propiedades obtenidas de las especificaciones técnicas ver los anexos G, H, I y J.

Propiedades de MacMat® 10.1

Tabla 5

Propiedades físicas de MacMat® 10.1

Propiedades Físicas		
Espesor nominal (mm)	ASTM D6525	10
Gramaje (g/m ²)	ASTM D6566	520
Índice de vacíos (%)		>90
Espesor del filamento (mm)		0.65
Color		Negro
Polímero		Polipropileno
Peso específico del polímero (g/m ³)	ASTM D 792	905
Punto de fusión del polímero (°C)	ASTM D 1505	150
Resistencia UV del polímero (*)	ASTM D 4355	Estabilizado

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® 10.1*, por MACCAFERRI, 2013.

<https://es.scribd.com/document/157728611/Especificacion-MacMat-10-1>

Tabla 6

Propiedades mecánicas de MacMat® 10.1

Propiedades Mecánicas		
Resistencia a la tracción longitudinal (kN/m)	ASTM D 6818	2.50
Elongación a la rotura (%)	ASTM D 6818	50.0
Resistencia a la tracción transversal (kN/m)	ASTM D 6818	1.00
Elongación a la rotura (%)	ASTM D 6818	48
Flexibilidad (mg-cm)	ASTM D 6575	180000

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® 10.1*, por MACCAFERRI, 2013.

<https://es.scribd.com/document/157728611/Especificacion-MacMat-10-1>

Propiedades de MacMat® HS

Tabla 7

Propiedades físicas y mecánicas de los refuerzos metálicos

Propiedades físicas y mecánicas de los refuerzos metálicos (malla y cabo de acero)						Normas de referencia
MacMat® HS		30 8127RN C8	50 8127RN C8	100 8127RN C8	MO 8130RN C8	
Resistencia longitudinal a la tracción de la solución ⁽²⁾	kN/m	180±10	90±7	83±5	55±5	EN 10223-3
Tensión de rotura del cable de acero	MPa	1770				DIN 3060 / ISO 2408
Tensión de rotura de los alambres de la malla ⁽³⁾	MPa	380 a 500 - Clase A				NBR 8964 / EN 10223-3 / NB 709
Elongación en la rotura de los alambres de la malla ⁽³⁾	%	13 - Clase A				NBR 8964 / EN 10223-3 / NB 709
Tipo de malla		8x10				NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del alambre de la malla	mm	2,7			3,0	NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del cable de acero ⁽⁴⁾	mm	6,0				EN 10264-2
Carga mínima de rotura del cable de acero	kN	22,8				ISO 2408

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® HS*, por MACCAFERRI, 2019.

<https://es.scribd.com/document/499246915/116-3-TDS-BR-MacMat-HS-G4R-SP>

Tabla 8

Propiedades de durabilidad de los alambres de la malla

Propiedades de durabilidad de los alambres de la malla		Normas de referencia
Revestimiento metálico	Zn90Al10-MM	NBR 8964 / EN 10223-3
Cantidad de revestimiento metálico ⁽³⁾	245 a 255 g/m ²	NBR 8964 / EN 10223-3
Adherencia del revestimiento metálico ⁽³⁾	De acuerdo con la definición de las normas vigentes	NBR 8964 / EN 10223-3
Resistencia a la corrosión y envejecimiento (ensayo Kesternich)	Menos de 5% de oxidación del acero después de 56 ciclos	EN ISO 6988 (0,2 dm ³ SO ₂ para 2 dm ³ agua)
Resistencia a la niebla salina	Menos de 5% de oxidación del acero después de 2000 horas de ensayos	EN ISO 9227

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® HS*, por MACCAFERRI, 2019.

<https://es.scribd.com/document/499246915/116-3-TDS-BR-MacMat-HS-G4R-SP>

Tabla 9*Propiedades físicas y mecánicas de la geomanta*

Propiedades físicas y mecánicas de la geomanta			Normas de referencia
Espesor nominal (geomanta + refuerzo)	mm	≥18	ASTM D5199
Gramaje	g/m ²	≥450	ABNT NBR ISO 9864 / ASTM D5261
Índice de vacíos	%	>90	
Peso específico del polímero	kg/m ³	900	ASTM D792
Punto de fusión del polímero	°C	150	ASTM D1505
Resistencia UV del polímero		Estabilizado	ASTM D4355
Polímero de la geomanta	Polipropileno		
Color ⁽⁵⁾	Verde		

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® HS*, por MACCAFERRI, 2019.

(<https://es.scribd.com/document/499246915/116-3-TDS-BR-MacMat-HS-G4R-SP>)

Propiedades de MacMat® R1**Tabla 10***Propiedades físicas y mecánicas del refuerzo metálico*

Propiedades físicas y mecánicas del refuerzo metálico			Normas de referencia
Resistencia a la tracción de la malla ⁽¹⁾	kN/m	37	EN 10223-3
Resistencia de la conexión en el borde ⁽²⁾	kN/m	25	EN 10223-3
Tensión de rotura de los alambres ⁽³⁾	MPa	350 a 500 - Clase A	NBR 8964 / ASTM A641 / NB 709
Elongación en la rotura de los alambres ⁽³⁾	%	8 - Clase A	NBR 8964 / ASTM A641 / NB 709
Tipo de malla		6x8	NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del alambre de la malla	mm	2,2	NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del alambre de borde	mm	2,7	NBR 10514 / EN 10223-3

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® R1*, por MACCAFERRI, 2017.

(<https://es.scribd.com/document/566417873/Tds-Br-Macmat-r1-Verde-6x8-2-2mm-g4r-Rev03-Mar17-Sp-1>)

Tabla 11*Propiedades físicas y mecánicas de la geomanta*

Propiedades físicas y mecánicas de la geomanta			Normas de referencia
Espesor nominal (geomanta + refuerzo)	mm	≥18	ASTM D5199
Gramaje	g/m ²	≥450	ABNT NBR ISO 9864 / ASTM D5261
Índice de vacíos	%	>90	
Espesor del filamento	mm	≥0,65	
Peso específico del polímero	kg/m ³	900	ASTM D792
Punto de fusión del polímero	°C	150	ASTM D1505
Resistencia UV del polímero		Estabilizado	ASTM D4355
Polímero	Polipropileno		
Color ⁽⁴⁾	Verde		

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® R1*, por MACCAFERRI, 2017.

(<https://es.scribd.com/document/566417873/Tds-Br-Macmat-r1-Verde-6x8-2-2mm-g4r-Rev03-Mar17-Sp-1>)

Tabla 12*Propiedades de durabilidad*

Propiedades de durabilidad		Normas de referencia
Revestimiento metálico	Zn90Al10-MM	NBR 8964 / EN 10223-3
Cantidad de revestimiento metálico ⁽³⁾	230 g/m ²	NBR 8964 / EN 10223-3
Adherencia del revestimiento metálico ⁽³⁾	De acuerdo con la definición de las normas vigentes	NBR 8964 / ASTM A641 (Ítem10)
Resistencia a la corrosión y envejecimiento (ensayo Kesternich)	Menos de 5% de oxidación del acero después de 56 ciclos	EN ISO 6988 (0,2 dm ³ SO ₂ para 2 dm ³ de agua)
Resistencia a la niebla salina	Menos de 5% de oxidación del acero después de 2000 horas de ensayos	EN ISO 9227

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® R1*, por MACCAFERRI, 2017.

(<https://es.scribd.com/document/566417873/Tds-Br-Macmat-r1-Verde-6x8-2-2mm-g4r-Rev03-Mar17-Sp-1>)

Propiedades de MacMat® R3

Tabla 13

Propiedades físicas de la geomanta reforzada

Propiedades físicas de la geomanta reforzada			
Espesor nominal	mm	ASTM D5199	15
Gramaje	g/m ²	ASTM D5261	≥400
Índice de vacíos	%		>90
Color ⁽¹⁾			Verde
Polímero predominante			Polietileno
Temperatura de fragilidad del polímero predominante	°C	ASTM D746	-35
Resistencia UV do polímero predominante		ASTM D4355	Estabilizado

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® R3*, por MACCAFERRI, 2017.

(https://media.prodalam.cl/material-descarga/92200/92200_20200907202204.pdf?d=20200907202204)

Tabla 14

Propiedades mecánicas de la geomanta reforzada

Propiedades mecánicas de la geomanta reforzada			
Resistencia a la tracción longitudinal	kN/m	ASTM D4595	≥4
Elongación a la rotura longitudinal	%	ASTM D4595	≤30
Resistencia a la tracción transversal	kN/m	ASTM D4595	≥3
Elongación a la rotura transversal	%	ASTM D4595	≤30
Resistencia al rasgado longitudinal	Kgf	DIN 53.363	5±2
Resistencia al rasgado transversal	Kgf	DIN 53.363	5±2

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® R3*, por MACCAFERRI, 2017.

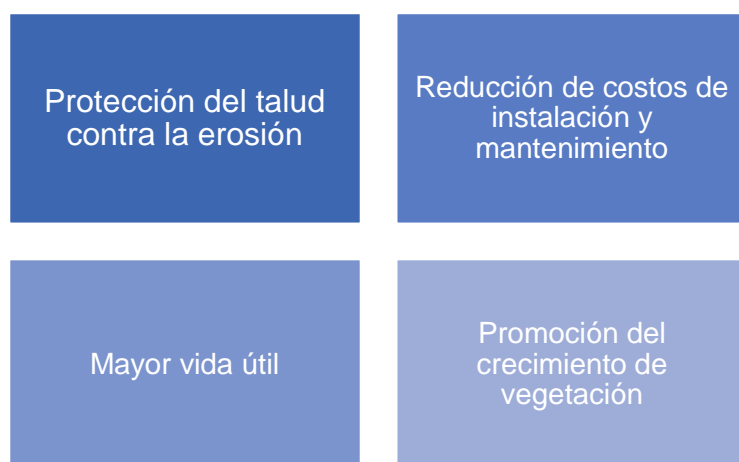
(https://media.prodalam.cl/material-descarga/92200/92200_20200907202204.pdf?d=20200907202204)

Análisis de los beneficios de las características y de las propiedades de los tipos de Geomantas *MACCAFERRI* para el control de la erosión para la estabilidad de taludes.

El uso de geomantas de *MACCAFERRI* como fue mencionado en la tabla 1 posee una gran cantidad de ventajas las cuales hacen que su uso para el control de la erosión de taludes sea óptimo, las dieciocho ventajas pueden clasificarse en cuatro grupos de beneficios importantes, las cuales son enlistados en la Figura 29.

Figura 29

Beneficios del uso de geomantas



Nota. Elaboración propia.

Conclusiones

La investigación realizada puede concluir identificando los tipos de geomantas que *MACCAFERRI* ofrece como productos para la estabilidad de taludes, en este análisis se encontró que la marca ofrece tres tipos de geosintéticos los cuales son: MacMat®, MacMat® HS y MacMat® R, cada uno con características propias que satisfacen necesidades particulares de proyectos ejecutivos. Cabe resaltar que su uso es específicamente para control de la erosión en taludes porque para la estabilidad mecánica existen otros métodos.

Para el análisis de resultados, se enlistó las ventajas de uso de las geomantas de *MACCAFERRI* como tecnologías para el control de la erosión en pendientes pronunciadas y/o perfiles naturales accidentados, respecto a los métodos convencionales de protección contra la erosión de taludes. Con base en la investigación cualitativa de tipo documental, se encontraron y se enlistaron un total de dieciocho ventajas, clasificándose las más importantes. A su vez, los resultados obtenidos sí eran los esperados, inclusive más de lo previsto, ya que las ventajas no solo resaltan en propiedades contra la erosión del agua y del viento, sino que también se encontraron ventajas que no se esperaban respecto a otros aspectos como: la reducción de costos en general por su uso, su facilidad de instalación y amigable con el medio ambiente.

Se debe enfatizar que, se analizaron los beneficios que generan el uso de las geomantas *MACCAFERRI*, dichos beneficios fueron obtenidos de clasificar todas las ventajas obtenidas en cuatro rubros importantes, agrupándolas en los siguientes: la protección contra la erosión, la reducción de costos de instalación y mantenimiento, mayor vida útil del elemento y la promoción del crecimiento de vegetación en el talud.

En conclusión, los resultados obtenidos de la presente investigación documental describen el importante papel del uso de elementos constructivos a base de tecnología contra la erosión de

taludes a las geomantas de *MACCAFERRI*. Las opciones que la marca ofrece: MacMat®, MacMat® HS y MacMat® R presentan la adaptabilidad para dar soluciones a las diversas condiciones, necesidades y solicitudes que el suelo con pendiente requiera. Así mismo, las ventajas encontradas de estas tecnologías sobresalen en los beneficios, como el garantizar la estabilidad del talud a largo plazo, los beneficios económicos y los beneficios ambientales, dando como resultado que estas se coloquen como una alternativa completa para proyectos de ingeniería geotécnica de estabilidad de taludes.

Referencias

- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica. (s.f.). *Fisiografía*.
<https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/CIGECH/GeoMA/Untitled-1.htm>
- Cruz, M. (2019). *Estado del arte para el empleo de mantos de Hormigón para controlar la estabilidad de taludes*. [Tesis de licenciatura, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional de la Universidad Pontificia Bolivariana.
<https://repository.upb.edu.co/discover>
- García, M. P. y Martínez, C. P. (2012). Los métodos de investigación. En M. García (Ed.), *Guía práctica para la realización de trabajos fin de grado y trabajos fin de máster*. (pp. 99-125). Universidad de Murcia. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-135806/12%20metodologc3ada-1-garcia-y-martinez.pdf>
- García, M. P. y Martínez, C. P. (2012). Técnicas de recogida y análisis de la información. En L. R. Morillas (Ed.), *Guía práctica para la realización de trabajos fin de grado y trabajos fin de máster*. (pp. 129-167). Universidad de Murcia.
<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-135806/14%20metodologc3ada-2-garcia-y-morillas.pdf>
- Garibay, R., Córdova, A., Ibáñez, R., García, G., González, A., Salan, A. y Jiménez, J. (2016). Análisis de estabilidad de ladera en el Cerro del Mesón de Poza Rica. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 3(6), 67-68.
<http://www.reibci.org/publicados/2016/nov/1900103.pdf>
- Guzmán, L. (1982). *Las fuentes secundarias*. Escuela de Trabajo Social, Universidad de Costa Rica. <https://www.ts.ucr.ac.cr/binarios/docente/pd-000169.pdf>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.

https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Lafuente, C. y Marín, A. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (64), 5-18. <https://www.redalyc.org/pdf/206/20612981002.pdf>

MACCAFERRY. (s.f.). *MacMat HS*. MACCAFERRY. <https://www.maccafferri.com/latam/productos/macmat-hs/>

MACCAFERRY. (s.f.). *MacMat R*. MACCAFERRY. <https://www.maccafferri.com/latam/productos/macmat-r/>

MACCAFERRY. (s.f.). *MacMat*. MACCAFERRY. <https://www.maccafferri.com/latam/productos/macmat/>

MACCAFERRY. (s.f.). *Protección de taludes*. MACCAFERRY. <https://www.maccafferri.com/latam/soluciones/proteccion-de-taludes/>

Margalerf, L. y Arenas, A. (2006). ¿Qué entendemos por innovación educativa? A propósito del desarrollo curricular. *Perspectiva Educativa, Formación de profesores*, (47), 13-31. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333328828002>

Pinto, A. (s.f.). *Talud; Clasificación, diseño y recomendaciones*. IngenieríaReal.com. <https://ingenieriareal.com/talud-clasificacion-diseno/>

Reyes-Ruiz, L. y Carmona, F. (2020). *La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio*. Universidad Simón Bolívar. <https://acortar.link/IZrads>

Roldán, P. (25 de enero de 2024). *Tecnología*. Economipedia.
<https://economipedia.com/definiciones/tecnologia.html>

Ruiz de la Torre, J. (2020). *La erosión*. Hispagua.
https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_articulo/op/51/op51_6.htm#:~:text=Los%20materiales%20arrancados%20y%20arrastrados,llamar%20abreviadamente%20cielo%20de%20erosi%C3%B3n.

Sautu, R., Boniolo, P., Dalle, P. y Elbert, R. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. CLACSO.
https://eva.fic.udelar.edu.uy/pluginfile.php/29590/mod_resource/content/1/Manual-de-Metodologia-R-Sautu.pdf

Suárez, J. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales*. Universidad Industrial de Santander.
<https://www.erosion.com.co/download/control-de-erosion-en-zonas-tropicales/>

Anexos

Anexo A

Rango de valores de propiedades representativas de los geotextiles

Geotextiles		Resistencia a la tensión (kN/m)	Máxima elongación %	Tamaño aparente de poros (mm)	Permeabilidad (l/m ² /seg.)	Peso unitario (gr/m ³)
Tejidos	Monofilamento	20-80	5-35	25-2000	25-2000	150-300
	De hilo	40-800	5-30	20-80	20-80	250-1300
	De cinta	8-90	15-20	5-15	5-15	100-250
No tejidos	Punzonado	7-90	50-80	0.02-0.15	25-200	150-2000
	Pegado al calor	3-25	20-60	0.01-0.35	25-150	70-350
	Pegado con resina	4-30	30-50	0.01-0.35	20-100	130-800

Nota. Adaptado de *Geotechnical engineering office* (1993) citado por Jaime Suárez, 2001, (p. 198) Universidad Industrial de Santander.

Anexo B

Requerimientos de resistencia de los geotextiles

Propiedad	Ensayo	Unidades	Clase de geotextil (1)					
			Clase *1		Clase *2		Clase *3	
			E <50%(2)	E *50%	E <50%	E *50%	E <50%	E *50%
Resistencia Grab	ASTM D 4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia de costura cosida	ASTM D 4632	N	1200	810	990	630	720	450
Resistencia al rasgado	ASTM D 4533	N	500	350	400 (4)	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	ASTM D 4833	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al estallido	ASTM D 3786	kPa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Permitividad	ASTM D 4491	seg ⁻¹						
Tamaño aparente de orificios	ASTM D 4751	mm						
Estabilidad ultravioleta	ASTM D 4355	%						
(1) Clase 1 para condiciones muy severas de instalación y cuando existe gran potencial de daño del geotextil y clase 2 y 3 para situaciones menos severas.								
(2) Medido de acuerdo a la norma ASTM D 4632.								
(3) Cuando se requieren costuras.								
(4) Cuando se requiere resistencia al rasgado MARV de geotextiles de monofilamento tejidos, usar 250 N.								

Nota. Adaptado de *Norma AASHTO M 288-97* citado por Jaime Suárez (p. 200), 2001, Universidad Industrial de Santander.

Anexo C

Requerimientos de geotextiles para subdrenaje

Propiedad	Ensayo	Unidades	Requerimientos		
			Porcentaje de pasantes 0.075 mm (1)		
			< 15	15 a 50	> 50
Clase de geotextil			Clase 2 (2)		
Permitividad (3) (4)	ASTM D 4491	seg ⁻¹	0.5	0.2	0.1
Tamaño aparente de orificios	ASTM D 4751	mm	0.43 máx. promedio	0.25 máx. promedio	0.22 máx. promedio (5)
Estabilidad ultravioleta (porcentaje de resistencia retenida)	ASTM D 4355	%	50% después de 500 horas de exposición.		
(1) Basado en ensayo de Granulometría del suelo "in situ" de acuerdo a la norma AASHTO T 88.					
(2) El ingeniero puede determinar clase 3, de acuerdo a su experiencia.					
(3) El ingeniero puede requerir otros criterios, de acuerdo al diseño y la problemática del suelo.					
(4) En sitios problemáticos altamente erosionables como limos no cohesivos o arcillas dispersivas, se deben realizar diseños específicos.					
(5) Para suelos cohesivos con índice plástico mayor de 7 el máximo valor de abertura aparente es 0.30 mm.					

Nota. Adaptado de Norma AASHTO M 288-97 citado por Jaime Suárez (p. 200), 2001, Universidad Industrial de Santander.

Anexo D

Requerimientos de geotextiles para control de erosión

Propiedad	Ensayo	Unidades	Requerimientos		
			Porcentaje de pasantes 0.075 mm (1)		
			< 15	15 a 50	> 50
Clase de geotextil (2) (3) Geotextiles tejidos de monofilamento			Clase 2		
Otros geotextiles			Clase 1		
Permitividad (4) (5)	ASTM D 4491	seg ⁻¹	0.7	0.2	0.1
Tamaño aparente de orificios (6)	ASTM D 4751	mm	0.43 máx. promedio	0.25 máx. promedio	0.22 máx. promedio
Estabilidad ultravioleta (porcentaje de resistencia retenida)	ASTM D 4355	%	50% después de 500 horas de exposición		
(1) Basados en ensayos de Granulometría, de acuerdo a la norma AASHTO T 88.					
(2) Suponiendo que el enrocado que se coloque sobre el no excede de 100 kg con altura de caída máxima de un metro.					
(3) El ingeniero puede especificar geotextil clase 2 basado en su experiencia.					
(4) El ingeniero puede exigir otra permeabilidad de acuerdo a la complejidad del problema.					
(5) Se debe realizar un diseño especial en suelos altamente erosionables como limos no cohesivos o arcillas dispersivas.					
(6) Para suelos cohesivos con índice plástico mayor de 7 el máximo valor de abertura aparente es 0.30 mm.					

Nota. Adaptado de Norma AASHTO M 288-97 citado por Jaime Suárez (p. 201), 2001, Universidad Industrial de Santander.

Anexo E

Requerimientos de geotextiles para barreras de sedimentos temporales

Propiedad	Ensayo	Unidades	Requerimientos		
			Barrera soportada (1)	Barrera no soportada (2)	
				Elongación = 50%	Elongación < 50%
Máximo espaciamento entre postes			1.2 m	1.2 m	2 m
Resistencia "Grab" En la dirección de la máquina	ASTM D 4632	N	400	550	550
En la dirección normal a la máquina			400	450	450
Permitividad (3)	ASTM D 4491	seg ⁻¹	0.05	0.05	0.05
Tamaño aparente de abertura	ASTM D 4751	mm	0.60 máx. promedio	0.60 máx. promedio	0.60 máx. promedio
Estabilidad ultravioleta (porcentaje de resistencia retenida)	ASTM D 4355	%	70% después de 500 horas de exposición		
(1) Medido de acuerdo a ASTM D 4832.					
(2) El soporte de la barrera debe consistir de alambre calibre 14 con un espaciamento de 150 por 150 mm ó una malla polimérica de resistencia equivalente.					
(3) Estos valores de filtración pueden modificarse de acuerdo a los requerimientos del diseño.					

Nota. Adaptado de *Norma AASHTO M 288-97* citado por Jaime Suárez (p. 201), 2001, Universidad Industrial de Santander.

Anexo F

Ensayos aplicados a las geomallas

Ensayo	Norma
Rigidez flexural	ASTM D 1388
Gravedad específica	ASTM D 1505
Índice de fluencia	ASTM D 1238
Resistencia a la tensión	ASTM D 4595
Espesor del recubrimiento	ASTM D 374 C
Viscosidad intrínseca	ASTM D 4603
Grupo carboxil	ASTM D 2455
Durabilidad	EPA 9090
Resistencia a largo plazo	FHWA/SA-93-025
Módulo de tensión	GRI:GG1
Resistencia de unión	GRI:GG2
Arrancamiento	GRI:GG5

Nota. Adaptado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 202), por Jaime Suárez, 2001, Universidad Industrial de Santander.

Anexo G

Especificación técnica de MacMat 10.1

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA GEOMANTA MACMAT 10.1

1.0 DESCRIPCIÓN.

MacMat® 10.1 es una geomanta flexible tridimensional que presenta más de 90% de vacíos, fabricada a partir de filamentos gruesos de polipropileno fundidos en los puntos de contacto.

La geomanta es usada en obras de recuperación y de protección ambiental; es apta para la protección de suelos en ambientes severos y proporciona un medio fijo para garantizar el desarrollo de la vegetación.

La geomanta también es usada como superficie de fricción y de confinamiento, también como elemento envolvente de suelos y mezclas adherentes.

2.0 MATERIALES.

La geomanta de polipropileno tiene las siguientes propiedades:

Propiedades Físicas		
Espesor nominal (mm)	ASTM D6525	10
Gramaje (g/m ²)	ASTM D6566	520
Índice de vacíos (%)		>90
Espesor del filamento (mm)		0.65
Color		Negro
Polímero		Polipropileno
Peso específico del polímero (g/m ³)	ASTM D 792	905
Punto de fusión del polímero (°C)	ASTM D 1505	150
Resistencia UV del polímero (*)	ASTM D 4355	Estabilizado
Propiedades Mecánicas		
Resistencia a la tracción longitudinal (kN/m)	ASTM D 6818	2.50
Elongación a la rotura (%)	ASTM D 6818	50.0
Resistencia a la tracción transversal (kN/m)	ASTM D 6818	1.00
Elongación a la rotura (%)	ASTM D 6818	48
Flexibilidad (mg-cm)	ASTM D 6575	180000
Presentación del Rollo		
Área (m ²)		100.00
Ancho (m)		2.00
Largo (m)		50.00
Diámetro (m)		0.70

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® 10.1*, por MACCAFERRI, 2013.

(<https://es.scribd.com/document/157728611/Especificacion-MacMat-10-1>)

Anexo H

Especificación técnica de MacMat® HS

MACCAFERRI

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

E-8.2.2-746 - rev. 02 ; Fecha 01.10.2019.

MAC.RO. SYSTEM - MACMAT® HS - GALMAC® 4R EN MALLA HEXAGONAL DE DOBLE TORSIÓN CON REVESTIMIENTO GALMAC® 4R

El MacMat® HS⁽¹⁾ - GalMac® 4R consiste en la asociación de cables de acero, dispuestos longitudinalmente a una malla hexagonal de doble torsión, producida con alambres de acero de bajo contenido de carbono, revestidos con la aleación GalMac® 4R y, a una geomanta soldada en todos los puntos de contacto, con la finalidad de revestir taludes, evitando el desprendimiento y caída de rocas, minimizar erosiones y favorecer el crecimiento de vegetación.

El entrelazamiento longitudinal de los cables de acero a la malla de alta resistencia de doble torsión, es realizado durante el proceso de fabricación, formando así un único producto. Los cables se encuentran entrelazados en la malla acabada, proporcionando resistencia y rigidez excepcionales (alta resistencia con baja deformación).

Las variantes del MacMat® HS GalMac® 4R, además de proporcionar diferentes resistencias, proporcionan una alta rigidez (bajo desplazamiento) siendo una solución adecuada para una amplia gama de aplicaciones, como cortinas protectoras y estabilización de suelos.

El sistema MacMat® HS GalMac® 4R, debe ser utilizado en conjunto con accesorios especiales para formar un sistema completo, listo para ser instalado.



Propiedades físicas y mecánicas de los refuerzos metálicos (malla y cabo de acero)				Normas de referencia		
MacMat® HS		30 8127RN C8	50 8127RN C8	100 8127RN C8	MO 8130RN C8	
Resistencia longitudinal a la tracción de la solución ⁽²⁾	kN/m	180±10	90±7	83±5	55±5	EN 10223-3
Tensión de rotura del cable de acero	MPa	1770				DIN 3060 / ISO 2408
Tensión de rotura de los alambres de la malla ⁽³⁾	MPa	380 a 500 - Clase A				NBR 8964 / EN 10223-3 / NB 709
Elongación en la rotura de los alambres de la malla ⁽³⁾	%	13 - Clase A				NBR 8964 / EN 10223-3 / NB 709
Tipo de malla		8x10				NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del alambre de la malla	mm	2,7		3,0		NBR 10514 / EN 10223-3
Diámetro del cable de acero ⁽⁴⁾	mm	6,0				EN 10264-2
Carga mínima de rotura del cable de acero	kN	22.8				ISO 2408

Propiedades de durabilidad de los alambres de la malla				Normas de referencia	
Revestimiento metálico		Zn90Al10-MM		NBR 8964 / EN 10223-3	
Cantidad de revestimiento metálico ⁽⁵⁾		245 a 255 g/m ²		NBR 8964 / EN 10223-3	
Adherencia del revestimiento metálico ⁽⁵⁾		De acuerdo con la definición de las normas vigentes		NBR 8964 / EN 10223-3	
Resistencia a la corrosión y envejecimiento (ensayo Kesternich)		Menos de 5% de oxidación del acero después de 56 ciclos		EN ISO 6988 (0,2 dm ³ SO ₂ para 2 dm ³ agua)	
Resistencia a la niebla salina		Menos de 5% de oxidación del acero después de 2000 horas de ensayos		EN ISO 9227	

Propiedades físicas y mecánicas de la geomanta				Normas de referencia	
Espesor nominal (geomanta + refuerzo)	mm	≥18		ASTM D5199	
Gramaje	g/m ²	≥450		ABNT NBR ISO 9864 / ASTM D5261	
Índice de vacíos	%	>90			
Peso específico del polímero	kg/m ³	900		ASTM D792	
Punto de fusión del polímero	°C	150		ASTM D1505	
Resistencia UV del polímero		Estabilizado		ASTM D4355	
Polímero de la geomanta		Polipropileno			
Color ⁽⁶⁾		Verde			

Performance de una muestra de 3m x 3m (UNI 11437)				Propiedades geométricas de los rollos de MacMat® HS - GalMac® 4R ⁽⁶⁾					
MacMat® HS	Desplazamiento con una fuerza de 50kN	Resistencia al punzonamiento final	Desplazamiento final	MacMat® HS	30 8127RN C8	50 8127RN C8	100 8127RN C8	MO 8130RN C8	
30 8127RN C8	< 340 mm	155±12 kN	430 mm	Espaciamento entre cables (Longitudinal)	m	0,30	0,50	1,00	2,00
50 8127RN C8	< 370 mm	110±10 kN	450 mm	Ancho del rollo	m	2			
100 8127RN C8	< 420 mm	90±8 kN	450 mm	Largo del rollo	m	25			
MO 8130RN C8	< 415 mm	70±5 kN	515 mm						

⁽¹⁾ MacMat® HS es igual a el antiguo MacSteel®;

⁽²⁾ Sentido paralelo a las torsiones;

⁽³⁾ Ensayos realizados a cada 3 toneladas de material producido;

⁽⁴⁾ Revestimiento del cable de acero: galvanizado Clase B, de acuerdo con la norma EN 10264-2 y revestimiento polimérico de acuerdo con la norma EN 10245-2;

⁽⁵⁾ Colores negro y marrón disponibles mediante consulta y solicitud previa;

⁽⁶⁾ Otras medidas disponibles mediante consulta y solicitud previa.

Nota 1: Junto con el MacMat® HS pueden ser suministrados cables de acero para disposición transversal en los paneles, a cada 150 cm, 200 cm o 300 cm, como necesario.

Nota 2: Los cables de acero, para los accesorios de anclaje superior e inferior, son vendidos separadamente.
Nota 3: Para la unión de los paneles del MacMat® HS son necesarios conectores de alta resistencia HR-LINK, vendidos separadamente.

ETA n. 16/0758



MACCAFERRI
AMERICA LATINA

Maccafferrri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

www.maccafferrri.com.br


Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001
Certificado de Conformidad con la Norma ISO 9001

Nota. Adaptado de Especificación técnica de MacMat® HS, por MACCAFERRI, 2019.

(<https://es.scribd.com/document/499246915/116-3-TDS-BR-MacMat-HS-G4R-SP>)

Anexo I

Especificación técnica de MacMat® R1

MACCAFERRI			ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	
			Rev. 03 ; Fecha 03.2017	
MACMAT® R1 - GALMAC® 4R				
EN MALLA HEXAGONAL DE DOBLE TORSIÓN CON REVESTIMIENTO GALMAC® 4R				
			<p>El MacMat® R1 - GalMac® 4R de Maccaferri, es un geocompuesto formado por la asociación de una geomanta flexible, tridimensional, que presenta más de 80% de vacíos, fabricada a partir de filamentos gruesos de polipropileno fundidos en todos los puntos de contacto y, un refuerzo metálico confeccionado con malla hexagonal de doble torsión, producida con alambres de acero de bajo contenido de carbono, con aleación GalMac® 4R.</p> <p>La asociación de la geomanta y el refuerzo metálico, constituyendo un geocompuesto, permite que estos elementos trabajen juntos, confiriendo a la solución características de elevada capacidad anti-erosiva, con óptima resistencia a la tracción. Por esta razón, es indicada, para situaciones en las que existan taludes susceptibles a la erosión, con grandes alturas y pendientes muy empinadas, ya que, añade las ventajas de la geomanta a aquellas de un elemento de refuerzo.</p>	
Propiedades físicas y mecánicas del refuerzo metálico			Normas de referencia	
Resistencia a la tracción de la malla ⁽¹⁾	kN/m	37	EN 10223-3	
Resistencia de la conexión en el borde ⁽²⁾	kN/m	25	EN 10223-3	
Tensión de rotura de los alambres ⁽³⁾	MPa	350 a 500 - Clase A	NBR 8964 / ASTM A641 / NB 709	
Elongación en la rotura de los alambres ⁽³⁾	%	8 - Clase A	NBR 8964 / ASTM A641 / NB 709	
Tipo de malla		6x8	NBR 10514 / EN 10223-3	
Diámetro del alambre de la malla	mm	2,2	NBR 10514 / EN 10223-3	
Diámetro del alambre de borde	mm	2,7	NBR 10514 / EN 10223-3	
Propiedades físicas y mecánicas de la geomanta			Normas de referencia	
Espesor nominal (geomanta + refuerzo)	mm	≥18	ASTM D5199	
Gramaje	g/m ²	≥450	ABNT NBR ISO 9864 / ASTM D5261	
Índice de vacíos	%	>90		
Espesor del filamento	mm	≥0,65		
Peso específico del polímero	kg/m ³	900	ASTM D792	
Punto de fusión del polímero	°C	150	ASTM D1505	
Resistencia UV del polímero		Estabilizado	ASTM D4355	
Polímero	Polipropileno			
Color ⁽⁴⁾	Verde			
Propiedades de durabilidad			Normas de referencia	
Revestimiento metálico	Zn90Al10-MM		NBR 8964 / EN 10223-3	
Cantidad de revestimiento metálico ⁽³⁾	230 g/m ²		NBR 8964 / EN 10223-3	
Adherencia del revestimiento metálico ⁽³⁾	De acuerdo con la definición de las normas vigentes		NBR 8964 / ASTM A641 (Ítem10)	
Resistencia a la corrosión y envejecimiento (ensayo Kesternich)	Menos de 5% de oxidación del acero después de 56 ciclos		EN ISO 6988 (0,2 dm ³ SO ₂ para 2 dm ³ de agua)	
Resistencia a la niebla salina	Menos de 5% de oxidación del acero después de 2000 horas de ensayos		EN ISO 9227	
Propiedades geométricas de los rollos de MacMat® R1 - GalMac® 4R ⁽⁵⁾				
Ancho	m	2		
Largo	m	25		

⁽¹⁾ Sentido paralelo a las torsiones;
⁽²⁾ Valores obtenidos en nuestros laboratorios, en pruebas similares a las utilizadas para obtener la resistencia de la malla (Ítem 9.3 de la norma EN 10223-3);
⁽³⁾ Ensayos realizados a cada 3 toneladas de material producido;
⁽⁴⁾ Colores negro y marrón disponibles mediante consulta y solicitud previa;
⁽⁵⁾ Otras medidas disponibles mediante consulta y solicitud previa.
 Nota 1: Para la unión de los paneles MacMat® R1 son necesarios dispositivos continuos de conexión, estos son producidos con el mismo tipo de acero y protección utilizados para la fabricación de la malla MacMat® R1, que son vendidos separadamente.

MACCAFERRI
AMERICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.
www.maccaferri.com.br

Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001
Certificado de Conformidad con la Norma ISO 9001

Nota. Adaptado de Especificación técnica de MacMat® R1, por MACCAFERRI, 2017.

<https://es.scribd.com/document/566417873/Tds-Br-Macmat-r1-Verde-6x8-2-2mm-g4r-Rev03-Mar17-Sp-1>

Anexo J

Especificación técnica de MacMat® R3

MACCAFERRI
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
 Rev. 06 ; Fecha 03.2017

MacMat® R3 004
 GEOMANTA ANTIEROSIVA REFORZADA

Características técnicas

MacMat® R3 004 es una geomanta antierosiva reforzada, fabricada a partir de filamentos poliméricos fundidos en todos los puntos de contacto. Presenta elevada flexibilidad, es tridimensional, presentando más de 90% de vacíos. Fue especialmente desarrollada para el control de la erosión superficial en taludes y cursos de agua.



MacMat® R3 004

Propiedades físicas de la geomanta reforzada

Espesor nominal	mm	ASTM D5199	15
Gramaje	g/m ²	ASTM D5261	≥400
Índice de vacíos	%		>90
Color ⁽¹⁾			Verde
Polímero predominante			Poliétileno
Temperatura de fragilidad del polímero predominante	°C	ASTM D746	-35
Resistencia UV do polímero predominante		ASTM D4355	Estabilizado

Propiedades mecánicas de la geomanta reforzada

Resistencia a la tracción longitudinal	kN/m	ASTM D4595	≥4
Elongación a la rotura longitudinal	%	ASTM D4595	≤30
Resistencia a la tracción transversal	kN/m	ASTM D4595	≥3
Elongación a la rotura transversal	%	ASTM D4595	≤30
Resistencia al rasgado longitudinal	Kgf	DIN 53.363	5±2
Resistencia al rasgado transversal	Kgf	DIN 53.363	5±2

Presentación: en rollos

Ancho	m	2
Largo	m	50
Área	m ²	100
Diámetro promedio	m	0,68
Peso	kg	40

⁽¹⁾ Colores negro y marrón disponibles mediante consulta y solicitud previa.

Los valores listados anteriormente corresponden a una media de resultados encontrados en ensayos realizados en laboratorios. La falta de cuidado en la manipulación, almacenamiento y transporte, pueden cambiar algunos de estos resultados.

MACCAFERRI
 AMERICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.
www.maccaferri.com/br

 Sistema de Gestión de Calidad ISO
 Certificado de Conformidad con la
 Norma ISO 9001 **2001**

Nota. Adaptado de *Especificación técnica de MacMat® R3*, por MACCAFERRI, 2017.

(https://media.prodalam.cl/material-descarga/92200/92200_20200907202204.pdf?d=20200907202204)