



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de ingeniería civil

**DISEÑO DE LA INVESTIGACION EVALUACION DEL EFECTO DEL AGUA SUBTERRANEA
EN MUROS DE SUELO ENCLAVADOS PARA EDIFICACIONES CON SOTANOS**

Christian Eladio Flores Gatica

Asesorado por Ing. Ronald Enrique Urizar Monzón

Guatemala, enero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACION EVALUACION DEL EFECTO DEL AGUA SUBTERRANEA
EN MUROS DE SUELO ENCLAVADOS PARA EDIFICACIONES CON SOTANOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CHRISTIAN ELADIO FLORES GATICA

ASESORADO POR: ING. RONALD ENRIQUE URIZAR MONZÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NOMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdez
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Portillo España
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado

DISEÑO DE LA INVESTIGACION EVALUACION DEL EFECTO DEL AGUA SUBTERRANEA EN MUROS DE SUELO ENCLAVADOS PARA EDIFICACIONES CON SOTANOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado con fecha 6 de octubre de 2023

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval border. The signature is stylized and appears to read 'Christian Eladio Flores Gatica'.

Christian Eladio Flores Gatica



EEPFI-PP-1413-2023

Guatemala, 7 de octubre de 2023

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingenieria Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

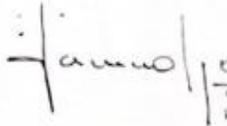
El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **EVALUACION DEL EFECTO DEL AGUA SUBTERRANEA EN MUROS DE SUELO ENCLAVADOS PARA EDIFICACIONES CON SOTANOS**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Riesgos Geológicos - Estudios de amenaza sísmica, estudios de respuesta de sitio, licuefacción de suelos, propiedades dinámicas de los suelos**, presentado por el estudiante **Christian Eladio Flores Gatica** carné número , quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Geotécnica.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Ronald Enrique Urizar
Asesor(a)
Mtro. Ronald Urizar
Msc. Ingeniería Estructural
Col 11,582


Mtro. Armando Fuentes Roca
Coordinador(a) de Maestría



Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

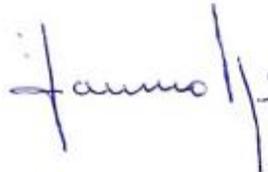





EEP.EIC.1321.2023

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **EVALUACION DEL EFECTO DEL AGUA SUBTERRANEA EN MUROS DE SUELO ENCLAVADOS PARA EDIFICACIONES CON SOTANOS**, presentado por el estudiante universitario **Christian Eladio Flores Gatica**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingenieria Civil

Guatemala, octubre de 2023





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.67.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACION DEL EFECTO DEL AGUA SUBTERRANEA EN MUROS DE SUELO ENCLAVADOS PARA EDIFICACIONES CON SOTANOS**, presentado por: **Christian Eladio Flores Gatica** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 28/01/2024 11:14:59
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, enero de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 67 CUI: 2315164950101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser siempre guía y protección en mi vida
Mis padres	Lucrecia Gatica Y Eladio Flores. Por ser siempre mi apoyo y enseñanza a lo largo de toda mi vida.
Mis hermanos	Luis y Mandy Flores. Por ser siempre mi ayuda y comprensión en mi vida.
Mi Novia	Mishel Hernández. Por estar siempre apoyándome en todo momento.
Ingenieros	Sofia Fernández, Juan Carlos Gramajo y Edgar Culajay. Por ayudarme en mi formación como profesional.
Mi Asesor	Ing. Ronald Urizar, Por apoyarme en la consecución de mis estudios universitarios.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser Centro de conocimiento y aprendizaje en mi vida profesional.

Facultad de Ingeniería

Por darme el conocimiento y herramientas profesionales de la carrera.

**Mis amigos de la
Facultad**

Willy Urizar, Ángel Marroquín, Edwin Márquez, Cristian Ramírez, Nicté González, Carmen Socop y Melany Vásquez. Por acompañarme a lo largo de la carrera con su amistad y apoyo.

Argos Consultores

Por brindarme la oportunidad de adquirir experiencia profesional.

Mis amigos del trabajo

Carlos Bin, Daniel Chávez, Karen Castellanos Julio Miranda, Raúl Mejía, Dina Yucute, Paola Orellana, Osman Flores, Verónica Méndez, Armando López y Ashley Sánchez. Por llegar a formar una amistad sólida en cada etapa de mi vida laboral.

**Instituto Tecnológico
Federico Taylor**

Por brindarme los conocimientos necesarios para iniciar mis estudios profesionales y abrirme las puertas para adquirir experiencia en el área de la docencia.

INDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES	III
FIGURAS	III
TABLAS.....	IV
1 INTRODUCCION.....	1
2 ANTECEDENTES	3
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
4 JUSTIFICACION	13
5 OBJETIVOS	15
5.1 General.....	15
5.2 Específicos.....	15
6 ALCANCE.....	17
7 MARCO TEORICO.....	19
7.1 Mecánica de suelos	19
7.1.1 Suelos.....	19
7.1.2 Tipos de suelos.....	20
7.1.3 Cohesión en los suelos.....	21
7.1.4 Flujo del agua en los suelos	21
7.2 Estabilidad de taludes	22
7.2.1 Talud	22
7.2.2 muro de suelo enclavado.....	23

7.2.3	Clasificación de muros de suelo enclavado.....	24
7.2.3.1	Muros de suelo enclavado provisionales	24
7.2.3.2	Muros de suelo anclados permanentes	25
7.3	Ensayos.....	25
7.3.1	Potencial de corrosión de media celda.....	25
7.3.1	Martillo Schmidt (esclerómetro).....	27
8	HIPOTESIS	31
9	PROPUESTA DE INDICE	33
10	METODOLOGÍA	35
11	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	39
12	CRONOGRAMA	41
13	FACTIBILIDAD.....	43
14	REFERENCIAS	45
15	APENDICE.....	49

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Instrumento de medición avanzado de media celda para el mapeo in situ del potencial de corrosión.....	27
Figura 2.	Martillo Schmidt.....	28
Figura 3.	Curva de calibración para distintos tipos de orientación de martillo Schmidt.....	29
Figura 4.	Árbol de problemas.....	49
Figura 5.	vertebración de Marco Teórico.....	50

TABLAS

Tabla 1.	Tipos de suelos.....	20
Tabla 2.	Potencial de corrosión ASTM C876 (1991)	26
Tabla 3.	Tabla operacional de hipótesis.....	31
Tabla 4.	Tabla de cronología de tiempos.....	41
Tabla 5.	Costo de cada renglón de trabajo.....	43
Tabla 6.	Matriz de consistencia.....	51

1 INTRODUCCION

En la construcción de edificaciones con sótanos es común tener la necesidad de elegir un método de contención para el suelo cortado, existen muchos métodos de contención como lo son los muros de suelo enclavado, los cuales funcionan anclando varillas en el suelo cubriendo el suelo con un muro pantalla para darle estabilidad a los anclajes, este muro pantalla interactúa directamente con el suelo contenido, el cual muchas veces llega a tener presencia de agua subterránea entre sus partículas.

El siguiente trabajo de investigación muestra los efectos que tiene el muro pantalla del muro de suelo enclavado ante el contacto con suelo con presencia de agua subterránea, mostrando mediante los análisis y ensayos los posibles daños que esta interacción pueda causar si no se considera en el diseño y construcción de este.

2 ANTECEDENTES

En la ejecución de proyectos de construcción es importante considerar todos los puntos importantes que influyen desde el inicio de la obra hasta la terminación de esta, uno de estos puntos importantes es el estudio del suelo y el tipo de tratamiento que se le dará, como en las edificaciones con sótanos, en donde es necesario hacer una contención para el suelo que fue cortado, siendo una solución el muro de suelo enclavado, el cual retiene el suelo que muchas veces tiene un porcentaje de agua entre su volumen. Los siguientes trabajos exponen información importante para el estudio de la interacción entre el agua subterránea y el muro de suelo enclavado.

En la ejecución de un obra de contención se consideran muchos factores como lo son la técnica de aplicación, la calidad de mano de obra para la el proyecto como también la seguridad industrial que se tiene que aplicar en la obra como lo expone Arias (2014) “los riesgos individuales se refieren a aquellas situaciones que aumentan la probabilidad de que ocurra un accidente, lesión o inclusive una muerte, siendo estas últimas responsabilidades de una sola persona quien, al mismo tiempo, es la única afectada” (p. 40). La investigación expone los riesgos que se corren al momento de ejecutar la obra de construcción de un muro de suelo enclavado, además expone como utilizar la seguridad industrial y qué requerimientos necesitamos para evitar algún accidente.

La utilización de muros de suelo enclavado en edificaciones verticales ha sido muy útil. La ingeniería civil ha encontrado una solución de crecimiento vertical tanto hacia arriba como edificios de hasta 25 pisos, como hacia abajo con la construcción de distintos niveles de hasta 9 sótanos, generalmente usados como estacionamientos, en este sentido, se ha desarrollado un sistema de estabilidad de taludes verticales, que se genera por la excavación del terreno, con un sostenimiento de este con una técnica conocida como muros anclados (Espíritu, 2020, p. 15). La investigación muestra la forma en que se construyen del muro de suelo anclado para tener un parámetro inicial de construcción.

El método de suelo enclavado es un método eficaz en el tema de estabilización de taludes, siendo un método muy utilizado en muchos países, tuvo su origen como lo menciona Alvino y Velázquez (2021) “El método Soil Nailing tiene origen austríaco, viene de la modificación dentro de la construcción de túneles, siendo implementado en excavaciones subterráneas en suelos rocosos” (p. 9). el trabajo anterior hace un análisis en comparación en la estabilización de taludes entre muros de suelo enclavado o corte convencional. El trabajo tiene mucha relevancia porque se encamina a demostrar que los sistemas de drenaje aumentan el factor de seguridad en el diseño del muro.

La utilización de muros soil nailing radica en la manera en que se desea contener el suelo presente en el proyecto, como lo describe Capa (2021) en la utilización del soil nailing conlleva ir colocando un refuerzo mientras se va profundizando la excavación, siendo utilizado en estructuras permanentes y temporales. el trabajo anterior investiga el comportamiento de las excavaciones donde fueron utilizados el método de suelo enclavado para la estabilidad del suelo, siendo importante en el detallado del estudio para comprender el uso de este.

La utilización del método de muro de suelo enclavado va ligado a la manera en que se desea transmitir las cargas del suelo, como lo describe Rosas (2017) “implica una transferencia de esfuerzos a todo lo largo del elemento de refuerzo, el cual generalmente adopta una forma de malla. Este es el principio de funcionamiento de un sistema de Soil Nailing” (p. 8). El trabajo anterior expone las características ventajas y desventajas en la utilización del muro de suelo enclavado, mostrando todos los puntos a considerar de esta técnica.

En edificaciones para apartamentos es importante considerar la ubicación de los parqueos para las personas que residen, siendo importante la colocación de retención para el mismo siendo una opción el muro de suelo enclavado. El suelo enclavado es una técnica para reforzar el suelo in-situ, el sistema consiste en una cubierta o revestimiento de concreto lanzado, construido regularmente de arriba hacia abajo y un arreglo de inclusiones, perforado o insertado en una masa de suelo (Rodríguez, 2020, p. 20). La investigación se centra en el procedimiento constructivo de edificios de habitación multifamiliares, teniendo un apartado donde indica las técnicas de contención que se pueden utilizar en el mismo, una de las opciones es el suelo enclavado.

Los elementos que conforman la estructura de la pantalla del muro son el acero de refuerzo y el concreto, el acero por ser un elemento interno no se llega a detectar si está siendo afectado por algún agente que provoque la pérdida de sus propiedades, al conocerse que el acero está siendo afectado se debe proceder como lo menciona Muñoz (2011) “Muros anclados de concreto lanzado con una protección contra la corrosión deben ser reparados o reemplazados. Cualquier reparación debe realizarse en estricta conformidad con las

recomendaciones del fabricante” (p. 226). El trabajo anterior expone un manual de diseño, construcción e inspección para los muros de suelo enclavado.

Los muros de suelo enclavado o soil nailing son aplicables tanto en corte de suelos verticales como estabilidad de taludes con ángulo de reposo, Niño (2017) “las técnicas de soil nailing se pueden utilizar para la construcción de muros de contención pasivos o también como reforzamiento del suelo en estabilización de deslizamiento” (p. 26), el trabajo expone un estudio de cómo se comporta la estructura del muro de suelo enclavado con la estabilidad global del mismo, siendo importante el estudio respecto a si influye la interacción con el agua subterránea en el comportamiento de la estructura.

El agua en el suelo es importante considerarla ya que dependiendo de las propiedades de suelo el agua estará presente en el mismo, siendo un factor para considerar como lo menciona Caussin y Cruz (2019) el principal factor de inestabilidad en la mayoría de las pendientes de suelo o de roca es la presencia de agua, el trabajo desarrolla un estudio donde se analiza el método de suelo enclavado en la estabilización de un talud haciendo una comparativa entre otros métodos para la estabilización del mismo.

Al momento de considerar un movimiento de tierras o la estabilidad de talud siempre debemos tomar en cuenta la existencia o paso de agua en la superficie como lo menciona Corzo y Palomino (2022) se debe de considerar colocar controles de agua superficial en la parte superior del talud, para evitar que se filtre en la excavación y provoque inestabilidad. El trabajo analiza la estabilización de talud con el sistema de suelo enclavado optimizando el factor de seguridad, siendo importante la determinación del factor de seguridad ante la

posible pérdida de las propiedades del muro de suelo enclavado en la interacción con el agua subterránea.

Al momento de considerar en un proyecto que se debe de hacer una excavación para profundizar la estructura se debe de considerar todas las fuerzas actuantes para evitar alguna falla como lo menciona Borja (2020) “Las fallas de talud en sótanos serán producidas por sobrecargas de construcciones aledañas, cargas momentáneas de tránsito o cargas de acuíferos como las napas freáticas” (p. 13), el trabajo muestra cómo se comporta la estructura que retiene el suelo en un corte para sótanos, siendo importante ya que evalúa como influye el nivel freático en el mismo.

Al momento de la construcción de las estructuras de concreto se debe verificar que la mezcla sea la correcta conforme al diseño previo así como la colocación del mismo, así lo menciona Moreno (2008) “si la dosificación y mezcla de los componentes no es adecuada, no rellenaran completamente el sistema de poros, quedando un hormigón permeable proporcionando un camino de ingreso de los agentes agresivos hacia el interior” (p. 17), el trabajo expone como la corrosión afecta al acero y cómo influye que el concreto no esté en su condición necesaria provocando el proceso de corrosión.

En ocasiones en las zonas de la pantalla del muro de suelo enclavado se llegan a concentrar zonas de humedad. En los muros existen importantes concentraciones de humedades por capilaridad, cuyo origen se debe tanto a la proximidad del nivel freático como a las filtraciones de aguas residuales procedentes de la red de saneamiento, localizadas en la zona trasera (Barrios, 1999, p. 58). El trabajo expone el análisis de la influencia de los cambios de

humedad en los muros del monumento, expone los parámetros a seguir siendo importante para el análisis que vamos a realizar en el muro de suelo enclavado.

Las zonas afectadas por la humedad se deben primero delimitar y estimar cuanto en porcentaje es respecto al área total de muro, siendo importante como lo menciona Marín (1994) “un estudio detallado que debería contemplar, al menos, la dinámica del nivel freático en el suelo, mapas de humedades de muros, arcos y contrafuertes y determinación de humedad ambiental en las distintas salas del edificio” (p. 158). La investigación se centra en hacer un análisis del nivel de deterioro del edificio exponiendo los agentes que lo afectan, alteraciones que provoca la humedad en el mismo, al final dan recomendaciones, está enfocado en el estudio de sistema de mampuestos, siendo útil como antecedente para el estudio del efecto de aguas subterráneas en muros de suelo enclavado.

Uno de los problemas al tener un suelo saturado y que tenga contacto con el concreto reforzado es la humedad que se pueda filtrar en la estructura provocando corrosión en las varillas de acero, la cual llega a ser un problema como lo indica Moreno (2001) el problema de la corrosión del refuerzo embebido es considerada como uno de los mayores problemas en estructuras de concreto. El trabajo expone con claridad los problemas que puede presentar el contacto de la humedad con el concreto reforzado siendo la corrosión el problema principal que expone el autor.

El estudio de la interacción entre el agua subterránea y el muro de suelo enclavado se considera importante por lo expuesto por los autores anteriores y por la incertidumbre que genera conocer el daño que causa el agua subterránea al muro.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contexto General

En muros de contención de suelo enclavados construidos en edificaciones con sótanos se está siendo visible la presencia de humedad en la pantalla del muro, se sabe que la interacción entre el muro y el suelo saturado es la causa del fenómeno, hasta le momento se desconoce el grado de riesgo que representa y si ello puede o no generar algún daño importante, por lo tanto, con esta investigación se busca analizar que está provocando la presencia de humedad y que grado de daño puede provocar al mismo.

Descripción del Problema

En muros de suelo enclavado, construidos en edificaciones con sótanos, se ha observado con el tiempo manchas de humedad, dicha humedad ha ido creciendo o se mantiene en el área afectada. Se observa también algunas grietas que podrían favorecer la expansión de la humedad en el muro, lo que provoca incertidumbre puesto que no se tiene certeza el daño que esto provoca en el mismo, esta situación se agrava ya que los muros podrían tener un daño importante. Por lo anterior la investigación busca conocer el riesgo que provoca la humedad en el muro de suelo enclavado.

Formulación del Problema

La humedad puede ser un tema importante a la hora de verificar el daño que causa en los elementos de retención como lo es el muro de suelo enclavado, puede llegar a provocar un deterioro de su resistencia dando como resultado que el muro de suelo enclavado ya no cumpla su función en su totalidad

Pregunta Central

¿Qué efectos causa el agua subterránea en muros de suelo enclavados para edificaciones con sótanos?

Preguntas específicas

¿Qué factores provocan daños en la pantalla del muro?

¿Cuál es la respuesta del muro bajo diferentes escenarios de agua subterránea?

¿cuáles son los daños potenciales provocados por la filtración de humedad en el muro por la interacción con el agua subterránea?

¿Qué reparaciones se pueden realizar en el muro de pantalla?

¿Cuál es la factibilidad del estudio ante el costo y beneficio que provoca realizarlo?

4 JUSTIFICACION

El análisis del efecto del agua subterránea en los muros de suelo enclavado toma importancia por la incertidumbre que existe en el área de ingeniería civil en los daños que provoca en el muro de pantalla, la investigación brindara información específica técnica a un tema que actualmente no tiene un enfoque en esta área.

Con este conocimiento se pretende que los usuarios sean los profesionales aplicados en el medio del diseño y construcción de edificaciones como lo son ingenieros civiles con especialidades como geotecnia, a la vez también brinda conocimiento a profesiones como arquitectos o personal técnico en obra.

5 OBJETIVOS

5.1 General

Evaluar el efecto del agua subterránea en el muro pantalla de suelo enclavado para edificaciones con sótanos por medio de identificación e inspección de la zona afectada y la realización de ensayos no destructivos.

5.2 Específicos

1. Establecer los factores que provocan daños en la pantalla del muro, por medio de análisis de suelo.
2. Verificar la estabilidad y respuesta estructural del muro bajo diferentes escenarios de agua subterránea por medio de un modelo numérico y análisis teórico.
3. Determinar los daños potenciales provocados por la filtración de humedad en el muro por la interacción con el agua subterránea, por medio de ensayos al muro.

4. Diseñar las medidas de reparación y mitigación de daños en la pantalla del muro.
5. Analizar la factibilidad del estudio ante el costo y beneficio que provoca realizarlo.

6 ALCANCE

La investigación es de enfoque cuantitativo ya que se medirán variables en un contexto de análisis numérico por medio de datos obtenidos de la inspección de la zona y ensayos no destructivos además la investigación se plantea con un alcance descriptivo porque se pretende examinar un problema con poco estudio en el medio de ingeniería geotécnica, describiendo y midiendo las variables relacionadas al problema, el tema tiene estudios aplicados en muros de suelo enclavado en sótanos de edificaciones que presentan humedad parcial o total en el muro pantalla . El tema aporta información clara del efecto que tiene los suelos saturados en el muro de contención de suelo enclavado exponiendo que daño llega a provocar internamente en el muro y si el sistema de contención corre el riesgo de subir algún colapso.

7 MARCO TEORICO

Para fundamentar esta investigación desde una perspectiva teórica muestran descripciones de temas que influyen en la investigación del presente trabajo, así como metodologías de análisis de muestras en la interacción del agua subterránea con el muro de suelo enclavado.

7.1 Mecánica de suelos

7.1.1 Suelos

Los suelos son producto de la descomposición química y física de las rocas a través del tiempo, el cual puede ser de miles de años, como lo describe Gonzales (2002) “Los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes que constituyen la roca madre, sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión” (p. 18).

el suelo se encuentra en La corteza terrestre, la corteza terrestre es la capa de la tierra que se encuentra superficial, siendo la principal capa donde el ser humano hace uso de ella para diferentes propósitos.

7.1.2 Tipos de suelos

En el estudio de suelos se consideran los suelos de origen orgánico y los suelos de origen inorgánico, siendo los de principal interés en su estudio a nivel de ingeniería los suelos inorgánicos. Entre los suelos inorgánicos encontramos las gravas, las arenas, los limos, las arcillas.

Tabla 1.

Tipos de suelos

GRAVAS	Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen mas de dos milímetros de diámetro, dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y por lo tanto, redondeadas.
ARENAS	La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2mm y 0.05 mm de diámetro.
LIMOS	Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas.
ARCILLAS	Partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. La

Continuación de la tabla 1

ARCILLAS	estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar.
-----------------	--

Nota: descripción de los tipos de suelos, adaptado de Villalaz C. (2004). Mecánica de suelos y Cimentaciones.

7.1.3 Cohesión en los suelos

La cohesión es una propiedad de los suelos donde las partículas del suelo son atraídas entre sí, así lo menciona Crespo (2004) “los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas” (p.26), siendo los suelos no cohesivos los suelos Crespo (2004) “los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava” (p. 26).

7.1.4 Flujo del agua en los suelos

El agua subterránea mantiene un movimiento o un estancamiento a través de la estructura del suelo según sus propiedades de permeabilidad e impermeabilidad, existiendo tres categorías, en la primera categoría se encuentra se encuentra el agua absorbida Según Juárez y Rico (1974) “ligada a las partículas del suelo por fuerzas de origen eléctrico, que no se mueve en el interior de la masa porosa y que, por lo tanto, no participa en el flujo, quedando al margen de este tipo de problemas” (p. 3).

En la segunda categoría se encuentra el agua capilar Juárez y Rico (1974) “cuyo flujo presenta gran importancia en algunas cuestiones de mecánica de Suelos, tales como el humedecimiento de un pavimento por flujo ascendente y otras análogas” (p. 3). adicionalmente menciona, Juárez y Rico (1974) “en la mayoría de los problemas de filtración de agua, el efecto del flujo en la zona capilar es pequeño y suele despreciarse en atención a las complicaciones que plantearía al ser tomada en cuenta teóricamente su influencia” (p. 3).

En la tercera categoría se encuentra el agua libre o gravitacional, Juárez y Rico (1974) “bajo el efecto de la gravedad terrestre, puede moverse en el interior de la masa sin otro obstáculo que el que le imponen su viscosidad y la trama estructural del suelo” (p. 3).

7.2 Estabilidad de taludes

7.2.1 Talud

En la interacción de la estructura con el suelo es importante tomar en cuenta todos los desniveles que se tienen del terreno como los taludes, los taludes se describen como Morales (2015) “cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal, que sea adoptada en forma permanente por las estructuras de tierra” (p. 1). los taludes pueden ser de origen natural o creado por la mano del hombre.

Los taludes pueden estar presentes en cualquier tipo de proyecto de ingeniería civil como en la ejecución de una carretera, en la estabilización de una ladera, en una urbanización, en la construcción de una presa o la construcción de un edificio.

7.2.2 muro de suelo enclavado

Uno de los métodos para la estabilización de taludes en una edificación es el método de muro de suelo enclavado que se describen como la implementación de anclajes Niño (2017) “es una técnica que consiste en reforzar el suelo in situ mediante la instalación de barras pasivas paralelas denominadas nails (clavos)” (p. 19), adicional a las barras pasivas también son parte del muro de suelo enclavado la pantalla del muro, que lo describo igualmente Niño (2017) “la zona de suelo forzado actúa como un muro de gravedad reteniendo el suelo detrás de dicha zona” (p. 19).

La técnica se utiliza muy frecuentemente porque es una solución comprobada que da seguridad en su uso, en sus componentes se tienen los anclajes que son varillas que perforan el suelo, como lo menciona Geofortis (2013) “para la construcción de muros de retención o asegurar los cortes durante las excavaciones. Los anclajes son usados para proporcionar una precarga de los sistemas estructurales, estas sirven para limitar el desplazamiento de la estructura” (p. 5).

En las edificaciones con sótanos se tiene como opción el uso de muro de suelo enclavado para retener el suelo que ha sido cortado para la edificación, Rengifo (2015) “Este consiste en reforzar el suelo, reforzar un talud a medida que desciende la excavación mediante la introducción de anclajes de refuerzos pasivos o activos, que trabajan principalmente a tracción” (p. 17).

El muro pantalla se construye colocando el acero y luego colocando el concreto como lo menciona Baca (2021) “se lanza pasta de cemento al talud perfilado de tal manera de estabilizar el suelo y no de deslicé. La pasta de cemento debe tener una consistencia semi plástica” (p. 52).

7.2.3 Clasificación de muros de suelo enclavado

Los muros de suelo enclavado se pueden construir para obras permanentes o para obras provisionales:

7.2.3.1 Muros de suelo enclavado provisionales

Se instalan en construcciones que tendrán una duración no más de 18 meses, López (2015) “Tienen carácter de medio soportante auxiliar y proporcionan las condiciones de estabilidad a la estructura durante el tiempo necesario para disponer de otros elementos resistentes que los sustituyan” (p. 14).

7.2.3.2 Muros de suelo anclados permanentes

Se instalan en construcción que tendrán una duración indefinida por lo tanto se deben de considerar muchos factores, para evitar algún deterioro de este.

7.3 Ensayos

7.3.1 Potencial de corrosión de media celda

El concreto brinda una capa protectora al acero para evitar que cualquier elemento contaminante entre del exterior al acero, no obstante, en ocasiones el concreto da brinda esa garantía de protección debido a factores propios de concreto o externos como lo puede ser la presencia de humedad.

Uno de los ensayos no destructivos para determinar el grado de corrosión del acero es el ensayo de potencial de corrosión de media celda, que lo describe Roa et al. (2015) “en donde la aplicación de pequeñas perturbaciones en la interfase, que mantienen un estado termodinámicamente estable o en equilibrio, aportan información acerca de las condiciones de la interfase acero hormigón y con ello, del grado de deterioro que se presente en la armadura” (p. 567).

Tabla 2.

Potencial de corrosión ASTM C876 (1991)

Voltaje medido vs electrodo de cobre/ sulfato de Cobre (v)	Probabilidad de corrosión
>-0.2V	10% o menos
-0.2V a -0.35	Región de incertidumbre
<-0.35	90% o mas

Nota: Valores de probabilidad de corrosión respecto al voltaje medido in situ. ASTM C876-91. (1991).

El ensayo de potencial de media celda esta descrito en la norma ASTM C876-91, como lo menciona Roa et al. (2015) “la técnica de medición se encuentra estandarizada bajo la norma ASTM C876-91, aplicable para la evaluación en sitio, e independiente del tamaño del refuerzo y de la profundidad dentro de la pasta de concreto” (p. 568).

Figura 1.

Instrumento de medición avanzado de media celda para el mapeo in situ del potencial de corrosión.



Nota. Equipo utilizado en la estimación de la corrosión para el ensayo de potencial de corrosión de media celda. 2020 screening Eagle Technologies, PROCEQ. Derechos reservados

7.3.1 Martillo Schmidt (esclerómetro)

Consiste en un ensayo no destructivo, donde se emplea un equipo que consiste en un martillo de rebote que da datos que se deben ajustar según el material que se está ensayando.

Figura 2.

Martillo Schmidt.

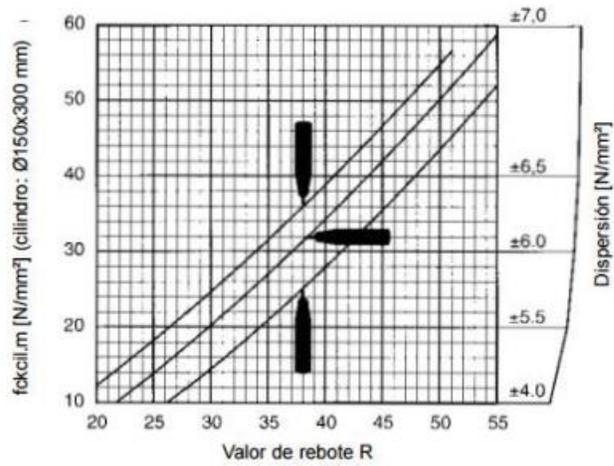


Nota. Equipo utilizado la medición de resistencia de una superficie. 2001 screening Eagle Technologies, PROCEQ. Derechos reservados

El martillo mide la resistencia de la superficie mediante el rebote que este tiene, así lo menciona Vergara (2017) “El principio utilizado por este instrumento es la correlación que existe entre la dureza de un material y su coeficiente de restitución” (p. 3), el martillo Schmidt es un dispositivo que mediante el rebote verifica la dureza de la superficie, cualquier imperfección de la superficie daría un resultado erróneo, así lo menciona Vergara (2017) “cualquier anomalía en la superficie del elemento alterará las mediciones en el número de rebote, dichas anomalías pueden ser presentadas por diferentes causas” (p. 4), por lo tanto, se debe de inspeccionar la superficie para evitar un mal ensayo.

Figura 3.

Curva de calibración para distintos tipos de orientación de martillo Schmidt.



Nota. Grafica utilizada para estimar la resistencia de la superficie dependiendo de la inclinación del martillo en el ensayo, PROCEQ. Derechos reservados

8 HIPOTESIS

El incremento en 30% en la humedad de un suelo en un muro enclavado reduce su factor de seguridad en un 50%.

Tabla 3.

Tabla operacional de hipótesis

VARIABLE	DEFINICION TEORICA	DEFINICION OPERACIONAL INDICES	VALORES Y CON QUE MEDIR INDICADORES
Contenido de humedad	<p>“el contenido de humedad es una magnitud que expresa la cantidad de agua en un material sólido y se puede representar en término de una base de masa seca o de una base de masa húmeda”</p> <p>(Enrique, 2010, p. 1)</p>	<p>Permeabilidad de los suelos.</p> <p>Resistencia del concreto</p> <p>Recubrimiento del acero</p>	<p>% de humedad ensayo potencial de corrosión de media celda</p>

Continuación de la tabla 3

VARIABLE	DEFINICION TEORICA	DEFINICION OPERACIONAL INDICES	VALORES Y CON QUE MEDIR INDICADORES
Factor de seguridad	“el FS puede definirse como el cociente entre la resistencia última y la resistencia admisible en el material en que se actúa” (Duncan, 2000, p.2)	Dimensiones de geometría Cargas aplicadas Condiciones de diseño	Resistencia (KN), Cargas (Kn)

Nota: Variables, definición teórica, definición operacional y valores de hipótesis, elaboración propia en Microsoft Office Word.

9 PROPUESTA DE INDICE

INDICE

INDICE DE ILUSTRACIONES

INDICE DE TABLAS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPITULO 2 MARCO TEORICO

CAPITULO 3 METODOLOGIA

CAPITULO 4 RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

APENDICE

10 METODOLOGÍA

El análisis se centra en conocer el efecto negativo que tiene la interacción entre las aguas subterráneas y el muro pantalla, enfocándose en la posible pérdida de resistencia de este, el principal objetivo es ver si los muros con la presencia de humedad presentan una disminución del factor de seguridad.

El presente trabajo es de corte cuantitativo porque se busca extraer datos precisos en los ensayos para conocer el grado de factor de seguridad de los muros, adicional se enfoca en temporalidad transversal, ya que se tomará datos en un tiempo preciso y específico para obtener datos representativos con el alcance que se quiere hacer.

Diseño No experimental

Se cumplirá mediante la obtención de 4 muestras representativas de diferentes edificaciones con sótanos, las cuales serán muestras de tipos de suelos y muestras de las propiedades de sectores con presencia de humedad en el muro pantalla, observando los efectos que se dan por la interacción entre el agua subterránea y el muro de suelo enclavado, para luego analizar la pérdida de resistencia.

Definición de objetivos de investigación

Los objetivos van encaminados a comprender el efecto que puede tener la interacción entre el agua subterránea y el muro de suelo enclavado, evidenciando los posibles daños y disminución de la resistencia del muro.

Los objetivos se cumplen realizando un mínimo de 4 ensayos de las muestras representativas en el lugar, como la inspección de la zona para verificar las condiciones actuales del suelo como del muro y ensayos no destructivos como los ensayos de martillo esclerómetro y el ensayo de potencia de corrosión de media celda, para verificar la resistencia del elemento.

Revisión bibliográfica

La obtención de material creado por autores profesionales en el área es de mucha importancia, para sentar las bases de la investigación y encaminarla en un punto de interés.

Selección de equipos y técnicas

Se seleccionarán ensayos donde el equipo necesario es para la obtención de datos y muestras como lo son el martillo esclerómetro, equipo de potencial de corrosión de media celda, instrumentación para obtener 4 muestras del concreto y del suelo.

Recopilación de datos

Los datos se obtendrán de los ensayos realizados en el sitio así como los ensayos que se deban enviar a laboratorio, los ensayos en el sitio se tomaran a mano y digitalmente, tabulándolos en un programa de software para su correcto análisis.

Análisis de datos

Se procesarán los datos agrupándolos según su tipo de ensayo, se analizarán según las normas ASTM, ACI Y AISC establecidas y vigentes, utilizando la estadística descriptiva y análisis profundo para crear tablas y graficas de los resultados.

interpretación de resultados

Los resultados se interpretarán según el uso de normas ASTM, ACI Y AISC para establecer calidad de los mismo y rangos de aceptación de estos.

conclusiones y recomendaciones

La consecución del manejo de los datos, del uso de los datos y la interpretación de los resultados se reflejará en las conclusiones y recomendaciones, verificando siempre exponer los resultados correctos, además dar recomendaciones según el análisis echo de los datos.

11 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La investigación se centra en la obtención de datos geotécnicos del suelo con agua subterránea y las propiedades del muro de suelo enclavado en diferentes muestras representativas de edificaciones con sótanos, analizando los efectos negativos que puede provocar la interacción del muro y el agua subterránea, se propone las siguientes técnicas de análisis de la información para desarrollar de la manera correcta el tema:

Análisis de datos cuantitativos: datos de los ensayos en el suelo saturado y del martillo esclerómetro, se obtendrán y se analizarán buscando aplicar la estadística descriptiva, viendo las propiedades que son afectadas en el muro por la interacción con el agua subterránea.

Modelo empírico: modelo en base a la teoría de las posibles amenazas que representa la interacción del agua subterránea contra un elemento de concreto, descubriendo y acumulando un conjunto de propiedades afectadas para verificar la hipótesis, para defender una idea o seguir una guía temática.

Programa de Software: se utilizará un programa de modelado de contención para verificar los resultados teóricos, así como también se utilizara Microsoft Excel para tabular los datos y realizar los cálculos necesarios.

análisis de resistencia de los componentes del muro: se realizará ensayos no destructivos como lo son el análisis de potencial de corrosión de media celda y martillo esclerómetro.

Las técnicas descritas de análisis de la información se utilizarán para obtener resultados satisfactorios en el desarrollo del tema de investigación, así como también un material útil para profesionales y estudiantes con necesidades de comprender mejor el tema y conceptos aquí mostrados.

Interpretación cualitativa: se verificarán los resultados con una interpretación cualitativa de los resultados obtenidos, haciendo un análisis de las de la calidad de las muestras y los puntos de las propiedades afectados.

Análisis de sitio: se obtendrá un levantamiento del lugar con recursos propios, obteniendo mapas, fotografías como croquis de las diferentes zonas del proyecto, adicional delimitar las áreas en el muro, haciendo énfasis en los lugares donde la humedad es visible.

Consultas con Profesionales en el tema: se obtendrá criterio, y puntos de vista de profesionales con experiencia en el tema propuesto de tesis.

Informe final y Conclusiones: se presentará un documento final con el informe completo mostrando la obtención de datos, análisis de datos y conclusiones de estos.

12 CRONOGRAMA

Tabla 4.

Tabla de cronología de tiempos.

Actividad	Responsable	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	
Diseño de investigación	investigador	■							
	asesor	■							
	revisor	■							
	coordinador	■							
revisión de literatura	investigador						■		
	asesor						■		
	revisor						■		
	coordinador						■		
Recolección de la información	investigador	■							
	asesor	■							
	revisor	■							
	coordinador	■							
Presentación del informe	investigador						■		
	asesor						■		
	revisor						■		
	coordinador						■		

Nota: Tiempos estimados de elaboración de trabajo, elaboración propia en Microsoft Office Word.

13 FACTIBILIDAD

Para la realización de la tesis de graduación, se considerará utilizar recursos financieros como humanos, el proyecto se desarrollará con fondos y recursos propios, considerando el desglose que a continuación se muestra.

Tabla 5.

Costo de cada renglón de trabajo.

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Costo del curso de seminario 1, 2 y 3	3	Unidad	Q900.00	Q2700.00
2	asesoría metodológica	1	Global	Q2500.00	Q2500.00
3	Prueba Martillo Esclerómetro	3	Unidad	Q2500.00	Q7500.00
4	Prueba de potencial de corrosión de media celda	3	Unidad	Q3500.00	Q10500.00
5	utilería	1	Global	Q600.00	Q600.00
6	Equipo de computo	1	Unidad	Q9000.00	Q9000.00
7	Programas de computación	1	Global	Q2000.00	Q2000.00
8	Combustible	1	Global	Q1500.00	Q1500.00

Continuación de la tabla 5

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
9	Saldo telefónico	1	Global	Q500.00	Q500.00
10	Internet	1	Global	Q300.00	Q300.00
11	vehículo	1	Global	Q800.00	Q800.00
12	Impresión de trabajo	1	Unidad	Q2500.00	Q2500.00
COSTO TOTAL DE PROYECTO					Q40400.00

Nota: Costos estimados de elaboración de trabajo, elaboración propia en Microsoft Office Word.

14 REFERENCIAS

- Alvino, D., Velásquez, C. (2021). *Análisis comparativo de método soil nailing con mejoramiento de drenaje frente a un corte convencional en suelo aluvial en el departamento de puno, Perú* (Tesis de licenciatura en Ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- Arias, L. (2014). *Seguridad industrial en la estabilización de taludes por el método de soil nailing según normas OSHA* (Tesis de licenciatura de ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- Baca, S. (2021). *Implementación de alternativas constructivas para la optimización de plazo y mejora de la productividad en la construcción de muros anclados en el proyecto residencial madre selva.* (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- Barrios, et al. (1999). *Estudio de la iglesia de san miguel de Morón (Sevilla). Influencia de los cambios de humedad en la estabilidad del monumento.* (Tesis de maestría, universidad de Sevilla). Recuperado de: 22 de jun. de 23
- Borja, D. (2020). *Comportamiento estructural y proceso constructivo con presencia de napa freática en estructuras de sostenimiento de los sótanos de las edificaciones en tiempos de covid-19* (Tesis de licenciatura de ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23

- Briceño, J. et al. (2023). Evaluación del efecto del flujo de agua subterránea en sección transversal de carretera utilizando modelos numéricos. *Revista Ciencia e ingeniería*. Volumen 44 (3), 345-356.
- Capa, V. (2021). *Estudio experimental y numérico del comportamiento de excavaciones ejecutadas mediante la técnica de suelo claveteado (soil nailing) en suelos de la ciudad de Quito (ecuador)*(Tesis de doctorado en Ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- Caussin, V., Cruz, C. (2019). *Estabilidad de talud mediante el método de soil Nailing* (Tesis de licenciatura en Ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- Corzo, E., Palomino, C. (2022). *Factor de seguridad para optimizar la estabilización del talud con sistema soil nailing en la Costa Verde San Miguel* (Tesis de licenciatura en Ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Limusa Noriega Editores
- Del valle, et al. (2001). *El fenómeno de la corrosión en las estructuras de concreto reforzado*. (secretaria de comunicaciones, instituto mexicano del transporte). Recuperado de: 22 de jun. de 23
- Espíritu, O. (2020). *Proceso constructivo de muros anclados para la contención de suelo en edificaciones con sótano* (Tesis de licenciatura de ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- González, L. (2002). *ingeniería Geológica*. Pearson educación
- Jordán, E. (2018). *Proceso constructivo de muros anclados del proyecto conjunto residencial “el mirador las palmas” Santiago del Surco*

(Tesis de licenciatura de ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23

Juárez, E., Rico, A. (1974) *Flujo de agua en suelos*. Limusa Editorial

López, N. (2015). *Pautas del proceso constructivo y consideraciones de diseño en anclajes de muros tensados y atirantados, como complemento al manual de anclajes en ingeniería civil - Roberto (tesis de maestría de geología, universidad de zaragoza)*. Recuperado de: 22 de jun. de 23

Marín et al. (1994). *Diagnóstico del deterioro de edificios del patrimonio histórico-artístico del sureste de la provincia de Huesca. (tesis de maestría de geología, universidad de zaragoza)*. Recuperado de: 22 de jun. de 23

Moreno, E. (2008). *Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón: estudio experimental de la variación de la ductilidad en armaduras corroídas aplicando el criterio de acero equivalente (Tesis de doctorado)*. Recuperado de: 28 de jun. de 23

Muñoz, E. (2011). *Manual para el proceso de diseño y construcción de muros anclados de concreto lanzado (Tesis de Tecnólogo en administración de proyectos de construcción)*. Recuperado de: 28 de jun. de 23

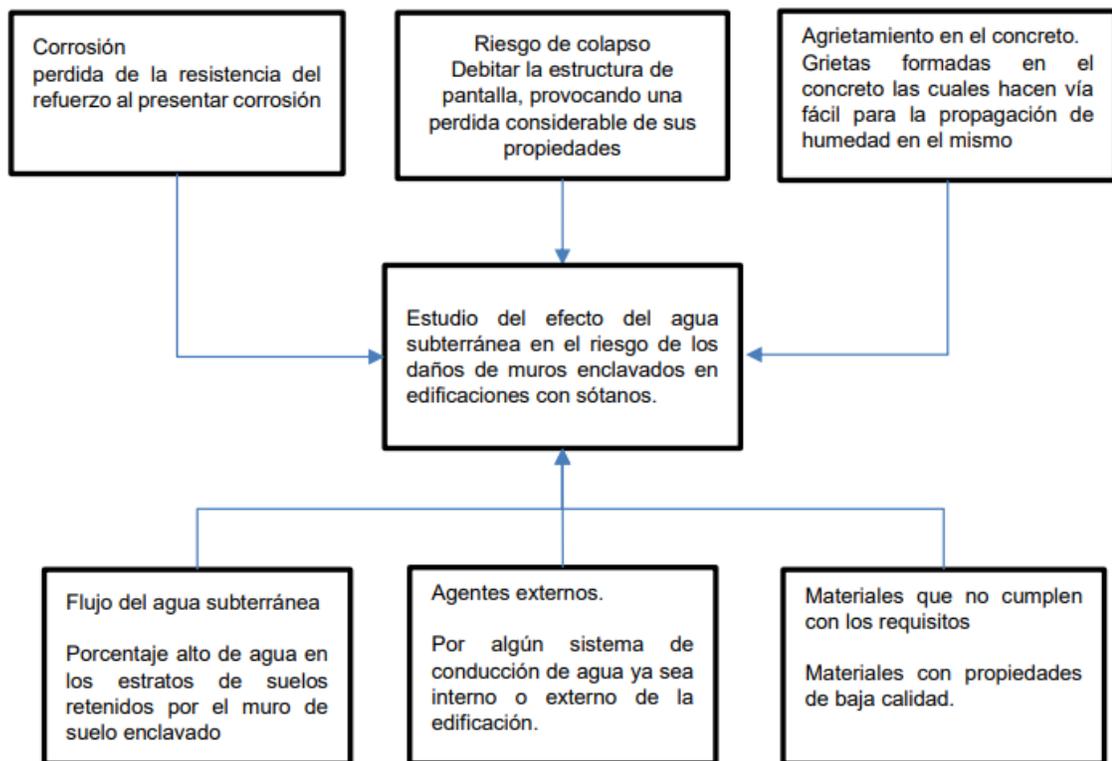
Niño, C. (2007). *Métodos de análisis y diseño para la resolución de problemas de estabilidad de taludes y excavaciones mediante técnicas de soil nailing (Tesis de maestría en geotecnia)*. Recuperado de: 28 de jun. de 23

- Rengifo, J. (2015). *Muros anclados en arenas, análisis y comparación de técnicas de anclajes* (Tesis de licenciatura ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- Rodríguez, J. (2020). *Procedimiento constructivo de un edificio multifamiliar ubicado en el distrito de San Miguel, Provincia de Lima* (Tesis de licenciatura de ingeniería civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- Rosas, M. (2017). *Soil Nailing: Características y Particularidades* (Tesis de maestría en construcción de túneles y obras subterráneas). Recuperado de: 28 de jun. de 23
- Roa, G., Aperador, W., Delgado, E. (2015). *Diseño de sistema de monitoreo remoto para evaluación de la corrosión en estructuras de concreto reforzado sometidas a ion cloruro, ingeniería investigación y tecnología, Volumen XVI (4) 567-570. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774315000414>*
- Vergara, L., Oyarzo, C., Maureira N. (2017). *Caracterización de las propiedades mecánicas del hormigón de un edificio habitacional* (Simposio de Habitación Profesional Departamento de Ingeniería Civil). Recuperado de: 28 de jun. de 23

15 APENDICE

Figura 4.

Árbol de problemas



Nota: análisis de árbol de problemas, elaboración propia en Microsoft Office Word.

Figura 5.

vertebración de marco teórico.



Nota: Diagramación de contenido de marco teórico, elaboración propia en Microsoft Office Word.

Tabla 6.

Matriz de consistencia.

Problemas	Preguntas	Objetivos	Hipótesis	Metodología
Problema General	Pregunta General	Objetivo General	Definición	Tipo de investigación propósito, alcance enfoque y temporalidad.
El daño que puede ocasionar el contacto del agua subterránea contra el muro pantalla de los muros de suelo enclavados	¿Qué efectos causa el agua subterránea en muros de suelo enclavados para edificaciones con sótanos?	Evaluar el efecto del agua subterránea en el muro pantalla de suelo enclavado para edificaciones con sótanos por medio de la identificación de la zona afectada y la realización de ensayos no destructivos.	El incremento en 30% en la humedad de un suelo en un muro enclavado reduce el factor de seguridad en un 50%	Propósito: Aplicada Alcance: Descriptivo Enfoque: Cuantitativo Temporalidad: Transversal

Problemas	Preguntas	Objetivos	Hipótesis	Metodología
Problema Especifico	Pregunta Especificas	Objetivos específicos	Variables	Diseño de investigación
1. Factores externos que provocan que la humedad ingrese internamente al muro de suelo enclavado	1. ¿Qué factores provocan daños en la pantalla del muro?	1. Establecer los factores que provocan daños en la pantalla del muro, por medio de análisis de suelo.	1. Contenido de humedad	<p>Diseño experimental</p> <p>Técnicas:</p> <p>1. Recolección de datos por medio de ensayo de resistencia con martillo Schmidt</p>
2. Propiedades del suelo que favorezcan que el agua se retenga en un tipo de suelo.	2. ¿Cuál es la respuesta del muro bajo diferentes escenarios de agua subterránea?	2. Verificar la estabilidad y respuesta estructural del muro bajo diferentes escenarios de agua subterránea por	2. Factor de seguridad	<p>2. Recolección de datos por medio de ensayo de potencial de corrosión de media celda.</p>

Continuación de la tabla 6

			medio de un modelo numérico y análisis teórico.	
3. importantes hacen de estructura problemas colapso	Daños que la estructura con de Daños que una filtración con de por la interacción con el agua subterránea?	3. ¿Cuáles son los daños potenciales provocados por la filtración de humedad en el muro por la interacción con el agua subterránea?	3. Determinar los daños potenciales provocados por la filtración de humedad en el muro por la interacción con el agua subterránea, por medio de ensayos al muro.	3. Ingreso de datos por medio digital a una base de datos en computadora Diseño de recomendaciones de reparaciones en el área afectada del muro.
4. La posibilidad de reparar los daños importantes.	4. ¿Qué reparaciones se pueden realizar en el muro de pantalla?	4. Diseñar las medidas de reparación y mitigación de daños en la pantalla del muro.		Instrumentos: 1. Martillo Schmidt 2. Celda de potencia 3. media Instrumentos de campo

Continuación de la tabla 6

5. La factibilidad de invertir en este tipo de estudios ante el costo y beneficio que representa	5. ¿Cuál es la factibilidad del estudio ante el costo y beneficio que provoca realizarlo?	5. Analizara la factibilidad del estudio ante el costo y beneficio que provoca realizarlo.	4. Computadora 5. Programas de análisis y tabulación de datos 6. Equipo de medición de longitudes
--	---	--	---

Nota: descripción del trabajo de investigación, elaboración propia en Microsoft Office Word.