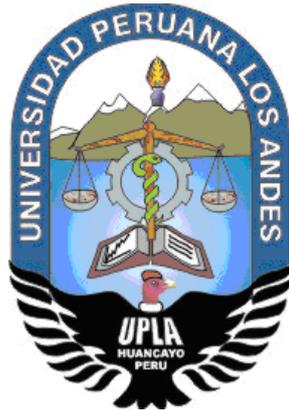


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**APLICACIÓN DEL SISTEMA ERDOX EN LA ESTABILIDAD
DE TALUD, KM 11+780 AL 11+840, CARRETERA CENTRAL
ACOPALCA – HUANCAYO – JUNÍN**

PRESENTADO POR:

Bach. COTERA CORONEL, Edgar

Linea de Investigación Institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL:

DE INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERU

2021

Mg. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL

ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo .

HOJA DE CONFORMACIÓN DE LOS JURADOS

Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA

PRESIDENTE

Mg. JULIO FREDY PORRAS MAYTA

JURADO

Mg. RANDO PORRAS OLARTE

JURADO

Ing. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO

JURADO

Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA

SECRETARIO DOCENTES

INDICE

	Pág.
caratula	i
Índice	v
Resumen	xiii
Introducción	xv

CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. PLANTIAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema	17
1.2. Delimitación del problema	20
1.2.1. Delimitación Espacial	20
1.2.2. Delimitación Temporal	20
1.2.3. Delimitación Económica	20
1.3. Formulación del problema	
2.1.1. Problema General	20
2.1.2. Problema específico	21
1.4. Justificación	
1.4.1. Social	21
1.4.2. Metodología	21
1.5. Objetivos	
1.5.1. Objetivo General	22
1.5.2. Objetivo Especifico	22

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2. Marco Teórico: antecedentes y marco conceptual

2.1. Antecedentes	23
2.2. Bases teóricas y científicas	30
2.3. Definición de términos básicos	85
2.4. Hipótesis	
2.4.1. Hipótesis general	86
2.4.2. Hipótesis específico	87
2.5. Identificación de variables	
2.5.1. Variable independiente (X)	87

2.5.2. Variable dependiente (Y)	87
2.6. Operacionalización de variables	
2.6.1. Cuadro de la operacionalización de la variable	88
CAPITULO III	
3.1. Metodología de investigación	89
3.2. Tipo de investigación	90
3.3. Nivel de investigación	90
3.4. Diseño de investigación	90
3.5. Población y Muestra	90
3.6. Técnicas y/o instrumentos de recolección de datos	91
3.7. Procedimiento de la investigación	91
3.8. Técnicas y recolección de datos	92
CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACION	
4.1.diagnóstico de la situación geográfica	93
4.2.estudios básicos	96
4.2.1. Estudios topográficos	96
4.2.2. Estudios geológicos	97
4.2.3. Estudios sísmicos	98
4.2.4. Estudios geomorfológicos	100
4.2.5. Estudio de mecánica de suelo	102
4.2.6. Planteamiento del diseño	109
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	
DISCUSIONES DE RESULTADOS	133
CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES	141
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	142
ANEXOS	146
MATRIZ DE CONSISTENCIA	147

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01.- Deslizamiento de tierras en la Carretera Panamericana en El Salvador	18
Figura N° 02.- Deslizamientos de tierra-flujo de detritos en rocas meteorizadas	18
Figura N° 03.- Trabajos de mantenimiento de Emergencia	19
Figura N° 04.- Lugar de intervención km 11+590 al 11+860	20
Figura N° 05.- Esquema estabilidad de talud	31
Figura N° 06.- Actuantes en dovelas	32
Figura N° 07.- Falla base en el pie de talud	33
Figura N° 08.- Falla por encima del pie de talud	33
Figura N° 09.- Deslizamiento en suelos blandos	37
Figura N° 10.- Falla a causa de derrumbes	38
Figura N° 11.- Esquema de la estructura del sistema ErdoX Tierra	40
Figura N° 12.- Esquema de la estructura del sistema ErdoX Junior	41
Figura N° 13.- Esquema de la estructura del sistema ErdoX Nieve	42
Figura N° 14.- Esquema de la estructura del sistema ErdoX modelo C	43
Figura N° 15.- Elementos del Sistema ErdoX	45
Figura N° 17.- Funcionamiento del Sistema ErdoX.	47
Figura N° 18.- Excavación de Terreno	56
Figura N° 19.- Armado de elementos ErdoX	56
Figura N° 20.- colocación en el Terreno del sistema ErdoX	58
Figura N° 21.- Sistema ErdoX en construccion	60
Figura N° 22.- Obra emergencia IIRSA Sur Terminada	66
Figura N° 23.- Muro típico en voladizo	68
Figura N° 24.- Dimensiones – Muro en Voladizo	69
Figura N° 25.- Fuerzas actuantes en un muro.	69
Figura N° 26.- Fuerzas transmitidas al suelo por parte del muro	71
Figura N° 27.- Croquis explicativo de la instalación de estacas viva	80
Figura N° 28.- Esquema Muros de Concreto.	81
Figura N° 29.- Esquema Sistema ErdoX	82
Figura N° 30.- Secuencia Sistema ErdoX IIRSA Sur	84
Figura N° 31.- Ubicación del Distrito de Huancayo	94

Figura N° 32.- Ubicación de los lugares de estudio	95
Figura N° 33.- Levantamiento Planimétrico en el tramo del km 11+950	96
Figura N° 34.- Levantamiento Planimétrico en el tramo del km 11+250	96
Figura N° 35.- Mapa geológico cuadrángulo de Huancayo	97
Figura N° 36.- Zonificación sísmica del Perú	99
Figura N° 37.- Unidad geomorfológicas del cuadrángulo de Huancayo	100
Figura N° 38.- Vista en Planta de las calicatas realizadas	102
Figura N° 39.- Vista del talud en estudio	102
Figura N° 40.- Calicata en el Km 11+840 a una Profundidad de 2.00 m	103
Figura N° 41.- Calicata en el Km 11+840 a una Profundidad de 2.00 m	103
Figura N° 42.- Calicata en el Km 11+590 a una Profundidad de 2.00 m	104
Figura N° 43.- Calicata en el Km 11+590 a una Profundidad de 2.00 m	104
Figura N° 44.- Perfil Estratigráfico in situ calicata 01	105
Figura N° 45.- Perfil Estratigráfico in situ calicata 02	105
Figura N° 46.- Perfil Estratigráfico in situ calicata 03	106
Figura N° 47.- Entrega al laboratorio de las muestras extraídas	106
Figura N° 48.- Talud del km 11+840	109
Figura N° 49.- Talud <i>del km 11+590</i>	110
Figura N° 50.- Límites de talud para análisis por equilibrio Límite	111
Figura N° 51.- Sistema de muro en voladizo	112
Figura N° 52.- Sistema de muro en jardinería	112
Figura N° 53.- Sistema ErdoX Tierra	113
Figura N° 54.- Sistema ErdoX implementado con algunas plantaciones comunes de la zona de estudio	113
Figura N° 55.- Elementos del Sistema Erdox.	115
Figura N° 56.- Dimensión del muro en voladizo	117
Figura N° 57.- Verificación del factor de seguridad	118
Figura N° 58.- Dimensionamiento del acero longitudinal de la pantalla	120
Figura N° 59.- Dimensionamiento del acero de refuerzo de zapata exterior	121
Figura N° 60.- Empuje aplicado en el Panel del Sistema Erdox	123
Figura N° 61.- Fuerzas Resistentes y Fuerzas de Volcamiento en el Sistema Erdox	125
Figura N° 62.- Fuerzas Verticales y Empuje Actuante	126

Figura N° 63.- Vista perfil de raíces de las plantaciones	127
Figura N° 64.- Vista de la plantación de Eucalipto	128
Figura N° 65.- Vista de la planta del pino	129
Figura N° 66.- Vista de la planta Grama	129

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 01.- Mantenimiento periódico ordinario	52
Tabla N° 02.- Mantenimiento extraordinario	53
Tabla N° 03.- Costo ErdoX Tierra Normal	62
Tabla N° 04.- Costo ErdoX Tierra Reforzado	62
Tabla N° 05.- Rendimientos bajo condiciones favorables	64
Tabla N° 06.- Volúmenes y rendimientos obra emergencia IIRSA Sur	65
Tabla N° 07.- Costos muro de jardinería	80
Tabla N° 08.- Costos muro de concreto	81
Tabla N° 09.- Costos sistema ErdoX	82
Tabla N° 10.- Comparación costos de movimiento de tierras	83
Tabla N° 11.- Resumen de resultados	135
Tabla N° 12.- Costos de Ejecución Sistema Muro en Voladizo vs Sistema ErdoX	136
Tabla N° 13.- Costos de Ejecución Sistema Muro de Jardinería vs Sistema ErdoX	136

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía N° 01.- Aplicación de semillas mediante la hidrosiembra	74
Fotografía N° 02.- Aplicación de las semillas sin acceder al talud	74
Fotografía N° 03.- Remediación mediante la técnica de la hidrosiembra	75
Fotografía N° 04.- Cynodon dactylon “Gramma de la costa”	77
Fotografía N° 05.- Festuca arundinacea “Festuca alta”.	78
Fotografía N° 06.- ensayo del material en el laboratorio de mecánica de “suelos c3 ingeniería especializada”	107

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 01.- Huancayo y sus distritos	93
Cuadro N° 02.- División del cuaternario	98

RESUMEN

La presente investigación se plantea como problema general: ¿Cuál es la influencia de la aplicación del sistema Erdox en la estabilidad de talud en el km 11+780 al 11+840 en la carretera central Acopalca - Huancayo - Junín año 2021? para el efecto se formuló como objetivo general; Determinar la influencia de la aplicación del sistema Erdox en la estabilidad de talud en el km 11+780 al 11+840 en la carretera central Acopalca - Huancayo - Junín año 2021.

El presente trabajo de tesis se propone aplicar el sistema Erdox ya que en nuestro país se presentan frecuentemente problemas de inestabilidad de taludes, esto debido al accidentado relieve existente en diversas zonas del país, además de las fallas que puedan existir en determinadas zonas; en algunos casos representa peligro para alguna zona de la población en este caso en la carretera central Acopalca Huancayo, en esa zona frecuentemente tenemos deslizamiento de tierras donde bloquea el libre tránsito para las diferentes zonas que conecta la vía ya en mención, por lo cual es necesario que sea intervenido por medio de sistema constructivos adecuados para las características que se presentan en la zona de camisería KM 11+780. El sistema Erdox es un sistema nuevo en el Perú para la contención de taludes, el cual este sistema presenta ventajas sobre la mayoría de método comunes usados.

En el presente proyecto de tesis, se presenta este nuevo sistema constructivo, sus características y procedimiento constructivo, así mismos los costos y rendimientos; los cuales son comparados con los sistemas de contención de taludes más usados en nuestro país para poder apreciar los beneficios y ventajas que se pueden tener en el sistema ErdoX, principalmente en los tres tipos de estabilidad de taludes que son muro de concreto y muros de jardinería, sabiendo que los benéficos y ventajas que son factores importantes a considerar al momento de elegir el sistema constructivo más adecuado para nuestra zona de estudio.

Palabra Claves: Aplicación, Sistema Erdox, talud.

ABSTRACT

This research is presented as a general problem: What is the influence of the application of the Erdox system on the slope stability at km 11 + 780 to 11 + 840 on the central highway Acopalca - Huancayo - Junín in 2021? For this purpose, it was formulated as a general objective; Determine the influence of the application of the Erdox system on the slope stability at km 11 + 780 to 11 + 840 on the central highway Acopalca - Huancayo - Junín year 2021.

The present thesis work proposes to apply the Erdox system since in our country there are frequent problems of slope instability, this due to the rugged relief existing in various areas of the country, in addition to the faults that may exist in certain areas; In some cases, it represents a danger for some area of the population, in this case on the Acopalca-Huancayo central highway, in that area we frequently have landslides where it blocks free traffic for the different areas that connects the road already mentioned, for which it is necessary that it be intervened by means of adequate construction systems for the characteristics that occur in the KM 11 + 780 shirting area. The Erdox system is a new system in Peru for the containment of slopes, which this system presents advantages over most of the common methods used.

In this thesis project, this new construction system is presented, its characteristics and construction procedure, as well as costs and yields; which are compared with the most used slope containment systems in our country in order to appreciate the benefits and advantages that can be had in the ErdoX system, mainly in the three types of slope stability that are concrete wall and garden walls. , knowing that the benefits and advantages are important factors to consider when choosing the most suitable construction system for our study area.

Keywords: Application, Erdox System, slope.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las carreteras son obras muy fundamentales para la accesibilidad y transitabilidad a distintas localidades, por lo general la mayor parte están compuestas de taludes con pendientes pronunciadas, con terrenos inestables o un ambiente agreste, que con el transcurrir del tiempo poco a poco se va erosionando y esto conllevando a deslizamientos que bloquean las carreteras o alterando viviendas que se encuentran cercas. conforme al Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) menciona que, en los Estados Unidos de Norte América, los deslizamientos de tierra ocasionan entre 25 y 50 muertes, entre los distintos corrientes precipitados de flujo de detritos han ocasionado traumatismo, cables eléctricos que han provocado lesiones y carreteras destruidas que han puesto en peligro a los transportistas .

En el transcurso de los últimos años se han mostrado deslizamientos de taludes con mayor frecuencia en la zona selva y sierra del Perú, con mayor relevancia en los meses de invierno, debido a que; algunas localidades se ubican cerca de taludes inestables y han sufrido grandes pérdidas tanto humanas como estructurales, siendo ellos problemas muy primordiales. Por consiguiente, no se tiene en consideración los peligros naturales que podría alterar el futuro a sus viviendas. Conforme a la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada (CRYRZA) el 31 de mayo de 1970 se originó una gran avalancha esto debido a un inmenso alud que se desprendió del Nevado de Huascarán y sepultó al pueblo de Yungay para lo cual se estima una muerte cerca de 50000 personas .

En la actualidad en la mayoría de las construcciones se busca efectuar las actividades en el corto plazo y costo factibles, un caso con suma frecuencia en nuestro país es la inestabilidad de taludes en carreteras, especialmente en las épocas de precipitaciones, que como consecuencias generan constantes bloqueos en carreteras que conectan entre distintas ciudades o pueblos; por la frecuencia con la que aparecen estos problemas existe la necesidad de que sean resueltos en el menor tiempo posible y de manera definitiva .

Hasta estos tiempos en el país se ha solucionado este problema, en la mayoría de las situaciones de estos casos, con el uso del sistema Muro en Voladizo u otros sistemas comunes de contención de taludes similares; sin embargo, en la actualidad se está optando en utilizar un sistema poco distinguido en el país, este es el conocido como Sistema ErdoX, el cual muestra mejores rendimientos y bajos costos con relación a otros sistemas comunes .

El muro en voladizo es un sistema muy común y resistente cuando se habla inestabilidad de taludes siendo el más utilizado en el Perú. el Erdox es un sistema innovador con un excelente comportamiento estructural y bajo costo que las otras soluciones geotécnicas. Por lo cual su aplicación de este sistema ya ha sido utilizada en la carretera Interoceánica, la Molina, Cusco y la selva central de Junín teniéndose así excelentes resultados .

Entre los principales factores que provocan deslizamientos en el sector del centro poblado de Chamiseria es causado por la presencia de suelos erosivos y de carácter tectónico Degradacional con apariencia de flujo de detritos en las márgenes derechas a los taludes de la plataforma según el informe técnico elaborado por Ingemmet (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico). Es por esta razón que con los resultados obtenidos se buscaran brindar estabilidad con la mejor solución geotécnica entre el sistema Erdox, muro en Voladizo y muro en Jardinería .

Para poder comprender el desarrollo de la investigación, realizada en esta tesis se consideró adecuado distribuir en capítulos de la siguiente forma: En el Primer Capítulo se plantea un esquema sobre la problemática existente en el terreno y la instalación del sistema correcto elegido en el centro poblado de Chamiseria . El Segundo Capítulo se desarrolla el Marco Teórico donde se enfatiza las definiciones sobre muros de Contención, tipos de sistema de estabilidad de talud, estudio básico del sistema muro en voladizo, sistema Erdox, Muros de Jardinería y diversos planteamientos de sistema ErdoX como soporte al desarrollo del estudio de investigación. El Tercer Capítulo desarrolla la metodología a usarse, así como el tipo y nivel de investigación a elaborar en la presente tesis. El Cuarto Capítulo explica el desarrollo de la investigación y los estudios realizados para la implementación y aplicación de un Sistema Erdox para la Protección del Muro de Contención en Estudio. El Quinto Capítulo presenta los resultados y la posterior discusión de los resultados conseguidos para luego terminar con las conclusiones que se obtienen de los aspectos fundamentales planteados para finalmente proponer las recomendaciones .

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción problemática

La inestabilidad de talud se produce a raíz de los agentes naturales tales como las presiones hidrostáticas, el Intemperismo y la erosión. Por esta razón es que observamos muchas inestabilidades de taludes en diferentes partes del mundo, con diferentes tipos de deslizamientos de tierras siendo los problemas más comunes el desprendimiento de materiales sueltos al aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo o una redistribución desfavorables de esfuerzos son causas que contribuyen de una u otra manera a que el talud busque su posición más estable, siendo ello los errores más frecuentes en vías de conexión entre diferentes urbanizaciones locales y nacionales

A nivel mundial podemos observar un desastre de deslizamiento de tierras; en la Carretera Panamericana en El Salvador en América Central, cerca del pueblo de San Vicente, en el 2001, Las fallas de corte y relleno a lo largo de las carreteras y vías férreas, así como el colapso de las carreteras debido a la debilidad de los suelos subyacentes que están propensos a deslizamientos y con relleno son problemas comunes. En esta zona podemos observar un deslizamiento de tierra que bloqueó una carretera principal .



Figura 1. “Un deslizamiento de tierras en la Carretera Panamericana en El Salvador, América Central, cerca del pueblo de San Vicente, en 2001. (Fuente: Ed Harp, Servicio Geológico de los Estados Unidos)”

“A nivel Latinoamérica podemos describir el sistema morfológico de Colombia, ya que las pendientes están adaptadas a la alta disponibilidad de agua, debido a abundantes montos de precipitaciones, eventos excepcionales de precipitaciones que pueden perturbar el equilibrio del sistema y desencadenar remociones en masa; un ejemplo de ello, es el evento de 1999 en San Cayetano, el cual muestra cómo la interacción de condiciones geológicas y un evento desencadenante de precipitaciones extremas permitieron la movilización de los suelos arcillosos de la zona, siendo un problema de inestabilidad de talud muy importante de Colombia”.



Figura 2. “Deslizamientos de tierra-flujo de detritos en rocas meteorizadas en la parte alta del Valle del Cauca, en el Valle de Magdalena, cerca de Girardot. (Fuente: Mergili, 2011)”.

“A nivel nacional En la carretera interoceánica sur se presenció un problema de inestabilidad de talud, a la altura del Kilómetro 240, Distrito de Ollachea, Provincia Carabaya, Departamento de Puno. El deslizamiento de los escombros en esta zona

de evaluación se presenciaron rocas metamórficas compuestas por intercalación de cuarcitas, metareniscas, lutitas, pizarras en estratos delgados a gruesos, rocas pertenecientes a la Formación Sandia. Observándose sobre estos, bloques de roca de hasta 2 m de diámetro y así evidenciando el problema de deslizamiento de material más importante de nuestro país”.



Figura 3. “Trabajos de mantenimiento de Emergencia Cerro Michi Michi Km. 240+245 – corredor Vial Interoceánica Sur y Villa de Residentes Chuani.”

“Actualmente en el centro poblado de Chamiseria anexo de Acopalca Km 11+590 al Km 11+860, encontramos una importante falla geológica de inestabilidad de talud, siendo un problema común de nunca acabar y no poder dar soluciones, por ello pongo toda mi atención hacia este lugar de estudio que es una vía muy transitada e importante. Las otras inestabilidades de talud se pudieron controlar con métodos de estabilidad de taludes más comunes como son los muros de concreto y muros de jardinería que en particular son muy costosos y generan mucho tiempo de construcción por ello que en nuestra área de estudio se optara en la utilización de este nuevo sistema ErdoX, ya que se presencian deslizamientos de tierras, generando malestar en las vías de conexión de esta zona, así incidiendo directamente en el medio economía y medio ambiente de los pobladores, produciendo demoras en el traslado de personas y mercancías siendo el principal medio de conexión con la ciudad de Huancayo”.



Figura 4. Lugar de intervención km 11+590 al 11+860, carretera central Huancayo – Acopalca, elaboración propia.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Delimitación espacial

La presente investigación se desarrollará en la región Junín, provincia de Huancayo, Distrito de Huancayo, Anexo Acopalca y centro poblado de Chamiseria en la Carretera Huancayo – Acopalca – Tramo Km 11+780 al 11+840 Chamiseria el cual permitirá tener información suficiente para desarrollar el presente estudio.

1.2.2. Delimitación temporal

En el presente estudio se desarrollará en los meses de Enero – Junio del 2021.

1.2.3. Delimitación económica

Los gastos que se incurra para el desarrollo de la investigación serán cubiertas en su totalidad por el Bachiller.

1.3. Formulación del problema:

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la aplicación del Sistema ErdoX en la estabilidad de talud en el km 11+780 al 11+840, carretera central Acopalca – Huancayo – Junín 2021?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la resistencia al empuje activo del sistema ErdoX para la estabilidad de talud?
- b) ¿Cuáles son las técnicas de instalación del sistema ErdoX para la estabilidad de talud?
- c) ¿Cuál es el costo de instalación del sistema ErdoX para la estabilidad de talud?
- d) ¿Cuál es la vida útil del sistema ErdoX para la estabilidad de talud?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación social

La presente investigación tiene la finalidad de resolver y mejorar la calidad de los servicios de transporte existentes en el centro poblado de Chamiseria la cual aportara de manera significativa a la sociedad rural del país, mejorando la calidad en el transporte vial para centros poblados rurales. Constituirá un aporte para los mismos pobladores ya que se buscará que las vías sean seguras y de fácil transitabilidad que sea a la vez económica ya que los pobladores son de bajos recursos.

1.4.2. Justificación metodológica

El presente estudio servirá como guía o referencia para futuras investigaciones en el área de geotecnia, ya que es de carácter aplicativo basado en su sección suelos y pavimentos, forma parte de los manuales de carreteras establecidos por el reglamento nacional de gestión de infraestructura vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC, y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativos. La metodología empleada en la investigación servirá como referencia para otras investigaciones de temática similar.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Establecer la influencia de la aplicación del Sistema ErdoX en la estabilidad de taludes en el km 11+780 al 11+840, carretera central Acopalca – Huancayo – Junín 2021.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Calcular la resistencia del momento actuante del sistema ErdoX para la estabilidad de talud.
- b) Establecer las técnicas de instalación del sistema ErdoX para la estabilidad de talud.
- c) Deducir los costos de instalación del sistema ErdoX para la estabilidad de talud.
- d) Determinar la vida útil del sistema ErdoX para la estabilidad del talud.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO; ANTECEDENTES Y MARCO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes

- **A nivel Internacional**

a) Ugalde (2015) realizó la investigación: “*Alternativas para la estabilidad de taludes en el cantón de león cortés*”. “Proyecto final de graduación para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción”. “Su investigación sustenta que teniendo en cuenta el tema de suelos sabemos que es poco abarcado en obras de ingeniería, por lo general cuando se diseña y ejecuta un proyecto, se enfatiza en el objetivo a diseñar ignorando el lugar donde se colocará, el área donde será construido; cuando esto sucede las posibilidades de que la estructura falle o se vea afectada son muy elevadas. Y la solución del problema resulta en algunos casos una verdadera pesadilla”.

“El diseño consiste en crear un proyecto manteniendo un equilibrio, y cuando este no se prevé o se satisface, la naturaleza busca sus medios para realizarlo, es por esto que se debe tener en cuenta la interacción de la estructura con el medio; en el caso del suelo se busca diseñar cimentaciones de tal forma distribuyan los esfuerzos de manera que afecte lo menos posible el estado inicial de las partículas de suelo, de igual forma al diseñar muros de contención u otras estructuras o

modos de mantener la estabilidad del terreno. Sus conclusiones fueron las siguientes”:

- “El diseño de muro de retención en mampostería para la plaza de San Antonio posee una altura de 2,75m en bloque de 20x20x40cm y una base de 1,55m; siendo 2,75m la altura máxima del muro, para el caso del diseño de muro se concluye que el momento último es quien rige el diseño”.

b) Alfaya (2012) “*Colonización de taludes artificiales por medio de la vegetación natural*” “Universidad Complutense de Madrid, con la finalidad de optar el grado de doctor en Ciencias Biológicas. En su investigación sustenta que, partiendo de la observación a medio y largo plazo de las comunidades vegetales que se desarrollan en este hábitat, con el fin de inferir las pautas del proceso de sucesión ecológica que pudiera tener lugar en ellos, y extraer conclusiones prácticas para el desarrollo de técnicas y métodos de restauración más eficientes, basados en criterios ecológicos en lugar de agronómicos”.

"El trabajo de se centra en el estudio de flora y vegetación que se desarrolla con éxito en los taludes artificiales de carreteras, en el ámbito de la provincia de Madrid, así como en el análisis de los procesos de sucesión ecológica que tiene lugar. Para ello, nos hemos servido de exhaustiva campaña de inventario de vegetación diseñada bajo una doble aproximación dinámica y estática, que nos han permitido abordar la evolución de estas comunidades vegetales a medio y largo plazo (hasta cerca de 20 años). Estas observaciones se han complementado con el análisis de muestra de suelos con el objeto de analizar la evolución del sustrato como condicionante de la implantación vegetal”.

- “Las comunidades vegetales que se desarrollan en los taludes de carreteras ofrecen una elevada diversidad biológica, superior a la de la mayor parte de los sistemas estudiados hasta la fecha en la Península Ibérica. Su composición florística se encuentra fuertemente influida por la localidad (emplazamiento del talud), así como por el sector biogeográfico en el que se encuentran”.
- “Las especies que espontáneamente colonizan los taludes de carreteras tienen una serie de atributos de carácter morfo-funcionales comunes (“síndrome” o rasgos ecológicos). El perfil de la especie que se desarrolla

con éxito en estos habitantes obedece a un patrón que podría asimilarse a los taxones típicos de pastizales mediterráneos: terófitos anuales de crecimiento vertical y tamaño medio (entre 50 y 100 cm), sin una preferencia edáfica definida, productora de gran cantidad de semillas de tamaño medio, que se dispersan por medios anemócoras”.

- “La comunidad vegetal de taludes de carretera sufre un proceso de sucesión ecológica que atraviesa al menos 3 estadios claramente diferenciados: en la primera fase (hasta 4-5 años de edad), que denominamos de “estructuración”, tiene lugar un incremento progresivo del número de especies facilitados por la baja cobertura y la ausencia de competencia por los recursos, hasta alcanzar una relativa estabilidad en la composición florística. En una segunda etapa (entre 6-8 años), se produce una “crisis” marcada por una reducción acentuada de los niveles de cobertura vegetal, riqueza específica y diversa (H)”. “Finalmente, y hasta al menos los primeros 14-16 años, se desarrollan un nuevo proceso de estructuración (“reestructuración”) marcado nuevamente por incrementos progresivos y estables de todas las variables. Este trabajo describe por primera vez la existencia de esta “crisis”, con un marcado significado sucesional, si bien no disponemos de evidencias suficientes para desentrañar el mecanismo desencadenante de este proceso”.

- **A nivel nacional:**

a) Urteaga (2017) realizó la investigación: “*Estabilización de talud con sistema ErdoX en taludes de carreteras*” “Pontificia Universidad Católica Del Perú, con la finalidad de optar título de Ingeniero Civil. Su investigación sustenta que, sabiendo que nuestro país presenta frecuentemente problemas de inestabilidad de taludes, con la finalidad de mitigar esta situación se toma como consideración el uso del sistema ErdoX es un sistema nuevo en el Perú para la contención de taludes, por sus características, presenta similitud con el sistema Terramesh (uno de los más usados en el país, para la contención de taludes”).

“Se presenta este nuevo sistema constructivo, sus características y procedimiento constructivos, así mismo los costos y rendimientos; los cuales son comparados con los sistemas de contención de taludes más usados en el país para poder apreciar los

beneficios y ventajas que se pueden obtener con el sistema ErdoX, principalmente en los dos últimos, ya que estos son factores importantes a considerar al momento de elegir el sistema constructivo más adecuado para un determinado proyecto”.

- “Al ser este un sistema nuevo en el país, es muy poco conocido, por lo que se debería difundir más su uso, debido a los beneficios mencionados, en especial por que no solo favorece a la empresa constructora en costos y rendimiento, sino que también tiene impactos positivos para el medio ambiente y los pobladores de las zonas afectadas”.
- “Los costos por m² de cada tipo de elemento ErdoX no varían significativamente, porque al analizar una inestabilidad de talud, es mejor optar por los modelos reforzados, para así poder colocar la menor cantidad de elementos posibles para asegurar la estabilidad del talud”.
- “El sistema, por lo general, no presenta complicaciones, al contactar con la empresa Odebrecht en el proyecto de la carretera IIRSA Sur, en los aproximadamente 15 casos de inestabilidad solucionadas con este sistema, no se presentó ninguna complicación”.

b) BETONFORM® (2010-2014) se elaboraron informes técnicos: “*Funcionamiento del sistema de muro de contención pre- armado ErdoX*”. “BETONFORM L.A. SAC, con la finalidad de dar a entender el correcto funcionamiento del sistema, La estructura ErdoX® fue creada por la necesidad de solucionar de manera rápida y eficaz todas las problemáticas creadas por fenómenos de derrumbes y erosión del suelo que son una constante inevitable en las regiones montañosas”. “En la mayoría de los casos dichos fenómenos se presentan en zonas intransitables, difícilmente accesibles y por ello comprometen por largos periodos y de manera significativa la viabilidad de carreteras y líneas ferroviarias; a veces bloqueando todas las vías de comunicación, creando innumerables dificultades a la población residente en dichos territorios”.

“Para intervenir de manera convencional y resolver los problemas antes mencionados, por ejemplo, realizando muros en concreto armado, muros en piedra o modificando el perfil del terreno existente para realizar taludes de menor inclinación, se deben calcular largos tiempos de trabajo y grandes inversiones y en muchos casos resulta casi imposible resolver de manera definitiva la situación por

la cual se ha intervenido”. “A fin de tener una solución para estas problemáticas los técnicos de Betonform® han proyectado, desarrollado y realizado una estructura innovadora, el elemento **ErdoX®**, resultado de una constante investigación para el mejoramiento y progreso tecnológico de sus productos”.

c) Gutiérrez (2019) realizó la investigación: “*Sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones para mejorar el comportamiento estructural y económico del Km.14 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019*”. “Universidad Cesar Vallejo, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil menciona que La estructura ErdoX® ha sido desarrollada cumpliendo con todos los estándares de la normativa europea”. “Cada componente de la estructura cuenta con sus certificados de calidad y pruebas de resistencia”.

“Se escogió para realizar la comparación estos dos sistemas porque el tipo gavión es más utilizado en dichas zonas por su flexibilidad, y el Erdox porque es un sistema nuevo que tiene muchos beneficios tanto en comportamiento estructural como económico ya ha sido utilizado en la carretera Interoceánica, Cusco y en la Molina- Lima obteniendo excelentes resultados”.

“Existen muchas soluciones para estabilidad de taludes entre las cuales están, muro de contención, suelos clavados, geotextiles-, gaviones, sistema Erdox, etc. Para hacer la comparación entre dos sistemas de estabilidad de taludes se escogió el Gavión y el Erdox”.

“El gavión es un sistema muy flexible y de fácil armado por lo cual en el Perú es muy utilizado en cambio el Erdox es un sistema novedoso con un mejor comportamiento estructural y menor costo que las otras soluciones geotécnicas. Por lo cual su aplicación ya ha sido utilizada en la carretera Interoceánica, la Molina y Cusco con excelente resultado”.

- “Se determinó que en el margen derecho tanto el Sistema Gavión y el Sistema Erdox mejoran el comportamiento estructural en el Km.14 Puente Capelo-Chanchamayo”. “Sin embargo, el Erdox presenta mejor comportamiento a nivel estructural ya que se incrementa en 49.75% de factor de seguridad global y locales en vuelco y deslizamiento, también de una reducción de 32.84% en capacidad Portante con respecto a un Sistema

Gavión según la Tabla N° 17 y la Figura 77. Además, en el comportamiento económico empleando el Sistema Erdox se economiza 8.63% que utilizando el Sistema Gavión según la Tabla N° 18 y la Figura 78”.

- “Se determinó que en el margen derecho el Sistema Erdox presenta mejor estabilidad global en el Km.14 Puente Capelo- Chanchamayo con un 44.77% mayor al Sistema Gavión. Esto se debe a que el Erdox tiene un comportamiento piramidal que redistribuye las cargas actuantes y las superficies de falla que se generan no toca al sistema a diferencia del Gavión que a nivel global la superficie de falla generada inicia en la cresta y termina en el pie del talud tomando al Gavión como superficie deslizada”.
- “Se determinó que en el margen derecho el Sistema Erdox presenta mayor seguridad a estabilidad local ya que en vuelco y deslizamiento tiene 4.98% de incremento según la Tabla N° 17 y en capacidad portante 32.84% con respecto al Sistema Gavión según la Figura 77. Esto se debe a que el Erdox funciona como un monoanclaje de poco peso que no sobrecarga al terreno y distribuye las cargas en el tirante rígido y los cables contravientos”.
- “Se determinó que en el margen derecho empleando el Sistema Erdox se mejora los costos de ejecución ya que según los resultados se economiza 8.63 % según la Tabla N° 18 y la Figura 78 que equivale a S/ 5533.51 estabilizando 180 m de talud con respecto a un Sistema Gavión. Esto se debe a que el relleno utilizado para el Sistema Erdox no es necesario que sea de cantera sino material propio excavado, ya que su comportamiento es inmediato y recibe cargas sin alterar las condiciones globales y locale”s.

d) Copello (2015) realizó la investigación: “*Propuestas de remediación del talud de la Costa Verde, (Tramo Barranca) mediante la técnica de hidrosiembra*”. “Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil”. “Su investigación sustenta que en la costa verde se caracteriza por el acantilado natural que se ha formado a lo largo de los años frente a la costa limeña, donde se ha presentado diversos accidentes con pérdidas de la vida por los desprendimientos de piedras”.

“Para realizar el estudio, primero se desarrollará un análisis luego de evaluar las condiciones de estabilidad se propondrá un diseño geotécnico, así como el presupuesto de la solución adoptada, teniendo en cuenta las condiciones críticas de un efecto sísmico”. “El tramo representativo en estudio será de 500 metros de longitud del talud de la Costa Verde, ubicado en el distrito de barranca, lo cual inicia en el lado norte del talud, aproximadamente entre” “Armendáriz” y el “Complejo Sport Point”.

“Se plantea que en tramo en estudio fallaría en condiciones sísmicas importantes, poniendo en grave peligro vidas humanas y propiedades privadas en proyectos para un futuro no muy lejano, por lo que es necesario proponer soluciones para evitar la meteorización, mejorar la estabilidad, y recuperación del paisaje del talud de la Costa Verde en las zonas en estudio”.

“La propuesta de remediar el talud correspondiente al tramo de la Costa Verde comprendido en el distrito de Barranca mediante la técnica de la hidrosiembra con una posterior estabilidad del mismo mediante trabajos de excavación, movimiento de tierras (reducción de la pendiente y consecuentemente el aumento del Factor de Seguridad), y posteriormente la aplicación de la hidrosiembra para evitar la meteorización de los suelos, asimismo, la aplicación de esta técnica permitirá la germinación de las semillas sembradas en el talud llegando a las siguientes conclusiones”.

“Para lograr estar dentro de Los Factores de Seguridad recomendados en la norma peruana E.050 es necesario reducir la pendiente de todo el tramo del talud en estudio mediante la aplicación de movimientos masivos de tierra, comúnmente conocida como corte”.

- “En el análisis de estabilidad se tomó en cuenta la necesidad de incluir banquetas en la sección de talud debido que durante la etapa constructiva del proyecto será necesario superficies horizontales que permitan el movimiento de tierras, las banquetas también ayudaran al futuro mantenimiento del talud”. “El ancho de la banqueta fue considerado en 5.00 m para permitir el paso de personal e incluso maquinarias livianas durante la etapa constructiva y/o de mantenimiento”.

- “La propuesta adoptada en la presente tesis para la remediación es cubrir con plantaciones mediante la técnica de la hidrosiembra a los cortes de talud propuestos”. “No será necesario invertir en técnicas de sostenimiento más complejas porque ya se redujo la pendiente”.
- “El desarrollo de la técnica de la hidrosiembra deberá ser aplicada para todos los proyectos que involucren movimientos de tierras o alteración de suelos naturales por los diferentes proyectos de inversión”.

2.2. Bases teóricas y científicas

2.2.1. Geotecnia

Jara (2008, p.39) menciona que la geotecnia es “considerada como una de las ramas de la ingeniería civil más indispensables, importante para hacer frente a las edificaciones y construcción que son cimentadas sobre un terreno, sobre el cual se elabora un estudio para determinar su comportamiento, composición e interacción del suelo”.

Sanz (1975) afirma. “la diferencia entre geología y geotecnia, hace énfasis en que la geotecnia apoya al constructor mediante la determinación de las características mecánicas y naturaleza del terreno, lo cual la geología no hace más que diferencia entre suelos y rocas” (p. 2).

2.2.1.1. Estabilidad

“Se define por estabilidad de un talud a la resistencia de una masa de suelo contra alguna falla o movimiento. Es necesario definir criterios de estabilidad para poder definir un factor de seguridad” (Muñoz, 2017, p.23).

“La estabilidad está en relación a fuerzas estabilizantes y desestabilizantes que están presentes en el talud para ello con el rango de seguridad obtenido se busca conocer fallas en condiciones de inestabilidad para lo cual se realiza el diseño” (Muñoz, 2017, p.23).

2.2.1.2. Análisis de estabilidad

“El análisis para un talud está en relación a los factores de seguridad que corresponde a propias características de dicho talud”. Para Gutiérrez (2019, p. 8) nos indica que:

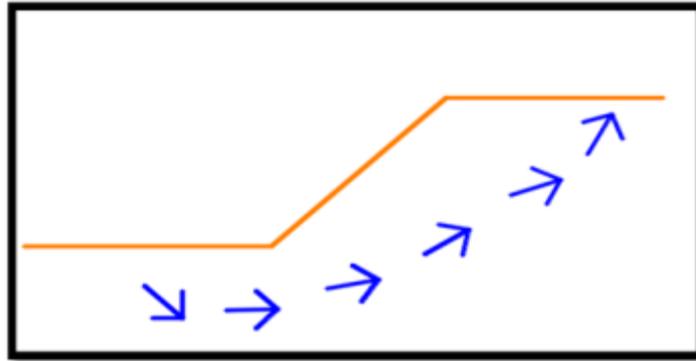


Figura 5. Esquema estabilidad de talud. Tomada de “análisis de estabilidad”, por Gutiérrez. 2019, p. 8.

$$F = \frac{\text{Fuerza estabilizadora}}{\text{Fuerza desestabilizadora}}$$

En dónde:

- “Fuerzas Estabilizadoras: Resistencia al corte del terreno”
- “Fuerzas desestabilizadoras: Peso deslizante (sobrecargas, presión de agua”)
- “El factor de seguridad global o única engloba la imprecisión de resistencia, el error humano y el modelamiento que se realiza en el cálculo”.

(Valiente, Sobrecases, Díaz, 2015, p. 4) definen al factor de seguridad como “el factor por el cual debe reducirse la resistencia cortante del suelo para llevar la masa a un equilibrio límite a lo largo de toda la superficie”.

“Para realizar el análisis de un talud ya sea para un macizo rocoso es necesario utilizar otras parámetros, criterios y estudios que se han realizado. Por ello, Roberto et al. (2006)” “las clasificaciones geomecánicas constituyen una herramienta de gran utilidad para la caracterización de macizos rocosos” (p. 10).

“En cuanto a su análisis de un talud se tiene que considerar determinando los potenciales de falla determinando el más representativo”. “Para Camacho (2016, p.4) “la zona de análisis de los modelos de taludes representa los lugares de mayor concentración de esfuerzos y líneas de flujo”.

“Para Sanhueza y Rodríguez” (2013, p.4) “Los análisis de estabilidad en el caso de las laderas naturales tienen por objetivo estimar su nivel de seguridad

c) Formas de falla de taludes

“Las diferentes fallas que existen en los taludes y sus métodos correspondientes están en relación a la superficie de falla, la forma por lo cual Gutiérrez (2019, pp. 14-16), afirma que por lo general son cóncavas y ocurren bajo 3 condiciones los cuales son”:

❖ **Falla base**

“Consiste en el desprendimiento de forma verticalmente de los estratos que generan presión en la parte del pie del talud esto genera que dicha superficie de falla sea cercana a dicho pie de talud”.

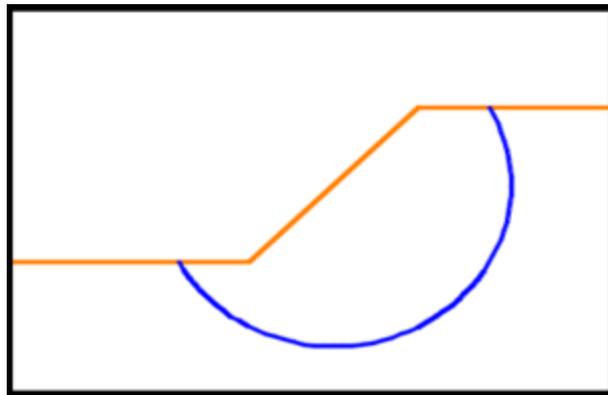


Figura 7. “Falla base en el pie de talud. Tomada de formas de fallas de talud”, por Gutiérrez. 2019, p. 14.

❖ **Falla en cara de talud**

“Consiste en los estratos y la rigidez que lo conforma es distinta”. “Esto ocurre porque existe presencia de otro estrato intermedio que es firme y limita que la superficie de falla se pueda extender dicho plano de falla intercepta al talud y ubicada por encima de la parte base”.

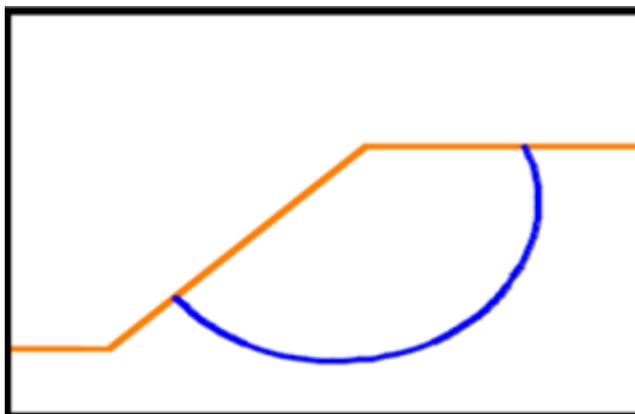


Figura 8. “Falla por encima del pie de talud. Tomada de formas de fallas de talud”, por Gutiérrez. 2019, p. 15.

“Los métodos determinísticos mencionados son muy importantes para la evaluación y determinación de la estabilidad”. “Por otro lado, también existe un estudio probabilístico del talud debido al pasar del tiempo”. “Es por ello que para Hruskovic (2011, p.54) “la probabilidad de fallo es un concepto importante en el tratamiento del riesgo y su medición tiene una historia muy larga”.

“Por otro lado, según Fernández, Villalobos y King” (2018, p.4) “la evaluación probabilística de la estabilidad de taludes ofrece la principal ventaja de considerar de manera lógica la confiabilidad y el riesgo del sistema”.

Según Cordero (2012, p.29) “dependiendo de los daños este tipo de obras geotécnicas pueden ser reparadas con relativa facilidad”.

d) Tipos de Falla en laderas y taludes

“Las diferentes tipologías de fallas que se producen en las laderas y taludes están principalmente relacionadas a los tipos de materiales que lo constituyen, mecanismo de falla, si existe la presencia de agua”.

Para Coliente (2010, p.19) los tipos de falla son:

- Falla por deslizamiento superficial
- Falla por superficies de fallas preexistentes
- Falla por deslizamiento del cuerpo del talud
 - Rotacional
 - Traslacional
- Fallas por Flujos
- Falla por erosión
- Falla por licuación

e) F.S. Global

(Suárez, 2006, p. 2) “Es la relación numérica entre la resistencia a corte disponible del material del macizo en la superficie de ruptura analizada y los esfuerzos de corte que generarán el movimiento de masa”.

“Factor de seguridad global (F.S Global) es una relación actuante a favor y otro en contra que hace al talud llegar a fallar a lo largo de toda su superficie” (Suárez, 2006, p. 2).

Los factores para la evaluación son en dos casos: estáticos ≥ 1.2 o 1.5 y dinámicos ≥ 1 .

2.2.2. Empuje de tierras sobre muro de contención

Según Jara (2008):

“La fuerza de empuje de la tierra se resulta frecuentemente mediante los cálculos simplificados, los cuales tienen una base empírica y analítica, estos métodos de cálculos se desarrollaron a inicios del siglo dieciocho sin embargo actualmente aún se siguen empleando para calcular las fuerzas que actúan sobre un muro de contención de tierras. Coulomb y Rankine tienen los métodos de más amplia aplicación (p. 31)”.

“Los empujes activos y pasivos por lo general se calculan con los procedimientos antes detallados, siendo los empujes activos los que influyen más empleados en el dimensionamiento de muros, empleados en infraestructuras viales, de contención” (Jara, 2008 p. 39).

2.2.3. La teoría de empuje de coulomb

“Ortega (1989, p. II-2) explica que: se asume un deslizamiento muy pequeño en la cara posterior del muro y la presión del suelo que actúa normal al plano de la cara”.

Para (Sackschewski, 2017, p. 30) “Es un criterio que por lo general están en relación lineal de esfuerzos normales y tangenciales producidos en el suelo”.

Acerca de este entorno, Jara (2008) explica lo siguiente:

“Coulomb en 1776 comparte su postulado para calcular las fuerzas producidas por los empujes del terreno que actuaran sobre la súper infraestructura del muro de contención”. “El método propuesto considera que el terreno alcanza la rotura en una superficie potencial de deslizamiento debido a que la fuerza de fricción fue desplazada totalmente (p. 66)”.

“Si se desea diseñar un muro de contención usando las teorías Coulomb o Rankine es necesario el tomar en cuenta las siguientes hipótesis” “Para Bowles (1996), citado por Jara (2008, p.66). Define que”:

- ✓ “El suelo tiene una misma dirección de desplazamiento y mismas características de composición además de ser cohesivo y presentar fricción”.
- ✓ “La superficie es plana y la de relleno es de la misma característica. Coulomb tiene un procedimiento que se basa en tantear varias superficies de deslizamiento para así hallar las fuerzas de empuje correspondientes”. “El valor máximo de las fuerzas de empuje de terreno corresponde al que actúa sobre la estructura de contención”.

La fórmula es la siguiente:

$$\tau = c + \sigma n * \tan \phi$$

Dónde:

C= cohesión

σn , = tensiones tangenciales y normales

Según Ayala (2017, p.28) “el criterio de rotura de Mohr- Coulomb, fue propuesto por primera vez por Coulomb en el año 1773, inicialmente pensado para el estudio de suelos, siendo un criterio lineal”.

2.2.4. Teoría de empuje de tierras de Rankine

En esta teoría podemos afirmar que; “Al incrementar un peso adicional del suelo comprendido entre el plano vertical y la inclinación de la cara del muro” (Ortega, 1989, p. II-2).

“La fórmula de Rankine que representa de una forma inmediata el valor del empuje activo que ejerce el suelo sobre un muro cuando este tiene el trasdós vertical. Cuando tenemos este caso se aplicará la teoría de Rankine, por ser fácil de realizar (Barros, 2005)”.

Según Jara (2008) considera que:

“Rankine, descifro que las tensiones, que están en el interior de un cuerpo con masa semi infinita y arenosa, cuando se relajan horizontalmente con el propósito de definir los límites que desarrollen el material al momento de la rotura”. “Para Rankine la condición de rotura hace que toda masa de suelo este en plastificación o equilibrio plástico. Las tensiones son estados considerados como estados activos,

si la masa arenosa está afectada por desplazamientos horizontales por relajación en sus partículas, mientras que el estado pasivo sufre desplazamientos horizontales cuando hay tensión en las partículas que están en la composición del terreno”. “Los desplazamientos añadidos no producen compresiones superiores ya que se ha alcanzado la condición de rotura de la masa arenosa” (p. 47).

❖ Diferencias entre deslizamiento-derrumbe

• Deslizamiento

“Consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales por desestabilización de corte, relleno o deforestación” (Suarez, 1998, p.26).

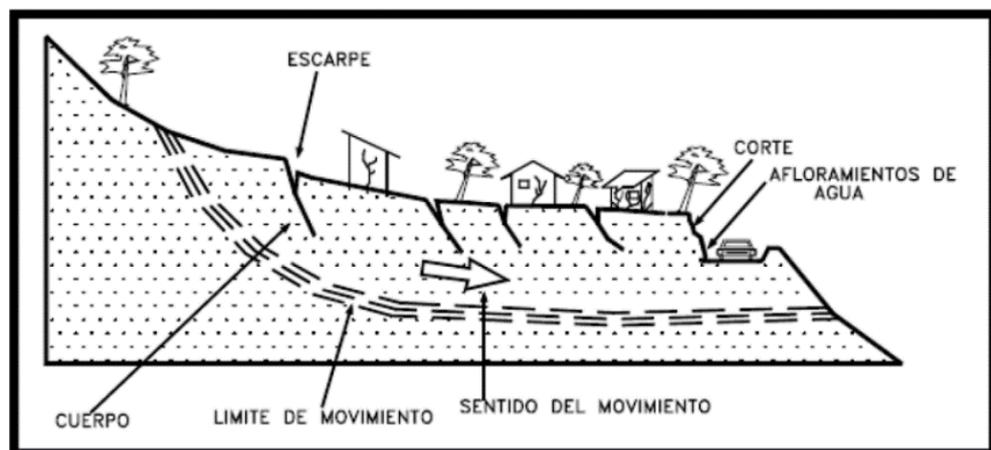


Figura 9. Deslizamiento en suelos blandos Tomada de “Diferencia entre deslizamiento y derrumbe”, por Gutiérrez. 2019, p. 18.

Los deslizamientos a diferencia de los derrumbes se caracterizan por tener una superficie de falla por lo que en los derrumbes no sucede sino una falla general y sin sentido de movimiento.

Para Salazar (2015, p.62), los “deslizamientos ocurren cuando las fuerzas resistentes son menores que las fuerzas de volcamiento o sollicitación. Se caracterizan por presentar una superficie de falla definida, las cuales pueden tener geometría circular, plana o general”

“El tipo de material de la zona genera impactos ya que su litología y sus propiedades geomecánicas permiten movimientos de masa del talud”. “Por

ello, para Vargas (2000, p.13)”, “un movimiento de masa comúnmente es descrito por el tipo de material litológico afectado o desplazado”.

- **Derrumbe**

“Para Sackschewski (2017, p.65), el derrumbe son movimientos de caída de bloques rocosos y/o suelos frecuentes en zonas escarpadas las cuales no siguen una superficie de rotura regular”.

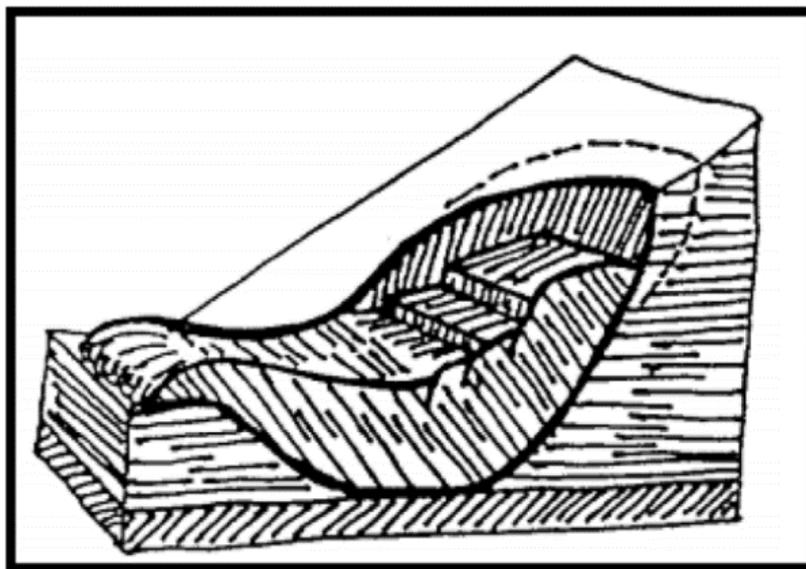


Figura 10. Falla a causa de derrumbes Tomada de “Diferencia entre deslizamiento - derrumbe”, por Gutiérrez. 2019, p. 19.

Los deslizamientos o derrumbes en un 40% se deben a las intensas precipitaciones a la que está expuesta el suelo, por lo cual causa una alteración en las propiedades y se convierte en suelo inestable.

Para Wesley (2011, p.4), los “resbalones y deslizamientos en suelos residuales generalmente se activan por periodos de lluvia prolongada o intensa y son los resultados de aumentos temporales en la presión de agua de los poros”.

2.2.5. Aspectos generales del sistema ErdoX

“Sabido que tenemos muchos problemas de inestabilidad de taludes se vienen buscando alternativas de solución, el sistema ErdoX es un sistema moderno económico y sostenible”.

“La estructura ErdoX fue creada por la necesidad de solucionar de manera rápida y eficaz todas las problemáticas relacionadas a los fenómenos de

derrumbes y erosión del suelo que son fallas muy frecuentes e inevitables en las regiones montañosas”. En todos los casos posibles dichos fenómenos se presentan en zonas intransitables, difícilmente accesibles y por ende comprometen por largos periodos y de manera significativa la viabilidad de carreteras y líneas ferroviarias; a veces bloqueando todas las vías de comunicación, creando innumerables dificultades a la población residente en dichos territorios (Betonform®, 2016)”.

“Para aportar de manera convencional y resolver los problemas anteriormente mencionados, por ejemplo, realizando muros en concreto armado, muros de hidrosiembra o realizando las modificaciones del terreno existente para realizar taludes de menor inclinación, se deben realizar los cálculos a largos tiempos de trabajo y grandes inversiones y en muchos casos resulta casi imposible resolver de manera definitiva la situación por la cual se ha intervenido. Con tal de obtener una solución para estas problemáticas los técnicos de Betonform® han proyectado, desarrollado y realizado una estructura moderna e innovadora, el elemento ErdoX®, resultado de una constante investigación a detalle para el mejoramiento y progreso tecnológico de sus productos (BetonformR, 2016)”.

“La estructura ErdoX® ha sido desarrollada cumpliendo con todos los estándares de la normativa europea. Cada componente de la estructura cuenta con sus certificados de calidad y pruebas de resistencia” (Betonform®, 2016, p.1).

“La estructura ErdoX® ha obtenido la marca CE, según la norma EN 1090 clase EXC3, que certifica el sistema ErdoX® para uso estructural en zonas de alta sismicidad” (Betonform®, 2016, p.1).

2.2.6. Tipos de sistema ErdoX

“Teniendo como referencia diversas circunstancias en la que se puede usar este sistema, se tienen 4 tipos adecuados de ErdoX para diferentes tipos de condiciones”. “Para (BETONFORM®, 2010), nos indica detalladamente a continuación”:

➤ **ErdoX Tierra:**

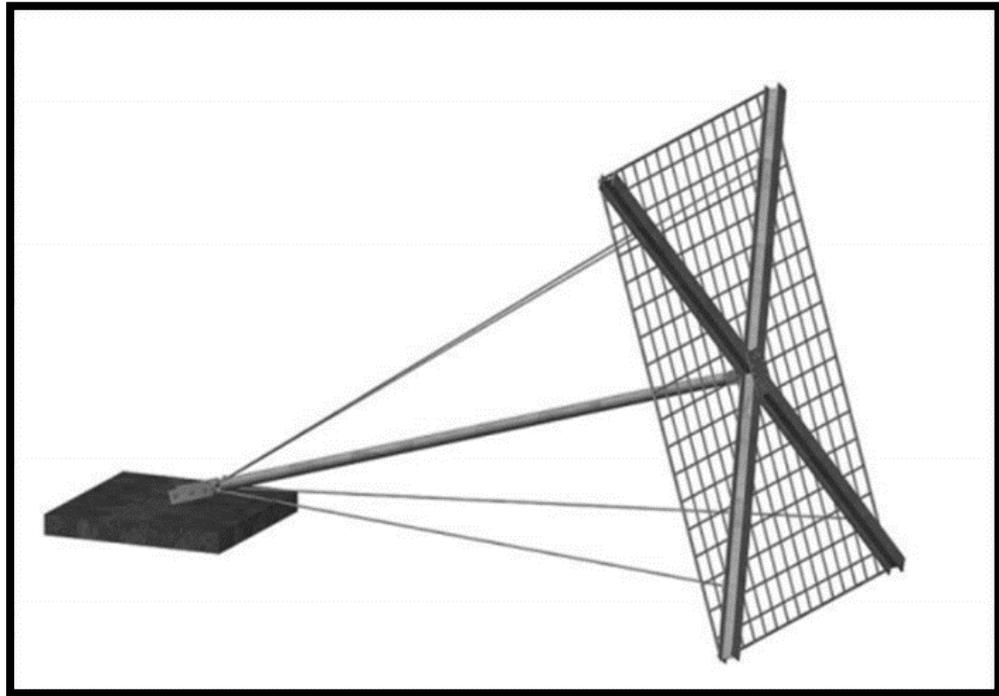


Figura N° 11 – “Esquema de la estructura del sistema ErdoX Tierra”. Tomada de “Betonform LA”, por Urteaga, 2017, p. 12.

“Al utilizar este tipo de ErdoX con respecto a sus características, de dimensiones de 3.10 m x 3.60 m, con un peso aproximado de 350 kg por cada uno de los elementos”. “Este tipo de sistema es usado específicamente para los siguientes casos: deslizamientos de material suelto, rocas, barreras de escombros, muros de contención y estabilizar laderas con posibilidad de fallas eventuales (Urteaga, 2017)”.

Según Urteaga (2017) explica lo siguiente:

“Existen 2 tipos de ErdoX tierra, las cuales son: ErdoX Tierra y ErdoX Tierra Reforzado, el primero cuenta con 4 cables de contraviento y 1 placa anclaje de concreto de 1.40 x 1.40 x 0.18 m, y el segundo, con 8 cables y 2 placas de anclaje de iguales dimensiones (pueden ser colocadas una sobre otra, o en forma de “L”) (p. 13)”.

➤ **ErdoX Junior:**

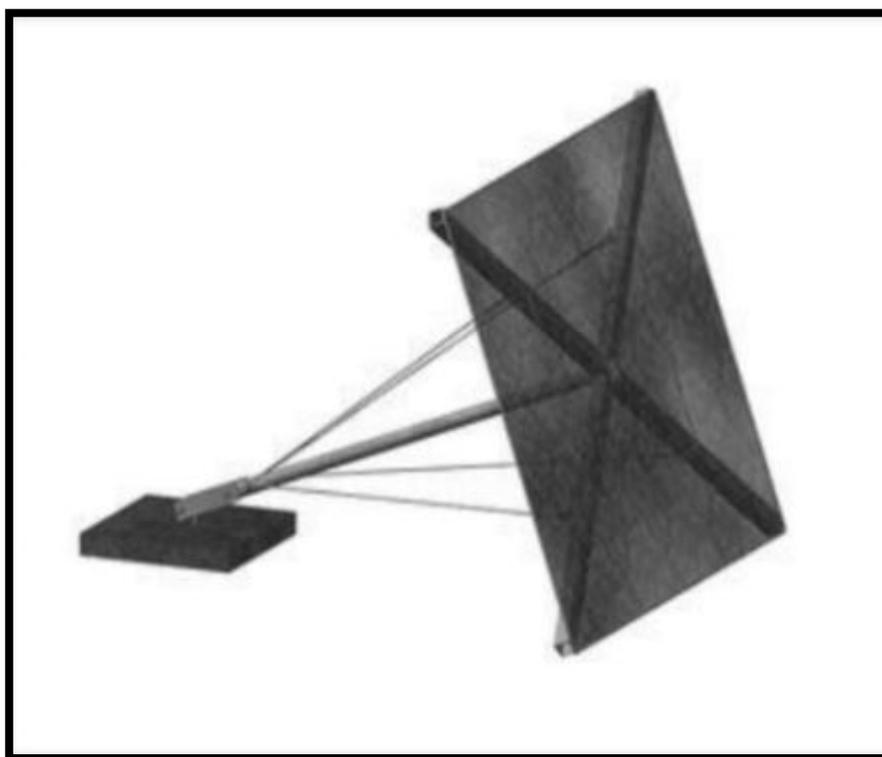


Figura N° 12 – “Esquema de la estructura del sistema ErdoX Junior”. Tomada de “Betonform LA”, por Urteaga, 2017, p. 13.

“Este tipo de sistema ErdoX posee reducidas dimensiones que el modelo ya anteriormente mencionado, 2.00 m x 2.50 m. y cuenta con un peso de 120 kg por unidad de ErdoX junior”. “Es por todo ello que es utilizado con mayor frecuencia en proyectos en los que la resistencia requerida por el sistema no es muy elevada”. “Este tipo de sistema tiene como ventajas la fácil y óptima manera de instalación y versatilidad; su tamaño y peso ligero hace que tenga mayor manejabilidad. Este ErdoX es capaz de estabilizar una superficie de 5m² en una pendiente inestable”. “Puede resistir cargas de 10 a 12 toneladas métricas aproximadamente (Urteaga, 2017)”.

“Por las características que posee este ErdoX es recomendado principalmente para los siguientes casos: construcción moderna y muy efectiva de gaviones, como terraplén de canales y lagos, además de ofrecer un control de erosión muy eficiente” (Urteaga, 2017, p. 14).

“Urteaga (2017) refiere que similar al caso del ErdoX Tierra, existen dos tipos definidos de ErdoX Junior: el normal y el reforzado, los 2 están estructurado por 4 cables contraviento, la marcada diferencia se encuentra en las dimensiones de la placa de anclaje, el primero cuenta con una placa de 0.80 m x 0.80 m x 0.10 m, mientras que el segundo es de 1.15 m x 1.25 m x 0.18 m”.

➤ **ErdoX Nieve:**

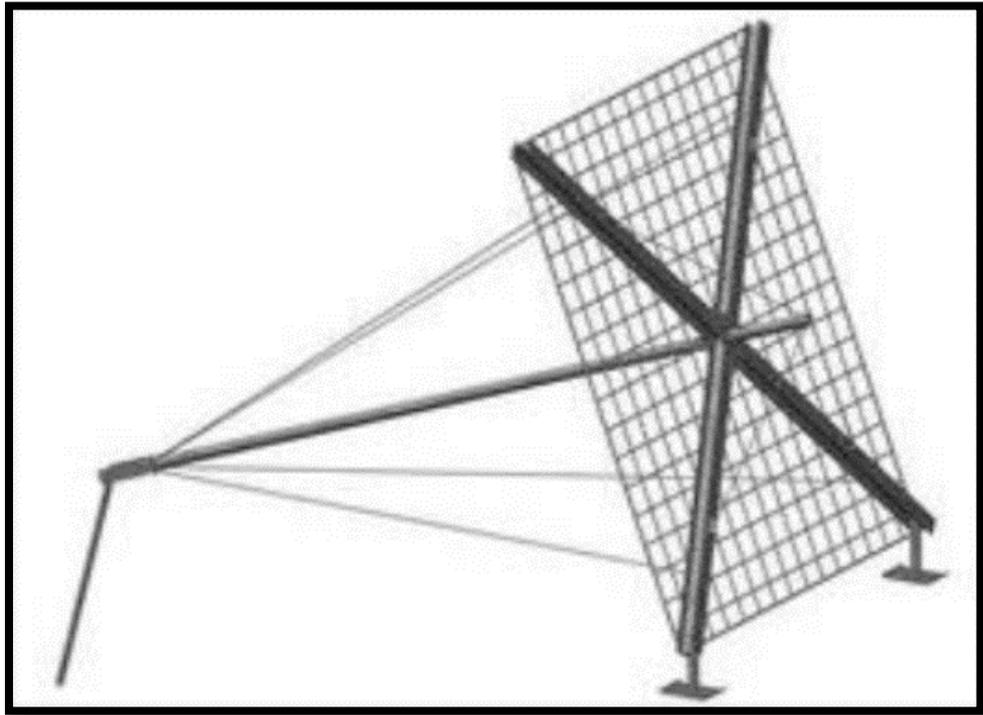


Figura N° 13 –“ Esquema de la estructura del sistema ErdoX Nieve”. Tomada de “Betonform LA”, por Urteaga, 2017, p. 15.

“Como se puede deducir, este sistema está especialmente diseñado para su uso frecuente es en zonas con fuerte cantidad de nieve y con peligro de avalancha hacia valles o zonas habitadas por personas o animales”. “Es por estos detalles que este tipo de ErdoX se ancla en la nieve para poder una alta resistencia a las cargas que se puedan presentar en los taludes con pendiente muy pronunciada, generalmente Urteaga (2017)”.

➤ **ErdoX C:**

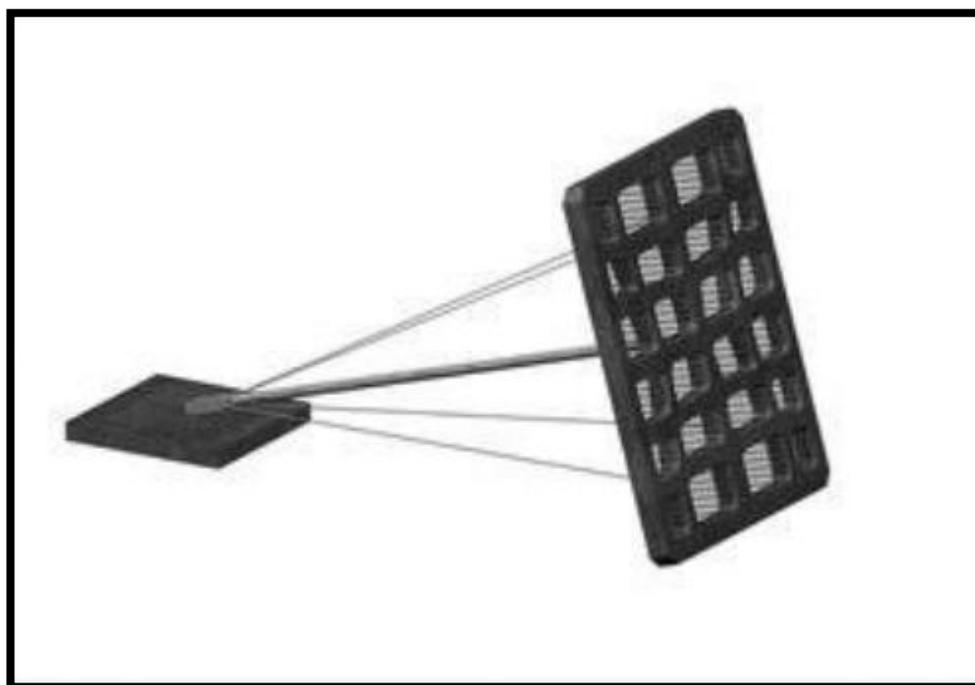


Figura N° 14 – “Esquema de la estructura del sistema ErdoX modelo C”. “Tomada de “Betonform LA”, por Urteaga, 2017, p. 16.

“Urteaga (2017) explica que Este tipo de ErdoX está netamente diseñado para ser usado con mayor presencia en la protección de costas u orillas, contención de terraplenes, lugares empinados con peligro de deslizamiento, entre otros. Su uso es una buena alternativa en ambientes con presencia de sales u otros agentes externos que puedan ocasionar daños a la estructura, como se presencian en mares, ya que para tener más tiempo de vida útil posee una armadura hecha con barras de fibra de vidrio”.

Acerca de este entorno, Urtega (2017) explica lo siguiente:

“El anclaje puede ser realizado por medio de un tirante sobre roca o también terreno suelto, unido con un cable metálico en forma de espiral con su respectivo guardacabo, y es adherido al terreno con una placa de concreto (adecuadamente dimensionada para el proyecto) que fija al sistema “(p. 16).

2.2.6.1. Descripción del sistema ErdoX

“El sistema ErdoX es un muro de contención con mono-anclaje realizado con una estructura metálica a forma piramidal, de peso reducido, pre armado y de rápida instalación. Para BetonformR (2016, p. 2), que constituye de la siguiente manera”:

“Se constituye con un paramento frontal, compuesto por 2 vigas de construcción en acero HE120B unidas tramite dos platinas de interconexión para formar una cruz de San Andrés de forma rectangular de L 310 x H 360 cm”. “En la parte central de las vigas está conectado a través de un nudo esférico el tirante rígido central que conecta el panel frontal con el sistema de anclaje de la estructura garantizado por una placa en concreto armado o un tirante realizado con perforación. En las vigas que componen el panel frontal, se conectan 4 o 8 cables de contraviento de \varnothing 16 mm, con alma en acero, que se conectan a la extremidad posterior del tirante rígido central, confiriendo al ErdoX® su característica forma piramidal”.

“El paramento anterior se completa con un panel de red estructural rectangular de 310x360” cm. “HEA Panel” realizado con doble cable de acero con alma metálica de diámetro \varnothing 8 mm. “Dichos cables, con resistencia nominal del cable de acero no inferior a 1770 N/mm² y carga de ruptura mínima 40,3 kN, están entrelazados para formar una malla romboidal con cocada nominal de 30x30 cm”.

“Los cruces de los cables en dicho panel HEA están reforzados de tal manera para oponerse a una eventual sollicitación estática o dinámica que tiende a deformar el panel; los refuerzos están constituidos por nudos de doble cable de acero de \varnothing 3 mm trenzado mecánicamente en ambos lados del panel para garantizar una resistencia a la ruptura (prueba de tracción estática al desgarro) no inferior a 23 kN”.

“BetonformR (2016) refiere que esta solución permite obtener cruces del cable principal con capacidad de amortiguación de una posible sobrecarga, haciendo el panel más elástico”. “A la misma vez, los extremos y los bordes de la malla de red que conforma el panel frontal HEA están enlazados al cable perimetral

con diámetro \varnothing 12 mm, en el alma metálica con resistencia nominal del cable no menor a 1770 N/mm² y carga de corte del cable mínima de 84,1 kN”. “Dicho panel frontal principal ha sido estudiado con especial cuidado para este tipo de estructura de contención para no interrumpir con los vínculos estructurales impuesto por el sistema”.

“Al panel frontal de la red estructural está fijado a la red metálica y esto estando a doble torsión, con forma hexagonal de 80x100 mm, con hilos \varnothing 2,7 mm, completamente galvanizada y firmemente unida al panel frontal en la estructura principal”. “Esta misma malla siendo doblada horizontalmente al pie de la estructura, con una longitud de aprox. 150 cm (BetonformR, 2016)”.

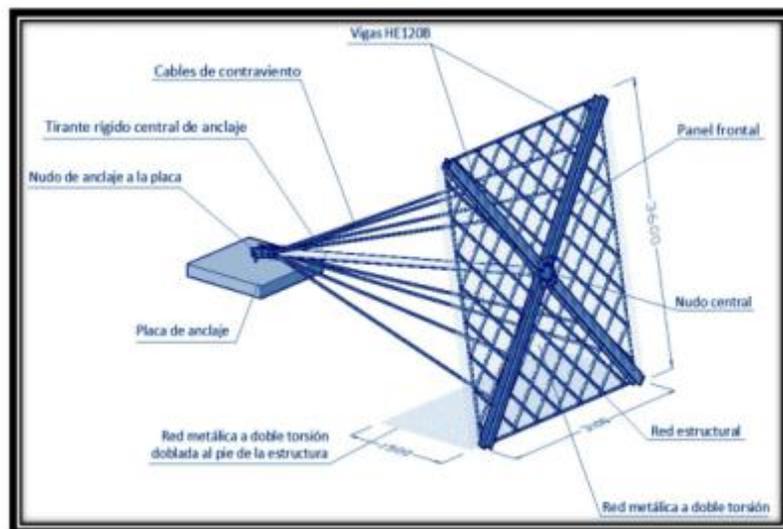


Figura N° 15 – “Elementos del Sistema ErdoX. Tomada de “Betonform LA, por Urteaga, 2017, p. 8.”

“Es de fundamental e importante la colocación de esta red metálica a doble torsión doblada al pie frontal de la estructura porque, aumenta el coeficiente de fricción al deslizamiento, teniendo la principal función de garantizar el funcionamiento de la barrera, evitando posibles fenómenos de vaciado como consecuencia de una fuerte erosión del material al pie de la estructura, sobretodo en la aplicación a lo largo del cauce del río”. “Este especial detalle, junto al mono-anclaje previsto en la barrera del sistema ErdoX®, favorece positivamente a la adaptación de la misma a eventuales desprendimientos diferenciados del terreno, no persuadiendo en la estructura acciones de carga no previstas; el paramento vertical, gracias al nudo de articulación esférica,

puede ligeramente rotar y acomodarse con respecto al punto de anclaje sin ocasionar en la estructura acciones causadas por el cambio de fuerzas y cargas internas (BetonformR, 2016)”.

“Todos los elementos estructurales del sistema de estabilidad de talud ErdoX puede ser adaptadas a placas diseñadas en concreto armado, tanto en micro-palos de cimentación o a cimentaciones especiales que se le puede enlazar, según la solución más idónea”. “En el caso apropiado sea elegido el uso de placas prefabricadas en concreto armado el dimensionamiento de las placas de anclaje se hace con especial consideración a las condiciones físicas del material de relleno. Las placas de diseño pueden ser simples o compuestas por más elementos o en caso de presiones activas muy altas del suelo se puede hasta adaptar la forma L (BetonformR, 2016)”.

“ BetonformR (2016) indica que todo el elemento se adquiere en un kit de montaje, ya pre-armado y completo de instrucciones precisas que hacen muy simple finalizar el montaje. En el suministro incluyen los grilletes, pernos y tuercas en su totalidad lo más necesario para armar la estructura con efectividad”. “Todos los componentes metálicos que conforman la estructura están galvanizados para poder garantizar una larga vida útil del sistema constructivo”.

Acerca de este entorno, BetonformR (2016) explica lo siguiente:

“La facilidad en armar la estructura, unido al peso reducido de la misma, permite efectuar el montaje de la estructura en un lugar no demasiado cercano a la obra y sucesivamente transportar y colocar la estructura en el lugar de intervención”. “Esta extrema facilidad de utilización, garantiza la máxima versatilidad y rentabilidad. En muchos años de aplicación en diversas situaciones, se ha podido observar que la puesta en obra de una estructura ErdoX® de dimensiones L 310 x H 360 cm., en condiciones normales, incluyendo el tiempo para realizar la excavación, posicionar el elemento, llenarlo y modelar el terreno, suele ser de aproximadamente 3 horas con un equipo compuesto por una excavadora y 4 obreros como asistentes (p. 3)”.



Figura N° 16 –“Elementos del Sistema Erdox. Tomada de Informe técnico sobres el funcionamiento del sistema”, por Betonform®, 2016, p. 3.

2.2.6.2. Principio de funcionamiento

“El principal método de funcionamiento del muro de contención anclado ErdoX® es muy fácil y sencillo. Para BetonformR (2016, p. 4), presenta de la siguiente manera”:

“El peso del material de relleno de las estructuras que actúa sobre la placa en concreto tiene que vencer el empuje que actúa sobre el panel frontal transmitido por el relleno mismo y por la sobrecarga eventualmente presente sobre la estructura”.

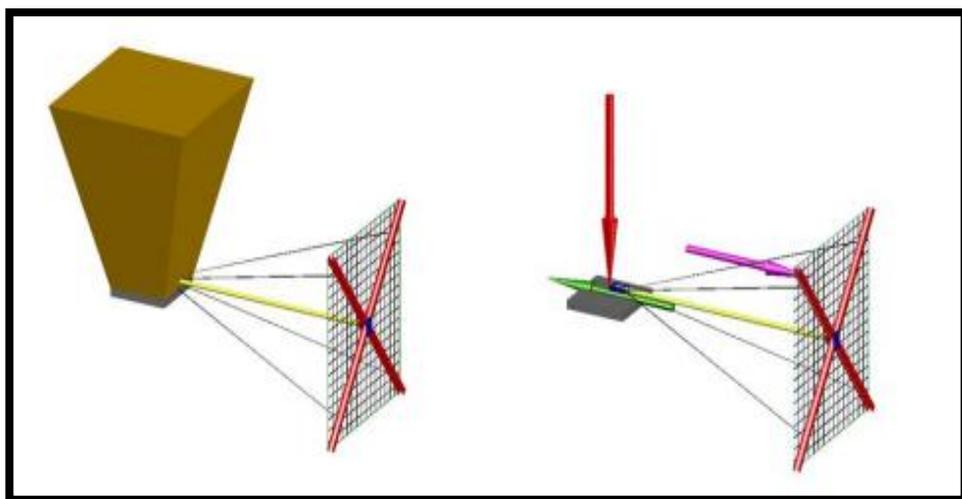


Figura N° 17 – “Elementos del Sistema ErdoX. Tomada de Informe técnico sobres el funcionamiento del sistema”, por Betonform®, 2016, p. 4.

Es importante subrayar que el empuje sobre el panel frontal es transmitido de manera piramidal a través del tirante rígido y los cables de contraviento a la placa en concreto, que representa el sistema de anclaje de la estructura. Es por ello que se subraya la importancia de apoyar la placa de anclaje sobre terreno firme.

Donde no hay la posibilidad de presenciar un terreno firme, el anclaje de la estructura puede ser ejecutado con un tirante, así mismo realizando una perforación en el terreno existente que tendrá suficiente profundidad para hacer, sí es que la resistencia a tracción nos dé una garantía a la estabilidad de todo el sistema. Debido al correcto funcionamiento del tipo piramidal de la estructura ErdoX®, pudiendo analizar geométricamente es imposible que el muro de contención pre-armado ErdoX® sufra serios problemas de volteo (BetonformR, 2016).

BetonformR (2016) refiere que el empuje activo del terreno sobre el panel frontal se calcula con la teoría que comúnmente se usa en los muros de contención, teniendo en consideración la superficie de contención infinitamente rígida a favor del factor de seguridad; se excluyen el sobre-empuje hidráulico teniendo la estructura, por su esencia, una muy eminente capacidad filtrante. No siendo perjudicado por la presión hidrostática, la estructura nos posibilita también ser usada por encima de superficies con permeabilidad limitada.

2.2.7. Diseño del sistema Erdox

- **cálculos estructurales**

Para BETONFORM® (2012), citado por Urteaga (2017, pp. 17-18), sostiene que:

Los cálculos estructurales no se encuentran dentro de los objetivos del proyecto de tesis, por lo que solo se especificarán de manera sencilla en el presente acápite.

Para calcular el empuje que es ejercido sobre el paramento anterior se utiliza la teoría clásica de muros de contención, sin considerar cargas hidráulicas (ya que como se mencionó, este sistema es permeable) y además se considera la

superficie de contención como infinitamente rígida. Gracias a no soportar las posibles cargas por presión hidrostática, este sistema puede ser usado sobre superficies que sean de permeabilidad limitada.

Debido a que el empuje se ejerce sobre las vigas diagonales que contienen al muro, y éste es permeable, la fuerza hidrostática ejercida sobre el sistema puede considerarse como nula.

La ecuación para calcular magnitud del empuje ejercido es la siguiente:

$$P = \gamma \cdot h \cdot K_a / 2 + Q \cdot K_a$$

Dónde:

- “P: empuje ejercido sobre la pared, utilizando Rankine”.
- “ γ : peso específico del material utilizado como relleno”.
- “h: altura de la estructura”.
- “ K_a : coeficiente de empuje activo (depende del ángulo interno de fricción del terreno, el ángulo del talud sobre la estructura y además algunos parámetros locales)”.
- Q: “sobrecarga estimada según el uso del muro”.

“Se puede sustituir la carga uniformemente distribuida sobre el muro por una carga puntual aplicada en la intersección de las vigas (es decir, al centro de éstas); esto es debido a que los resultados obtenidos con la modelación del modelo real y el idealizado son prácticamente iguales, lo cual es admisible para propósitos ingenieriles”.

“Para que el sistema se converja en equilibrio la resistencia del sistema de anclaje debe ser mayor que la fuerza aplicada sobre las vigas, lo cual depende directamente de la fuerza resultante de la fricción que se produce entre la placa de concreto y sobre el terreno apoyado”. “Es por ello que se debe tener el minucioso cuidado en el dimensionamiento correcto de las placas y la condición del terreno sobre el cual van a ser apoyadas (BetonformR, 2016)”.

“En los casos que por condiciones locales la calidad del terreno sea defectuoso y no se pueda respaldar la estabilidad del sistema, se pueden utilizar 2 placas

de concreto en L, lo cual permite incrementar significativamente el anclaje del sistema (en este caso es posible apreciar al sistema como una especie de gavión, en el que el empuje del terreno es soportado por el peso propio) (BetonformR, 2016)".

Información requerida para poder realizar el proyecto:

Según Urteaga (2017, p. 19), "menciona que la información necesaria requerida son2:

- ❖ "Fotografías de la zona".
- ❖ "Topografía (actualizada)".
- ❖ "Características del terreno":
 - "Descripción general".
 - "g: peso específico".
 - "f 'k: ángulo de fricción."
 - "c'k: cohesión. "
 - g: "factor de sismicidad de la zona".
- ✓ Sobrecargas.

"En casos especiales como los presentados a continuación es necesario tener información adicional":
- ✓ Fallas Profundas y Deslizamientos en Masa:
 - "Estratigrafía del terreno / refracción sísmica, desprendimientos (planos de detalle), características de los tipos de capas presentes en el terreno".
- ✓ Defensas Ribereñas y Reconstrucción de Laderas de Río:
 - "Caudales (máximo y mínimo), cota del cauce del río (normal y máximo), detalles de socavación".

▪ **Aplicaciones**

"Dadas las características del Sistema ErdoX, es posible usarlo en gran cantidad de situaciones en las que se necesite estabilizar taludes, ya sean estos casos sencillos (donde es posible usar una sola fila de ErdoX o incluso ErdoX Junior) o en otros más complicados (en los que se colocan varias filas de ErdoX por las características del terreno y el peligro que pueda existir)".

“Gracias a su mono-anclaje es muy versátil y útil para situaciones extremas. Para Urteaga (2017, pp. 20-21), las aplicaciones principales del sistema son”:

- ✓ “Muro de contención (por ejemplo, para proteger carreteras del talud que se encuentra por debajo o por encima de ésta)”.
- ✓ “Botaderos (construcción o ampliación) y Depósitos de Material Excedente (DME) en terrenos accidentado”s.
- ✓ “Lugares donde existen fuertes erosiones que pueden ocasionar problemas de inestabilidad”.
- ✓ “Defensas ribereñas.
- ✓ “Disipadores de fuerza para quebradas y ríos”.
- ✓ “Espigones pre-armados (en mares o ríos)”.
- ✓ “Protección ante caída de piedras u otros objetos”.
- ✓ “Estabilización de terrenos con peligro de desplazamiento o desplome.
- ✓ “Andenes en terrenos con pendientes pronunciadas”.

En resumen, las principales características que presenta este sistema son:

- “Flexibilidad otorgada por el mono-anclaje”.
- “Adquiere resistencia estructural instantánea, después de rellenar cada elemento con el material”.
- “Instalación fácil y rápida, comparada con los métodos más usados actualmente en el país”.
- “Sistema de drenaje bastante eficiente”.
- “Son re-vegetables en su totalidad (si las condiciones locales del proyecto lo permiten)”.
- “El peso que poseen es relativamente bajo, el ErdoX modelo Tierra (3.10 x 3.60 m) es de 350 kg, mientras que el modelo Junior (2.00 x 2.50 m) es de 120 kg”.
- “La superficie de retención es de 11 m² y 5 m² para los modelos Tierra y Junior, respectivamente”.

2.2.7.1. Vida útil y mantenimiento periódico

▪ **Control del sistema ErdoX**

Según BEFONFORM® (2016) menciona que:

“Normalmente, los varios elementos que componen la estructura necesitan intervenciones de sustitución o restablecimiento solamente después de impactos”. “Se aconseja de todo modo de efectuar controles periódicos de la situación de las estructuras y por ende de su funcionalidad. La intensidad de los controles tiene que ser determinada dependiendo de las características geológicas, morfológicas y ambientales del lugar, considerando también la posible influencia de la vegetación, de los agentes atmosféricos y del grado de agresividad del ambiente: por lo tanto, estas indicaciones no resultan indicadas en la documentación que acompaña el producto debido a que están a cargo del cliente mismo (p. 25)”.

▪ **Mantenimiento periódico**

“Le estructura ErdoX® ha sido estudiada considerando las particulares problemáticas inherentes a la durabilidad en el tiempo del sistema, contemporáneamente reduciendo al mínimo los trabajos de mantenimiento, con notables ventajas económicas y de practicidad”. “La estructura en su general (vigas, redes, cables, etc) no necesita de algún mantenimiento”. “Es importante y necesario un periódico control del área donde se han colocado las estructuras con el fin de averiguar que la situación in situ corresponda a las indicaciones de proyecto a garantía de la correcta eficiencia del trabajo”. “Para (BEFONFORM®, 2016, pp. 26-27), explica los 2 tipos de mantenimiento periódico de la siguiente manera”:

▪ **Mantenimiento periódico**

Tabla N° 01 – Mantenimiento periódico ordinario

A	Control que todos los bulones, grilletes, sujeta-cable etc. estén perfectamente cerrados.	Control único al momento de la realización del trabajo
B	“Verificación de la geometría originaria en proyecto y	1-5 años

	consiguientes repercusiones sobre el correcto funcionamiento de las estructuras”	según necesidad
C	“Verifica la ausencia de fenómenos de erosión al pie de las estructuras y en la extremidad del muro y en los taludes de proyecto, que podrían comprometer la estabilidad de la obra”.	1-5 años según necesidad
D	“Eventual manutención a los caminos de acceso a la obra con la finalidad de permitir el control visivo de las condiciones de las estructuras para averiguar eventuales mantenciones necesarias”	1-5 años según necesidad
E	“Verifica visiva del estado del revestimiento anti corrosión de los componentes (vigas, bulones, red estructural, sujeta-cable etc.) El revestimiento anti corrosión esta realizado en conformidad de las normativas vigentes, pero podría ser dañado de condiciones ambientales particulares o agentes agresivos imprevisibles presente en la atmosfera y en el suelo”.	1-5 años según necesidad

Fuente: Elementos del Sistema ErdoX. Tomada de “Informe técnico sobres el funcionamiento del sistema”, por Betonform®, 2016, p. 27.

Tabla N° 02 – Mantenimiento extraordinario–después de derrumbes, incendios, etc.

A	Control de la carpintería metálica (vigas, placas, redes, etc...) con sustitución de los elementos deformados. “Eventual restablecimiento de la geometría de proyecto mediante la recolocación de las estructuras y anclajes”.	Después de cada evento
----------	--	-------------------------------

Fuente: Elementos del Sistema ErdoX. Tomada de “Informe técnico sobres el funcionamiento del sistema”, por Betonform®, 2016, p. 27.

2.2.7.2. Procedimiento constructivo

“Para la correcta instalación del sistema ErdoX se tiene que seguir el siguiente procedimiento”:

Armado de estructura

“Para BETONFORM® (2012), citado por Urteaga (2017, pp. 22-23) anteriormente menciona que, las estructuras se pueden armar cerca al proyecto, es por ello que se tiene que acondicionar un terreno con regular área y lo más plano posible”. “El procedimiento para el armado es el que se detalla a continuación”:

- “Primero, se debe colocar el panel frontal en forma horizontal, dejándolo a una altura no menor de 20 cm del suelo (se puede llegar a la altura indicada con 2 tacos de madera”).
- “Luego, situar las vigas lo suficientemente abiertas para que los huecos de éstas coincidan con los de las placas del nudo esférico”.
- “Después, se instalan los 4 pernos con sus respectivos bulones (tornillos de tamaño relativamente grande) en los huecos correspondientes”.
- “Posteriormente, se debe verificar que la viga doblada se encuentre alineada y además, que el lado con menor dimensión tenga una longitud de 3.09 m”.
- “Verificar que los 8 bulones del nudo esférico se encuentren correctamente cerrados, para garantizar la correcta unión”.
- “Ubicar el cable perimetral de la red estructural alrededor de las 4 extremidades del panel frontal”.
- “Poner los 2 sujetos cables correctamente en su posición y cerrar los bulones adecuadamente”.
- “Al terminar, se levanta el tirante rígido y se posiciona en forma vertical, luego se fija el cabezal del tirante en el nudo esférico central, se insertan los pernos y se procede a cerrar el bulón del nudo esférico”.
- “Después, se conectan los 4 cables contraviento en forma manual con el panel frontal, con la ayuda de los grilletes”.
- “Luego, se procede a comprobar que los bulones colocados en el panel frontal se encuentren correctamente cerrados”:

- “8 bulones de la placa central”.
- “8 bulones de los 4 sujeta cables perimetrales”
- “1 bulón del nudo esférico”.
- “4 grilletes de los cables contraviento”.

▪ **Preparación del plano de apoyo de las estructuras**

“Acercas de este entorno, Urteaga (2017, p. 24) indica tener las consideraciones adecuadas en la preparación del terreno, que son lo siguiente”:

- ✓ “Se debe excavar en el terreno de manera suficiente como para poder colocar las estructuras y la placa de anclaje de concreto”.
- ✓ “Si es posible, hacer una excavación “en forma de zanja” (si las características del suelo son adecuadas) se reduciría el tiempo y los costos, debido a que el volumen de corte que se necesita hacer en el terreno sería el mínimo requerido para realizar el trabajo”.
- ✓ “Generalmente, basta con tener un nivel aproximado del terreno para colocar las estructuras y es suficiente compactar con la misma maquinaria que se utiliza para la excavación”.
- ✓ “En el caso que el trabajo se efectúe próximo a una carretera (en la que se realice la plataforma sobre las estructuras) ya no se podrá efectuar una simple compactación como en la mayoría de casos, si no que esta deberá ser de una calidad suficiente como para que se eviten los posibles problemas originados por una compactación inadecuada del suelo (por ejemplo, hundimiento del terreno”).

“En la siguiente figura se puede apreciar la excavación del terreno hasta llegar al nivel deseado”:



Figura N° 18 – Excavación de Terreno. Tomada de “Betonform LA”, por Urteaga, 2017, p. 25.

“En un lugar adecuado y limítrofe a la obra se armarán las estructuras, así realizándose cada uno de los ErdoX en un tiempo aproximado de 30-35 minutos”. “Para ello es necesario solamente: 2 personas, una caja de herramientas con juego de llaves y una máquina que pueda trasladar el sistema completo (por ejemplo, retroexcavadora). Que según Urteaga (2017) presenta en la figura siguiente”:



Figura N° 19 – “Armado de elementos ErdoX. Tomada de “Betonform LA”, por Urteaga, 2017, p. 25.

“La colocación de la estructura armada en obra. Para Urteaga (2017, p. 26), indica que se realiza mediante el siguiente procedimiento”:

- “Se eleva el panel frontal armado con la ayuda de la maquinaria, hasta que se encuentre en forma vertical y el tirante rígido horizontal, luego se traslada dicha estructura hasta el lugar donde se llevará a cabo la instalación”.
- “Para tener la placa de concreto (o las placas en caso de contar con 2 placas, en forma de L o una sobre otra) en el lugar requerido solo hay que apoyarla sobre el terreno existente (si el terreno no es de buena calidad, es recomendable colocar debajo de la placa una capa de grava para que exista una buena fricción con el terreno). La parte final del tirante rígido tiene que quedar al centro de la placa de concreto”.
- “Posteriormente, se unen mediante un perno con su bulón respectivo”.
- “Se dobla la malla de torsión del panel frontal hasta que se puedan acercar los 2 cables perimetrales correspondientes a 2 estructuras colindantes”.
- “Se colocan los 3 grilletes (arriba, al medio y al fondo) y se cierran firmemente sus bulones (lo cual también garantiza la flexibilidad entre las estructuras, lo que conlleva a que sea una estructura sismo-resistente)”.



Figura N° 20 – “Excavación de Terreno. Tomada de Betonform LA”, por Urteaga, 2017, p. 27.

“Para el relleno de las estructuras según Urteaga (2017, pp. 27-28) indica que se deben seguir las siguientes pauta”s:

- “En la mayoría de casos se puede utilizar cualquier tipo de material debido a que la estabilidad de este sistema se encuentra dada por la estructura metálica; para el ahorro de transporte y compra de material de otro lugar, se usa como material de relleno, por lo general, el material excavado del siguiente tramo”.
- “Se debe rellenar desde el lugar donde se ubica la placa de concreto hacia el muro de contención para garantizar la estabilidad de cada elemento al momento de la construcción”.
- “El tipo de relleno y dependiendo de si este será compactado o no se determinará según el resultado del estudio realizado para el proyecto y de acuerdo al uso que tenga el Sistema ErdoX instalado”.
- “Según las características del proyecto, si se considera necesario, se puede instalar detrás del panel frontal geo-sintéticos adecuados para poder contener materiales finos dentro de los elementos ErdoX”.

- “Si se tiene que compactar el terreno relleno, primero se debe verificar que tanto el tirante rígido como los cables contraviento se encuentren completamente cubiertos por el material de relleno para evitar posibles daños y el sistema de anclaje se pueda ver afectado”. “Además, se tiene que verificar que la maquinaria utilizada para este proceso sea la apropiada para el proyecto, por ejemplo, una excavadora”.
- “Uno de los casos donde se puede utilizar el material de la zona como material de relleno, es principalmente en los que la función del muro ErdoX es estabilizar taludes inestables, lo cual evita la sobrecarga que se pueda ejercer sobre el terreno al utilizar otro tipo de material”.
- “En los casos en los que se utiliza el sistema ErdoX para defensas ribereñas o espigones, el material de relleno utilizado tiene que ser capaz de detener las partículas de menor tamaño cuando éstas entren en contacto con el agua, es decir material fino (75 μm , que pasa por la malla #200); los materiales más utilizados para estos casos son piedra chancada o canto rodado de río”.
- “Cuando el muro ErdoX se encuentra bajo una carretera en la cual la plataforma se ejecutará sobre las estructuras (para estabilizar el talud), se tiene que utilizar como material de relleno piedra chancada de 4 – 7 cm. de diámetro; además, se tiene que colocar geotextil y geomalla con el fin de evitar posibles deformaciones en la carretera”. “En estos casos, se recomienda una separación de por lo menos 2 metros, como medida de seguridad, para poder realizar un talud”.



Figura N° 21 –sistema ErdoX en construcción. Tomada de “Betonform LA”, por Urteaga, 2017, p. 29.

2.2.7.3. Planificación, costos y rendimiento

“Teniendo en cuenta las dos principales ventajas de este sistema son los bajos costos y el alto rendimiento que se obtienen, comparando directamente con los sistemas usados con frecuencia en el país; podemos añadir también en el tema de la planificación del proyecto es más sencillo de realizar, sabiendo que la planificación es muy importante para poder llevar a cabo un proyecto exitoso (Urteaga, 2017)”.

A) Planificación del proyecto:

Urteaga (2017) “refiere que, en todo proyecto, la planificación bien programada es la clave para poder tener éxito en toda la etapa de la ejecución, por todo ello se tiene que tener mucho cuidado en el análisis de cada etapa de este. Como define en el libro de Productividad de Obras de Construcción, según Ghio (2001) menciona que la planificación se define como criterios para poder obtener técnicas o estrategias de producción, asimismo de las directivas para los criterios de la manera productiva y adecuada”.

“La programación de obra de un proyecto con sistema ErdoX es relativamente elemental, se tienen que proseguir principalmente los siguientes procesos: en primer momento, en el terreno donde se ubicará el muro se realiza el estudio topográfico, examinando las características de la geología local, con la finalidad de buscar el origen de la inestabilidad del talud o si fuese el caso en el

que se tenga que intervenir”. “Como siguiente proceso, después de tener la planimetría de la zona de interés, se puede iniciar a ejecutar el proyecto teniendo en consideración las condiciones locales con las que se tenga que trabajar, para poder lograr las características convenientes del sistema de anclaje (especialmente de la placa de anclaje) (Urteaga, 2017)”.

B) Costo ErdoX

“El principal ahorro en costos se debe en parte a que no es indispensable transportar material de relleno de lugares apartados a la obra (lo cual ahorra costos de suma consideración en m³ de material, entretanto por la cantidad de material como por la distancia a la que se ubica la cantera del proyecto), además, de la reducción del impacto ambiental del proyecto (ya que se previene la contaminación generada por la numerosas cantidades de maquinarias para trasladar el material desde una cantera, que no necesariamente se localiza cerca al proyecto) (BETONFORM®, 2014)”.

“Urteaga (2017) explica que hay otra alternativa en cuestión del ahorro económico existente en este sistema es la disminución considerable de horas hombre (HH) y horas máquina (HM) que se necesitan para efectuar la ejecución del proyecto, lo que reduce significativamente el costo directo del proyecto”.

“A continuación, se muestra el costo directo para la instalación del sistema de estabilización de talud ErdoX en el cual implica lo siguiente”:

- “Materiales: Estructura y placa(s)”
- “Transporte: Estructura y placa(s)”
- “Mano de Obra: Operario y peón”
- “Equipo y Herramientas: Montaje y colocación en obra con maquinaria, Relleno efectuado a máquina y Herramientas manuales”.

“Cada uno de los ellos varía según el tipo de elemento del sistema ErdoX que se utilice, debido a las variadas dimensiones y cantidad de elementos (como cables contraviento, placas frontales, etc.). Además, el costo de cada modelo de ErdoX dependerá de las restricciones locales del proyecto, como el lugar de

ubicación, tipo de talud según su zona de estudio, accesibilidad al lugar a intervenir, entre otros; lo que resulta variaciones en los precios como transporte y rendimientos de las diferentes actividades a realizar”. “Los costos que se presentan a continuación son un promedio de los hallados en distintos proyectos realizados con este sistema Erdox tierra (Urteaga, 2017)”.

C) Costo ErdoX tierra

➤ ErdoX Tierra:

Tabla N° 03 – “Costo ErdoX Tierra Normal”

ErdoX tierra (placa: 1.40x1.40x18 m)	por elemento	ml (3.1m de altura)	ml (3.60m de altura)	m2
Costo Directo (us \$)	2381.82	661.62	768.33	213.42

Fuente: “Estabilidad de talud con sistema ErdoX en taludes de carreteras”. Tomada de Urteaga, 2017, p. 33.

➤ ErdoX Tierra Reforzado

Tabla N° 04 – “Costo ErdoX Tierra Reforzado”

ErdoX tierra (placa: 1.40x1.40x18 m)	por elemento	ml (3.1m de altura)	ml (3.60m de altura)	m2
Costo Directo (us \$)	2489.70	691.58	803.13	223.09

Fuente: “Estabilidad de talud con sistema ErdoX en taludes de carreteras”. Tomada de Urteaga, 2017, p. 34.

D) Rendimiento ErdoX tierra

“Como se mencionó con anterioridad, una de los principales atributos de este sistema, es el buen rendimiento alcanzado, comparado con otros sistemas similares, para BETONFORM® (2014), citado por Urteaga (2017, pp. 34-35) menciona con especial consideraciones de los siguientes motivos”:

- “Las estructuras pueden armarse en un lugar cercano al proyecto y ser transportadas para que se puedan instalar directamente cuando el terreno esté preparado y se empiece a instalar todo el sistema”. “Lo que se

traduce en altos rendimientos por la baja cantidad de tiempos muertos existentes durante la ejecución”.

- “Al ser un sistema nuevo en el país, se tiene que capacitar a los trabajadores para realizar las actividades; sin embargo, la sencillez del procedimiento hace que éstos puedan lograr los rendimientos óptimos en muy poco tiempo”.
- “En la mayoría de casos no es necesario transportar material de una cantera al proyecto”.
- “Si es que se tiene el caso mencionado en el punto anterior, el material excavado en un elemento puede servir de relleno del anterior elemento, lo que ahorra tiempos de transporte del material. Para esto se debe examinar las condiciones locales del proyecto y analizar entre realizar una excavación masiva (si las características del talud lo permiten) y acopiar el material a un lado, o si se excava elemento por elemento”.

“Con respecto a las restricciones locales que presenta cada proyecto, y a la distinción que se realice durante la planificación se determinara si se prepara el terreno para el conjunto de elementos ErdoX (si es que las características del terreno lo permiten) o si se va desarrollar el procedimiento elemento por elemento, este segundo caso es frecuente en taludes en los que se presentan inconvenientes de acceso o en los que la excavación total del terreno pueda causar estabilidad en el talud (Proy. IIRSA Sur, 2013)”.

“En el primer proceso, se prepara previamente el terreno a intervenir, donde se utiliza un rendimiento promedio de excavación de 500 m³/día; mientras se dispone el terreno para colocar las estructuras ErdoX, éstos se van armando conjuntamente en una zona próxima al proyecto, para que cuando el terreno excavado se encuentre habilitado, se proceda disponer las estructuras en el su posición final, el rendimiento promedio de montaje de la estructuras ErdoX es de 8 elementos por día (placas, izaje, reforzamiento de tuercas, luego de haber asegurado los elementos estructurales, se procede al relleno de material a cada estructura, para los rendimientos de este procedimiento se tiene que tomar consideraciones necesarias que sea o no compactado, dependiendo de los resultados obtenidos al desarrollar los cálculos estructurales, en el tema de

relleno compactado, el rendimiento aproximado con el que se trabaja es de 120 m³/día, mientras que para el rendimiento normal se trabaja con 180 m³/día. Todos los rendimientos mencionados con anterioridad para este caso son bajo condiciones favorables (Urteaga, 2017)”.

Tabla N° 05 – Rendimientos bajo condiciones favorables

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Relleno Normal	m3/día	180
Relleno Compactado	m3/día	120
Excavación	m3/día	500
Instalación estructuras Erdox	unidad/día	8

Fuente: Estabilidad de talud con sistema ErdoX en taludes de carreteras. Tomada de “Proy. IIRSA Sur”, por Urteaga, 2017, p. 36.

“Urteaga (2017) menciona que, para el segundo proceso mencionado, bajo condiciones favorables se han logrado rendimientos de colocación de hasta 3 elementos ErdoX por día trabajado. La instalación es desarrollada con una cuadrilla que compone de un capataz, un operario y un peón. Sin embargo, estos rendimientos son referenciales según el tipo de terreno a intervenir, ya que el avance está sujeto a las condiciones locales de cada proyecto”.

“Urteaga (2017) nos referencia que en un proyecto ejecutado en la Carretera Interoceánica Sur (IIRSA Sur) por la empresa Odebrecht, efectuó la estabilización de un talud con el sistema ErdoX de 43.20 x 3.10 m, en la parte inferior de un tramo de la carretera lográndose en un plazo de 5 días, incluyendo corte y perfilado del talud. A continuación, podemos apreciar las características del proyecto y los rendimientos alcanzados”:

- “Cantidad de elementos ErdoX: 12”
- “Tipo ErdoX: Tierra Reforzado con doble placa colocada en forma de L”
- “El tipo de suelo es cohesivo (arcilloso)”.

- “El terreno permite hacer excavación tipo zanja, por lo que se reduce la cantidad de material excedente y se pueden obtener mejores rendimientos de excavación”.
- “La cuadrilla necesaria para realizar el proyecto es la siguiente”:
 - “1 excavadora (con operador)”
 - “1 capataz”
 - “3 peones”

Tabla N° 06 – Volúmenes y rendimientos obra emergencia IIRSA Sur

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Volumen de Corte	m ³ /día	1360
Volumen de Relleno	m ³ /día	1080
Rendimiento Promedio Corte	m ³ /hora	64
Rendimiento Promedio Relleno	m ³ /hora	33

Fuente: “Estabilidad de talud con sistema ErdoX en taludes de carreteras. Tomada de Proy. IIRSA Sur”, por Urteaga, 2017, p. 37.

“Como se puede estudiar, los rendimientos logrados en esta obra de emergencia son bastante elevados, esto debido a que las condiciones locales fueron bastante adecuadas”. “Se pudo alcanzar un rendimiento de corte promedio mayor a 510 m³/día y de relleno mayor a 260 m³/día. Los principales componentes para poder alcanzar los rendimientos ya indicados son de favorable accesibilidad que se tuvo hacia el talud a estabilizar y el tipo de suelo existente en el lugar, los cuales posibilitaron poder excavar y rellenar el talud de una manera bastante eficiente y dinámica (Urteaga, 2017)”.



Figura N° 22 –“Obra emergencia IIRSA Sur Terminada. Tomada de Betonform LA”, por Urteaga, 2017, p. 28.

E) Comparación con otros tipos de estabilidad de taludes

Acerca de este entorno, Urteaga (2017) explica lo siguiente:

“Los sistemas más usados en nuestro país para este tipo de soluciones a problemas de contención de taludes es el muro de concreto en voladizo, muros de jardinería y muro de gaviones, estos sistemas cumplen similares características que el sistema Erdox, el sistema Erdox posee ventajas con respecto a estos sistemas (p. 39)”.

F) Descripción de sistemas similares

“A continuación, se describirá los aspectos más importantes de los sistemas similares al ErdoX, como punto principal el sistema constructivo, costo y rendimiento” (Urteaga, 107, p. 39).

2.2.8. Muros de contención en voladizo

Según Braja M. Das (2004) considera que:

“El objetivo fundamental de un muro de contención contribuye como un elemento estructural de sujeción a los empujes laterales de la tierra que está contenida en su parte posterior del muro de contención, que en algunas ocasiones los empujes laterales son de un terreno natural y en otras un relleno artificial, estas transmiten aquellas fuerzas en forma

segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento”.

“El carácter fundamental de un muro de contención es la de servir de elemento de sujeción de un terreno, para soportar los empujes laterales de la tierra que está contenida en su parte posterior, que en algunas ocasiones es un terreno natural y en otras un relleno artificial, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento”.

Según Muñoz (2017) explica lo siguiente:

“Son estructuras de contención generalmente de concreto que no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre si mismos para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generan fuerzas de contención. La utilización de muros rígidos es una de las formas más sencillas de manejar cortes y terraplenes”. “Los muros de gravedad rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor de un talud inestable”. “El empleo de estos muros para estabilizar taludes es una práctica común en todo el mundo, sin embargo, su éxito ha sido limitado por la dificultad que hay en el análisis de cada caso en particular y por las diferencias que existen en un caso de inestabilidad y los procedimientos de análisis basados en criterios de presiones activas, Rankine o Coulomb (p.18)”.

“Los principales tipos de muros de gravedad rígidos son: Muros de concreto armado, Muros de concreto Simple y Muros de concreto ciclópeo, estos dos últimos también conocidos como muros de gravedad” (Muñoz, 2017, p.18).

- **Muro voladizo**

Rogel (2010), citado por Córdova (2016, p. 20), nos menciona que:

Los muros de contención de uso más frecuente y aunque su campo de aplicación depende de los costos de excavación, hormigón, acero, encofrado y relleno, estas a su vez constituyen la solución más económica para muros de hasta 10 a 25 pies de altura (3 a 7,5m aprox.). La pared vertical se llama vástago, la parte de la zapata que

opreme al suelo más intensamente se llama punta y la parte que tiende a levantarse se llama talón. El hormigón y su refuerzo se disponen de manera tal que parte del material en la parte posterior del muro se usa junto con el peso de éste, para producir un momento resistente necesario contra el volcamiento.

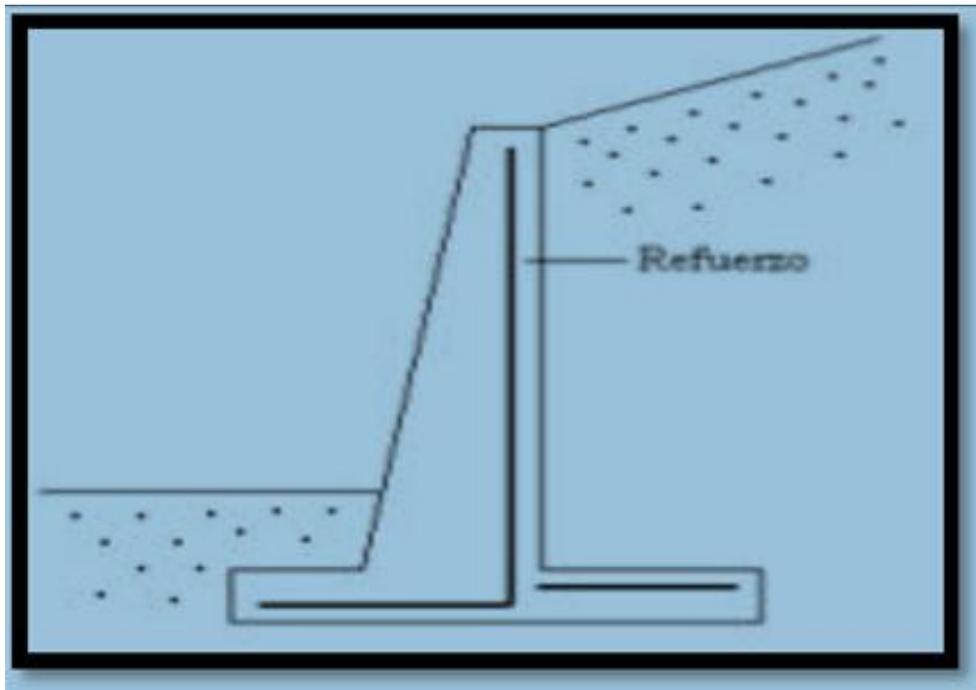


Figura N° 23 – “Muro típico en voladizo. Tomada de Rogel, 2005”, por Cordova, 2016, p. 21.

- **Dimensionamiento y verificaciones para el diseño de un muro**

“Al diseñar un muro de retención al principio se debe suponer algunas dimensiones, lo que se llama pre dimensionamiento, lo que permite revisar las secciones de pruebas por estabilidad”. “Si las revisiones por estabilidad dan resultados no deseados, estas se cambian y se vuelve a revisar. En la siguiente imaginen se podrá apreciar algunas dimensiones aproximadas para muros en voladizo”. “Para Muñoz (2017, pp. 49- 51), nos da a conocer los cálculos como se muestra a siguiente manera”:

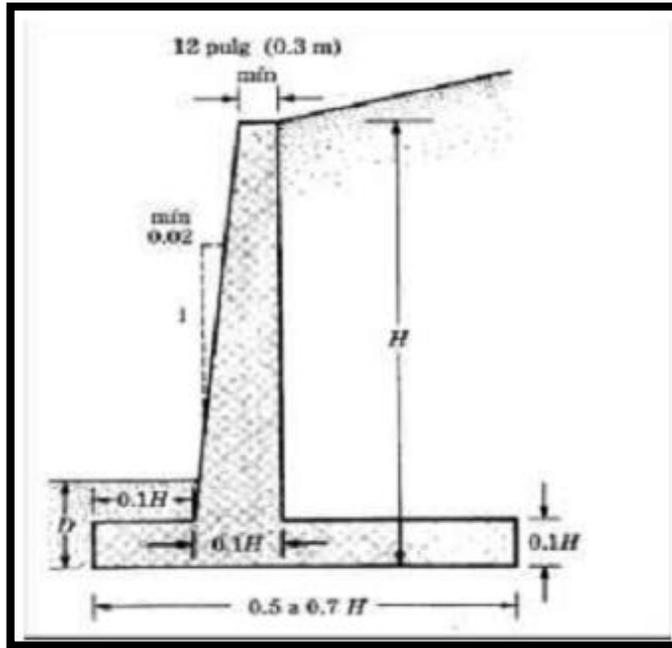


Figura N° 24 – “Dimensiones – Muro en Voladizo. Tomada de Fundamentos de ingeniería de cimentaciones”, por Braja M. Das 2012.

“Para revisar la estabilidad de un muro de retención, son necesarios los siguientes parámetros”:

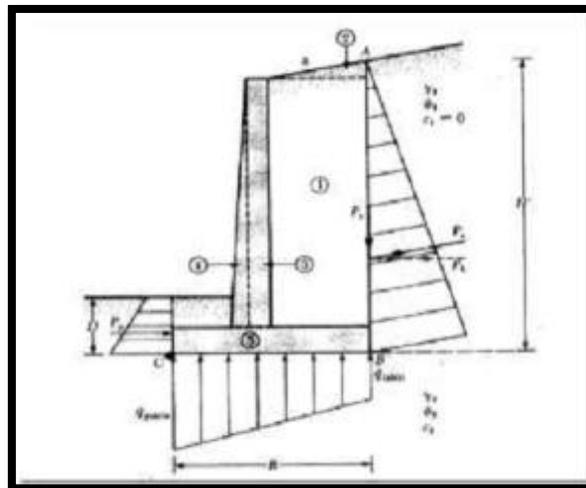


Figura N° 25 – “fuerzas actuantes en un muro. Tomada de Fundamentos de ingeniería de cimentaciones”, por Braja M. Das 2012.

- **Revisión por volteo respecto a la punta:**

“El criterio de volcamiento se da a partir del factor de seguridad”:

$$F.S = \frac{\sum M}{\sum M} \frac{E}{D} \geq 2.0$$

$$F.S = \frac{(\sum V) t_i + B + P}{P \cdot c_1} \geq 1.5$$

- Revisión por deslizamiento a lo largo de la base:

$$\sum M \quad E = f(P, W, W)$$

$$\sum M \quad s = f(P, P)$$

d

e:

“α: Ángulo de inclinación del talud”.

“δ: Ángulo de fricción entre el suelo y la losa de la base, también puede ser expresado por”

“δ=Φ2. K1, dónde Φ2 es el ángulo de fricción del suelo de cimentación”.

“ca: Adhesión entre el suelo y la losa de la base, también puede ser expresado por ca= C2”.

“K1, donde C2 es la cohesión del suelo de cimentación”.

“K1 y K2: En la mayoría de casos están en el rango de 1/2 a 1/3”.

“B: Base del muro”

“Pa: Presión activa”

“Pp: Presión pasiva”

- **Revisión de falla por capacidad de carga:**

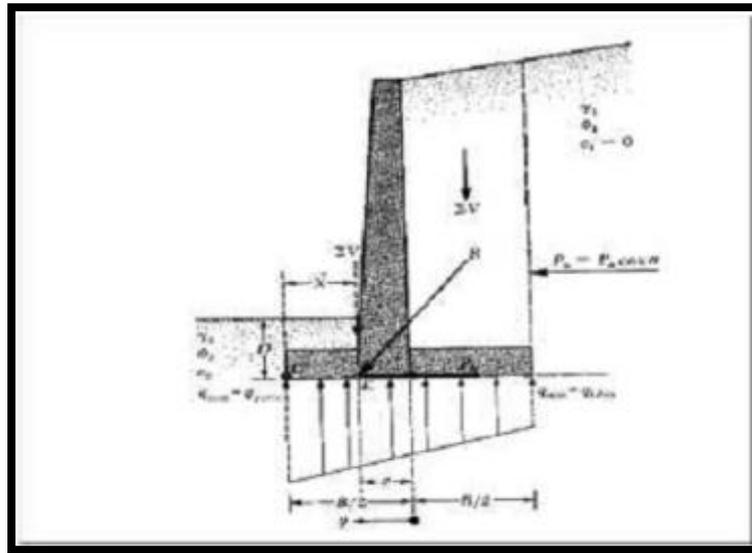


Figura N° 26 – “Fuerzas transmitidas al suelo por parte del muro. Tomada de Fundamentos de ingeniería de cimentaciones”, por Braja M. Das 2012.

“La presión vertical, tal como es transmitida al suelo por la losa de base del muro debe revisarse contra la capacidad de carga última del suelo”.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M}{\sum V}$$

$$q = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q = \frac{\sum V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$F.S \quad d \leq \frac{q}{q_u} \geq 3.0$$

Dónde:

e: excentricidad

qu: capacidad de carga última del suelo

2.2.9. Muros de jardinería

A. Flora y vegetación de taludes artificiales

Según Alfaya (2012) explica lo siguiente:

“Muchos autores parecen coincidir en la necesidad de desarrollar innovadores métodos y técnicas de restauración de la vegetación basados en criterios de carácter fitosociológico (Jochimsen, 2001), capaces de vencer el clima de escepticismo con respecto a la eficiencia de las soluciones actuales”.

“El conocimiento de los patterns de esta vegetación, así como su evolución a lo largo del tiempo pueden ser también útiles para evaluar el éxito, en términos de eficiencia y funcionalidad, de los proyectos de restauración (Sluis, 2002)”. “En este contexto, es obvia la necesidad de un conocimiento profundo de las comunidades vegetales que colonizan los taludes artificiales y otros medios sujetos a perturbaciones intensas (p. 48)”.

B. Características generales de la flora de taludes artificiales

Acerca de este entorno, Alfaya (2012) explica lo siguiente:

“Tradicionalmente, se ha atribuido a la flora de los taludes de carreteras un marcado carácter ruderal, dominada por terófitos con una fenología de ciclo corto (generalmente anual o bianual), gran capacidad de producción de semillas y elevadas ratios de germinación (García Novo, 1992; Estalrich Melero, 1994)”.” Este perfil tendría más protagonismo en las primeras etapas del proceso de colonización de acuerdo con los principios de la ecología vegetal, que apuntan a estas características como factores de éxito para la colonización de biotopos sujetos a perturbaciones intensas (Grime, 1982)”.

“El carácter generalista y cosmopolita de la flora que se desarrolla en taludes de carreteras ha sido continuamente destacado en la bibliografía, hasta el punto de convertirse en una posición de virtual consenso que contradice a aquellos ingenieros y paisajistas empeñados

en utilizar mezclas de especies cada vez más específicas y adaptadas a las condiciones locales (Pywell et al., 2003)”.

“En relación con la corología de la flora de taludes artificiales, otro aspecto de permanente discusión ha girado en torno al éxito de las especies exóticas en la colonización de hábitats perturbados, y específicamente en el ámbito de las infraestructuras viarias (Bennett, 1991; Cale & Hobbs, 1991), así como el papel que tales infraestructuras tienen como corredores para la extensión de especies invasoras. Papel en ocasiones inducido por la mala práctica de incluir especies de estas características en proyectos de restauración y sin duda favorecidos por el hecho de que el tráfico de vehículos y el efecto “corredor” de la infraestructura lineal hacen de la carretera un medio de difusión rápida (García Novo, 1992) (p.50”).

C. Tecnología de la hidrosiembra

a) Remediación ambiental

“El concepto de remediación hace referencia a la aplicación de técnicas físicos químicas que permitan reducir el daño generado por el hombre o la naturaleza al medio ambiente”. “En nuestro caso, como objetivo principal, se propondrá la técnica de la hidrosiembra para reparar el daño ocasionado por la naturaleza al acantilado de la Costa Verde (Copello, 2015, p.62)”.

b) Técnica de la hidrosiembra

“Se considera como una de las herramientas más eficaces para controlar y prevenir la erosión y la meteorización de terraplenes, cortes de taludes y la restauración del paisaje”. “La hidrosiembra estabiliza el terreno sobre todo en superficies de elevada pendiente o terrenos pobres, es decir, con bajas concentraciones de materia orgánica y elementos nutritivos. Para Copello (2015, pp. 62-63) menciona que”:

“La hidrosiembra es un método donde se mezclan semillas, abono, estabilizante y celulosa (mulch); para luego ser colocadas directamente sobre el

suelo por medio de un equipo mecánico (hidrosembradora). Las Fotografías 1 y 2 muestran la aplicación de lo descrito”.



Fotografía N° 01 – Aplicación de semillas mediante la hidrosiembra. Tomada de “Tecnología de la Hidrosiembra – Natur Group”, por Copello, 2015, p. 62.



Fotografía N° 02 – “Aplicación de las semillas sin acceder al talud. Tomada de Tecnología de la Hidrosiembra – Natur Group”, por Copello, 2015, p. 63.

“De esta manera se siembra, se abona y se cubre el suelo. Con la mezcla arriba indicada se puede mantener la semilla en mejores condiciones de humedad, propiciando de esta manera su germinación”.

“Este método de siembra se fundamenta en la proyección de una mezcla uniforme y homogénea mediante un equipo de bombeo. Es una técnica basada en la siembra a distancia, ultra ligero que permite proyectar vía aspersion, una

solución completa y efectiva sobre el terreno natural, sea en cualquiera de los casos que este plano o inclinado. La Fotografía 3 muestra con mayor detalle que mediante la hidrosiembra se puede cubrir terrenos donde los accesos al lugar a intervenir son muy complicados (Copello, 2015)”.



Fotografía N° 03 – “Remediación mediante la técnica de la hidrosiembra. Tomada de Tecnología de la Hidrosiembra – Natur Group”, por Copello, 2015, p. 64.

Insumos para hidrosiembra

- **Semillas de césped**

“Teniendo en cuenta que el área en estudio se encuentra en la franja costera de Lima las semillas a sembrar deberán estar preparadas para afrontar el microclima de la Costa Verde. Por otro lado, deben tener las siguientes características. Para Copello (2015, pp. 65-67), especifica los tipos de semilla y sus principales características”.

- “Permitido para la hidrosiembra”.
- “Resistencia tanto al frío como al calor”.
- “Resistente al suelo seco”.
- “Resistencia a la salinidad”.
- “Poco mantenimiento”.

“Debido a que hay una gran variedad de césped que cumplen con las características antes mencionadas, en esta tesis de investigación nombraremos las más utilizadas en proyectos de remediación y/o estabilidad de talud”.

- **Cynodon dactylon “Gramma de la costa”**

“Cynodon dactylon, llamada comúnmente grama común o césped es una gramínea perenne de la familia Poaceae nativa del norte de África y sur de Europa”.

“Las hojas que se aprecian son de color verde grisáceas (sin estrés hídrico recobran un verde intenso), cortas, de 4 a 15 cm de longitud con bordes firmes membranosos; cubiertas de 1.5 a 7 cm de largo, generalmente más pequeñas que los entrenudos, vilosas en la punta, las inferiores aquilladas, lígulas fibrosas, cilioladas, de 0.2 a 0.3 mm de largo, en ocasiones vilosas en el dorso, láminas de 0.5 a 6.5 cm de largo por 1 a 3.5 mm de ancho, aplanadas, en algunas ocasiones dobladas, escabriúsculas (poco ásperas), comunmente vilosas detrás de la lígula y en los lados inferiores, ocasionalmente en ambas partes de las superficies (Copello, 2015)”.

“En el caso de los tallos elevados, pueden llegar a desarrollarse de 1 hasta 30 cm de alto. Los tallos son sutilmente achatados, a veces se presentan con pintas púrpura”s. “Tiene una contextura radicular muy profunda; en épocas secas con perfil de suelo penetrable, las raíces pueden aumentar a más de 2 m de profundidad, aunque la multiplicidad de la masa radicular está a menos de 60 cm bajo la superficie. Los tallos se arrastran por el suelo, y de los nódulos salen nuevas raíces, formando densas matas (Copello, 2015)”.

“Copello (2015) e explica que esta familia de herbáceos se multiplica por semillas, tantos tallos rastreros y los tallos que crecen por debajo de las tierras. El rebrote y desarrollo comienzan a temperaturas mayores de 15°C, la requerida se sitúa entre 24 a 37°C; en épocas de invierno el pasto seco completamente la parte aérea, entrando en dormición y volviéndose así de color beige pardo”. “La Fotografía 4 muestra la planta completamente enverdecida”.



Fotografía N° 04 – “Cynodon dactylon Grama de la costa”. Tomada de “Insumos para Hidrosiembra”, por Copello, 2015, p. 66.

- **Festuca arundinacea “Festuca alta”**

“Presentándose con nombre científico de Festuca arundinacea es una especie de la familia de las gramíneas Poaceae. Es originario de Europa y del norte de África”.

“Este tipo de plantas puede presentar lígula membranosa; también una aurícula pequeña; las hojas estrechamente surcadas, nervadura central pronunciada; las hojas están enrolladas en el nudo”. “Las litografías de las hojas son de 3 a 12 mm de ancho y de 1 a 60 cm de longitud”. “Son elevadamente rugosas en la cara superior y brillante en el envés”. “Las hojas son más reducidas en la punta, y los bordes son irregulares e hirientes al tacto”. “Las cubiertas de la hoja son suaves, divididas y rojizas en la parte de la base (Copello, 2015)”.

“De costumbre presentan formas de matas espesas ya que presenta rizomas cortos; la inflorescencia es una espiga hasta de 50 cm, normalmente de 1 a 30 cm. Las espigas o panículas se modifican de abiertas y ramificadas sin un orden a muy angostas”. “Las ramificaciones pequeñas tienen varias espiguillas. Las espiguillas que presentan son desde elípticas a oblongas, de 1 a 2 cm. Cada pequeña espiga tiene de 3 a 10 flósculos. Sin embargo, aproximadamente solo la mitad del total de los flósculos produce semilla”. “Los flósculos dentro de

las pequeñas espigas están enlazados por el eje central o raquilla. Segmentos de la raquilla se ubica en cada flósculo maduro (Copello, 2015”).

“Los tallos florales son huecos, compuestos de nudos y entrenudos y se denomina comúnmente (cañas). Las cañas usualmente son erectas, fuertes, suaves y hasta de 30 cm” (Copello, 2015, p. 67). “La Fotografía 5 muestra la planta en mención”



Fotografía N° 05 – Festuca arundinacea “Festuca alta”. Tomada de “Insumos para Hidrosiembra”, por Copello, 2015, p. 67.

• **Composición de la mezcla de siembra**

“Después de haber escogido las semillas adecuadas para el área en estudio y los productos recomendados para la hidrosiembra se podrán verter dentro del tanque cisterna que mezclará e impulsará hacia el terreno por medio de bombas hidráulicas”. “A continuación, describiremos la dosis de los productos para lograr la hidrosiembra”. “Para Copello (2015, pp. 73-74) menciona las fases que se tiene que seguir de la siguiente manera”:

Primera fase: Siembra

- “100 g/m² de mulch”,
- “10 g/m² de estabilizante”
- “40 g/m² de abono mineral 15 – 15 – 15”,

- “10 cc/m2 de ácidos húmicos”,
- “30 g/m2 de mezcla de semillas de césped”,
- “70 % césped Cynodon dactylon Grama de la costa”
- “15 % césped Festuca arundinacea Festuca alta”
- “15 % césped Pennisetum clandestinum Kikuyo”

Segunda fase: Tapado

- 100 g/m2 de mulch,
- 10 g/m2 de estabilizante.

2.2.10. Comparación de costos y rendimientos:

Según Urteaga (2017, pp. 46-47) explica lo siguiente:

“Para realizar la comparación del sistema ErdoX con otros sistemas de contención de taludes, se presentarán las 3 alternativas siguientes: muros de jardinería, Muro de concreto armado en voladizo y Sistema ErdoX, las cuales fueron propuestas para un proyecto en la Carretera Interoceánica Sur (IIRSA Sur) en el tramo comprendido entre Urcos e Iñapari – Cusco, que se encuentra concesionada a la empresa Odebrecht, en donde se presentó desprendimiento de material en el talud inferior de la carretera en el tramo mencionado”.

“A continuación, podemos presentar 3 tablas de los costos y esquemas del perfil del talud a intervenir de cada tipo de sistema de contención de taludes, así consiguientemente realizar las principales comparaciones teniendo en cuenta con mayor detalle las similitudes y diferencias que pueda tener cada sistema”. “Así prosiguiendo posteriormente el tiempo de ejecución al utilizar cada alternativa”.

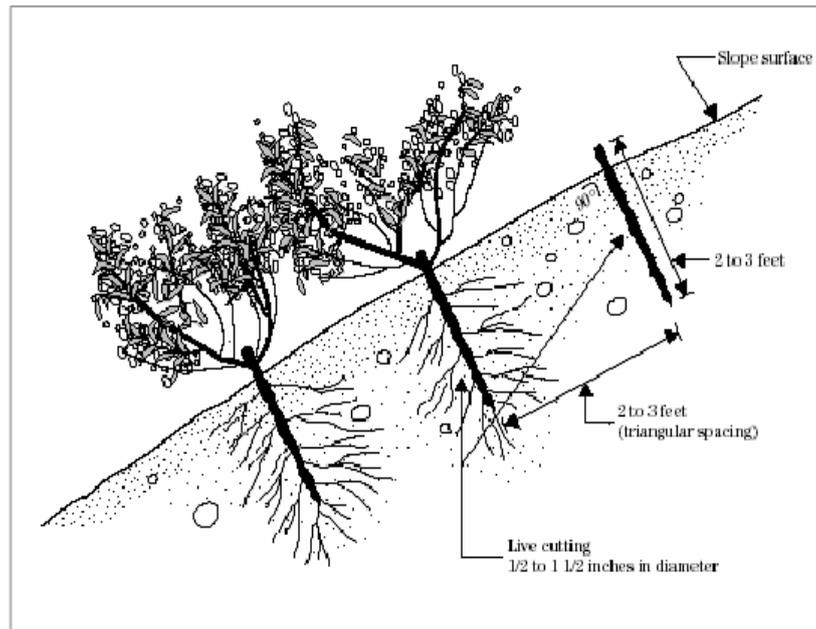


Figura N° 27 – Croquis explicativo de la instalación de “estacas vivas”. Tomada de “Estabilización de un talud”, por Gray et al., 1992.

Tabla 07 - Costos muro de jardinería

Partidas	Unidad	PU (S/.)	Metrado	Parcial (S/.)	Total (S/.)
Trabajos preliminares					13,012.72
Topografía	m ²	0.88	14,788.45	13012.72391	
Movimiento de tierras					7,813,689.55
Excavación del material común	m ³	11.89	280,830.11	3,337,734.51	
Transporte de material granular (d=6.5km)	m ³	13.38	334,525.11	4,475,955.04	
Remediación ambiental					248,896.32
Hidrosiembra	m ²	16.83	14,788.45	248,896.32	
Costo Directo					8,075,571.59
Gastos Generales (10%)					807,557.16
Total*					8,883,128.75

* Este costo no incluye IGV

Fuente: Estabilidad de talud mediante la Técnica de la Hidrosiembra. Tomada de “presupuesto total de la Hidrosiembra”, por Copello, 2015, p. 77.

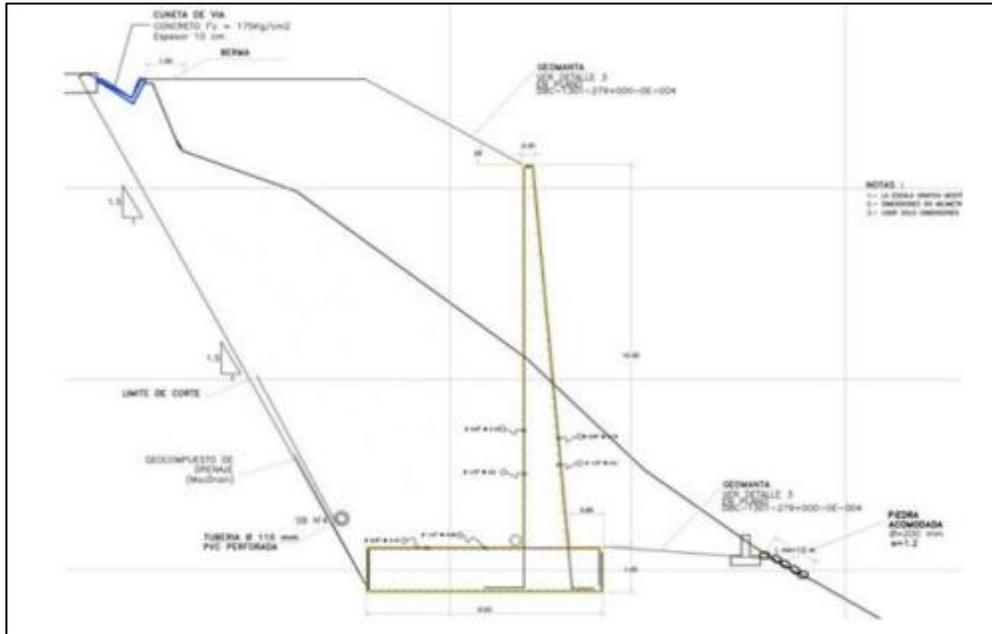


Figura N° 28 – Esquema Muros de Concreto. Tomada de “Odebrecht”, por Urteaga 2017, p. 49.

Tabla N° 08 – Costos muro de concreto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P.U.	MONTO (US\$)
100	OBRAS PROVISIONALES				
101	TOPOGRAFÍA Y GEOREFENCIACIÓN	km	0.01	644.51	3.22
102	MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	3.00	9,543.21	28,629.63
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
201A	DESBROCE Y LIMPIEZA EN BOSQUE	ha	0.04	2,270.11	98.75
202A	EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO	m3	1,748.59	2.56	4,476.39
203	CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE	m3	58.00	0.68	39.44
205	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO	m3	58.00	2.93	169.94
500	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				
	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m3	1,282.25	11.65	14,938.21
	TUBERÍA FLEXIBLE PERFORADA	m	22.05	9.43	207.93
570	GEOCOMPUESTO PARA DRENAJE 11 mm	m2	99.00	13.11	1,297.89
571	GEOMANTA MACMAT L 2 x 30	m2	213.14	7.64	1,628.39
	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EN DME	m3	466.33	0.94	438.35
508	CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	318.99	111.18	35,465.31
510	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	m2	478.10	17.34	8,290.25
511	ACERO DE REFUERZO fy = 4200 kg/cm2	kg	12,768.53	1.44	18,386.68
	TRANSPORTES				
	TRANSPORTE DE MAT GRANULAR MENOR A 1 km	m3.km	320.91	1.97	632.19
	TRANSPORTE DE MAT GRANULAR MAYOR A 1 km	m3.km	55,928.25	0.67	37,471.93
	TRANSPORTE DE MAT EXCEDENTE MENOR A 1 km	m3.km	410.37	1.97	808.43
	TRANSPORTE DE MAT EXCEDENTE MAYOR A 1 km	m3.km	446.28	0.67	299.01
				TOTAL	153,281.95

Fuente: “Estabilidad de talud con sistema ErdoX en taludes de carreteras. Tomada de Odebrecht”, por Urteaga, 2017, p. 48.

promedio de este sistema es 93,635.66 US \$, haciendo similitud con el sistema de muro en jardinería (8,883,128.75 Soles considerándose la hidrosiembra de 14,788.45 m², es más cuantioso comparando con el sistema ErdoX) y también con una disparidad muy visible con la alternativa del Muro de Concreto (153,281.95 US\$, es decir, más del 160% comparado con ErdoX)”.

A continuación, se muestra la comparación de movimiento de Tierras:

Tabla N° 10 – Comparación costos de movimiento de tierras

MURO DE JARDINERIA				
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
EXCAVACION DEL MATERIAL COMUN	m3	1760.96	11.89	20929.44
TRANSPORTE DEL MATERIAL GRANULAR (d=6.5km)	m3	58.00	13.38	776.04
			TOTAL	21705.48
MURO CONCRETO				
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
DESBROCE Y LIMPIEZA EN BOSQUE	m3	0.04	2270.11	98.75
EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO	m3	1748.59	2.56	4476.39
CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE	m3	58.00	0.68	39.44
CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN CON MATERIAL PROPIO	m3	58.00	2.93	169.94
			TOTAL	4784.52
ERDOX				
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
DESBROCE Y LIMPIEZA EN BOSQUE	m3	0.04	2270.11	98.75
EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO	m3	1753.1	2.56	4487.94
CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE	m3	58.00	0.68	39.44
CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN CON MATERIAL PROPIO	m3	58.00	2.93	169.94
			TOTAL	4796.07

Fuente: Estabilidad de talud con sistema ErdoX. Elaboración Propia.

“Teniendo en cuenta la tabla mostrada anteriormente, el movimiento de tierras para los modelos de sistemas de estabilidad de talud percibimos que; el muro de jardinería es muy costoso haciendo estimación los mismos metrados de los otros sistemas en estudio, analizando tanto en el sistema de Muro de Concreto y el sistema ErdoX tienen casi el mismo importe en el tema de movimiento de tierras (Urteaga, 2017)”.

“El principal inconveniente que muestra el sistema de muro en jardinería en proyectos de este modelo es el transporte de material granular, debido a la utilización de una gran cantidad de material que es requerido, para este caso representa un costo aproximado del 56% del costo total; entretanto que para el sistema de Muro en Concreto el transporte de material granular simboliza un

costo aproximado del 25% del costo total del sistema; y en el caso del sistema ErdoX no es necesario solicitar el transporte de material granular. En este tipo de proyectos observamos reflejada la ventaja de utilizar el sistema ErdoX al no requerir materiales de buenas y mejores características para hacer el correspondiente relleno de la estructura (Urteaga, 2017)”.

Según Urteaga (2017) explica lo siguiente:

Los rendimientos alcanzados con este tipo de sistema también son bastante favorables, como se demostró anteriormente el sistema ErdoX no requiere transporte de material granular, lo que representa una gran ventaja para este sistema, ya que los otros sistemas requieren de gran cantidad de material granular, el cual tiene que ser transportado desde lugares lejanos al proyecto (p. 52).

A continuación, se muestran imágenes del proyecto con el sistema ErdoX:

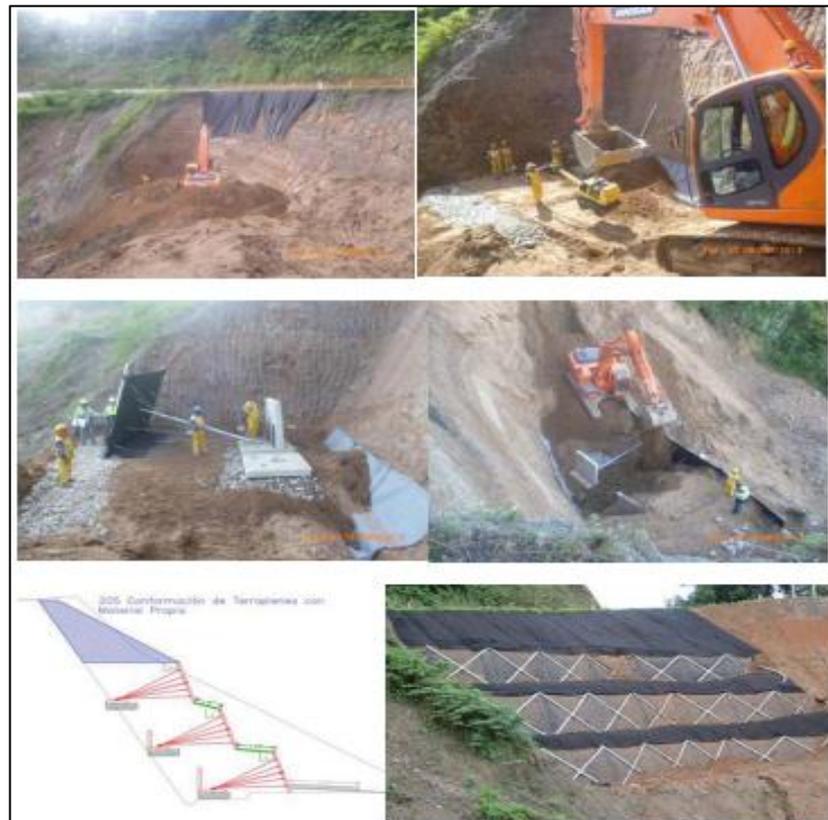


Figura N° 30 –“Secuencia Sistema ErdoX IIRSA Sur. Tomada de Odebrecht”, por Urteaga 2017, p. 53.

2.3. Definición de términos básicos

- **Análisis Pseudo-Estático:** Ballón y Echenique (2017, p.39). Este análisis está basado generalmente en el uso de un equilibrio sísmico que por lo general es un valor empírico e inclusive conservador.
- **Coefficiente de Seguridad:** “Es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, por sobre sus requerimientos”. Copello (2015, p.29)
- **Corrección Superficial:** Ugalde (2015, p.6) Se aplica en la cara del talud para reducir la erosión y meteorización ay así mismo evitar caídas de bloques.
- **Corrección por Drenaje:** “Esta corrección tiene por objeto reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la potencia o existente superficie de deslizamiento, lo que aumenta la resistencia y disminuye el peso total y por tanto las fuerzas desestabilizadoras”. Rojas (2009, p.3)
- **Cohesión:** Ballón y Echenique (2017, p.22) La cohesión es una fuerza interna que actúa sobre las partículas del suelo que crea adherencia entre ellas. Esta se encuentra principalmente en suelos finos, es decir limos y arcillas.
- **Desprendimientos:** “Se define como desprendimiento a una masa separada de un talud (desmonte, cuantifica, etc.) mediante una superficie de corte, normalmente pequeño y cuyo recorrido se realiza en gran parte, a través del aire”. Carrión (2019, p.14)
- **Empuje Activo:** Ballón y Echenique (2017, p.30) “El estado activo solo se genera si el muro sufre un desplazamiento lateral, con el que se disminuye el esfuerzo efectivo horizontal, generándose la falla del suelo”.
- **Empuje Pasivo:** “(...) Se produce cuando la estructura de contención es la que empuja contra el terreno y si se asegura el suelo que genera el empuje pasivo (...)” Ballón y Echenique (2017, p.37)
- **Estabilidad de taludes:** Copello (2015, p.29) “La estabilidad de taludes es la teoría que estudia o posible inestabilidad de un talud a la otra de realizar un estudio, o

llevar a cabo una obra de construcción civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la geotecnia”.

- **Estratificación Cruzada:** “La estratificación cruzada hace referencia a las inclinaciones estructurales sedimentadas de forma horizontal de piedra en donde las capas de depósitos originales se inclinan. Estos sedimentos se disponen de acuerdo con la gravedad y el que se crucen entre sí, obedecen a un cambio en el curso del río que se desvía con cada crecida importante”. (Copello, 2015, p.28)

- **Extensión Lateral:** Carrión (2019, p.21) Se denomina extensión o esparcimiento lateral a los movimientos con componentes, principalmente laterales, en taludes de bajo pendiente. En los espaciamentos laterales el modo del movimiento dominante es la extensión lateral acomodadas por fracturas de corte y tensión.

- **Hidrosiembra:** Alfaya (2012, p.167) Es la técnica habitualmente más utilizada en la revegetación de taludes de carreteras. Consiste en la proyección hidráulica sobre la superficie del talud de una mezcla de semillas, fibra, fertilizantes, acondicionadores de terreno, fijantes y otros productos coadyuvantes.

- **Rareza inherente:** Alfaya (2012, p.167) Es un elevado porcentaje de las especies que forman parte de una comunidad vegetal, está representada por un número muy pequeño de individuos. Este hecho parece recurrente en cualquiera de las condiciones que se han inventariado hasta la fecha.

- **Talud:** “Un talud es un volumen de tierra que no es plano (respecto a la horizontal), que posee una pendiente. Se puede encontrar taludes naturales los cuales forman parte de la topografía natural (terreno inalterado) y taludes artificiales, que corresponden a terrenos manipulados por el hombre; este segundo se clasifica en talud de terraplén (relleno) y talud de corte”. Ugalde (2015, p.3)

2.4. Hipótesis de la investigación

2.4.1 Hipótesis general

La aplicación del sistema ErdoX debido a su eficiente resistencia y rápida colocación en la solución a problemáticas creadas por fenómenos de derrumbes y erosión del suelo influye en la estabilidad del talud en el KM 11+780 al 11+840 en la carretera central Acopalca – Huancayo – Junín año 2021.

2.4.2. Hipótesis específicas.

- a) La resistencia del sistema ErdoX mediante el control del momento actuante en la pantalla mejora la estabilidad de talud.
- b) La técnica de instalación del sistema ErdoX gracias a la simplicidad en la secuencia operativa de colocación influye para mejorar el control de la estabilidad de talud.
- c) Los costos de instalación del sistema ErdoX define la factibilidad en su empleo para la estabilidad de talud.
- d) La vida útil del sistema ErdoX debido a la protección de la pantalla gracias a sus componentes galvanizados influye en la estabilidad de talud.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

X1: Sistema ErdoX

“Al Sistema ErdoX se define como muro de contención que cuenta con un mono-anclaje, Cuando se necesita intervenir de manera inmediata en una estabilización de taludes, este sistema es muy conveniente ya que presenta muy buen dinamismo, versatilidad y de bajo costo. (Betonform®, 2014”).

2.5.2. Variable dependiente

Y1: Estabilidad de talud

“Son obras impredecibles aquella que se ha ejecutado siguiendo criterios y métodos arbitrarios por lo que pudiera recurrir que tuviera una hiperseguridad (Hruskovic, 2011, p.52)”

2.6. Operacionalización de variables

2.6.1. Cuadro de la operacionalización de la variable

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE: SISTEMA ERDOX	“Al Sistema ErdoX se define como muro de contención que cuenta con un mono-anclaje, Cuando se necesita intervenir de manera inmediata en una estabilización de taludes, este sistema es muy conveniente ya que presenta muy buen dinamismo, versatilidad y de bajo costo. (Betonform®, 2014)”.	COMPONENTES DEL SISTEMA ERDOX	diseño	Razón
			material	Razón
			geometría	Razón
		PROPIEDADES DEL SISTEMA ERDOX	Anclaje de panel	Razón
			Doble placa en L	Razón
			Cable de unión	Razón
			Viga metálica galvanizada	Razón
			Tirante metálico galvanizado	Razón
		COSTO Y RENDIMIENTO	Vida útil y Rentabilidad	Numérica
			Costo total del sistema ErdoX	Costo en (S/.)
DEPENDIENTE: ESTABILIDAD DE TALUD	“Son obras impredecible aquella que se ha ejecutado siguiendo criterios y métodos arbitrarios por lo que pudiera recurrir que tuviera una hiperseguridad (Hruskovic, 2011,p.52)”	ESTUDIOS BASICOS	Estudios topográficos	Glb
			Estudios geomorfológicos	Glb
			Estudios geológicos	Glb
			Estudio de mecánica de suelo	Glb
		SISTEMA DE MURO EN VOLADIZO	geometría	Razón
			Dimensiones y verificación	Razón
			Rentabilidad	Numérica, costo en (S/.)
		SISTEMA DE MURO EN JARDINERÍA	Geometría	Razón
			Técnicas de remediación de la hidrosiembra	Razón
			Rentabilidad	Numérica, costo en (S/.)

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de la investigación.

La presente tesis fue realizada en contestación a la situación actual en que se encuentra ubicada el talud inestable de la carretera Huancayo – Acópala entre las progresivas Km. 11+780 al Km. 11+840, respecto al control del deslizamiento de material se encuentran perjudicando al transporte terrestre, por ello se propone una alternativa de solución moderna y tecnológica.

Métodos generales.- En la presente tesis se utilizará el Método Científico. Este método de trabajo tendrá como procesos lógicos el método teórico y el método empírico, ya que los conocimientos plasmados en la investigación se basara en experiencias y análisis deducidos mediante la observación y meditación generadas de experiencias, para formular hipótesis que permitan establecer procesos científicos que puedan verificarse en hechos concretos (Córdova, 2016, p. 67).

Métodos Específicos.- Los métodos específicos empleados en esta investigación será el Inductivo – Deductivo dado que la investigación brinda las conclusiones partiendo de las hipótesis; y el razonamiento empleado a lo largo del desarrollo de esta deduce conclusiones lógicas a partir de una serie de premisas o principios. En este sentido es un proceso de pensamiento que va de lo general a lo particular (Córdova, 2016, p. 67).

3.2. Tipo de investigación.

El tipo de investigación a emplearse será Aplicada, Según Carrasco (2008) Se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. Para realizar investigaciones aplicadas es muy importante contar con el aporte de las teorías científicas, que son producidas por la investigación básica y sustantiva.

3.3. Nivel de investigación.

El nivel de investigación a aplicarse es explicativo, Según Caballero (2009), Estas investigaciones se ubican también en el tercer nivel; obligatoriamente, implican que ya sepa. ¿Cómo? Y ¿Por qué?, es la realidad del objeto de la investigación.

Es la investigación que se realiza luego de conocer las características del fenómeno o hecho que se investiga (variables) y las causas que han determinado que tenga tales y cuales características.

3.4. Diseño de la investigación científica

a.- Diseño general:

El diseño metodológico por la naturaleza del estudio será el cuasi experimental; se dice a aquellas eventualidades sociales en que el investigador no puede permitirse relacionar los valores de la variable independiente a intención ni puede establecer los grupos experimentales por un proceso aleatorio, pero si es posible, en cambio, introducir algo semejante al diseño experimental en su programación de métodos para la recolección de datos (Campbell y Stanley, 1973).

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

“Población es el conjunto de todos los elementos, unidades de análisis que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación” (Marroquín, 2012, p. 14).

La población está dada por las zonas con inestabilidades de taludes del tramo de la carretera Huancayo – Acopalca.

3.5.2 Muestra

“La muestra es una parte o fragmento representativo de la población, se caracteriza por ser objetiva y reflejo fiel de la población, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población” (Marroquín, 2012, p. 14).

Se tomará en cuenta 1 tramo crítico más representativo que está conformada por la carretera Huancayo – Acopalca entre las progresivas Km. 11+780 al Km. 11+840 lo cual me permite analizar su material y solucionar mi problemática.

3.6 Técnicas y/o instrumento de recolección de datos

Entre las técnicas utilizadas se encuentran:

- La observación científica.
- Accesibilidad del terreno
- Registro Fotográfico.
- Levantamiento topográfico.
- Ensayos de laboratorio (mecánica de suelos)
- Datos de campo.

3.7. Procedimiento de la investigación

Para determinar la alternativa de solución adecuada de la aplicación del sistema ErdoX se realizó una encuesta en cada una de las viviendas y en base a esta información, saber con certeza las condiciones en las que se encuentra la red vial objeto de estudio, se realizaron también el ensayo de mecánica estudios (clasificación de suelos) en el puntos elegido y determinar de esta manera, la mejor alternativa en estabilidad de talud que resolverá el problema de conectividad con la provincia de Huancayo, al determinar el tipo de estabilidad de se verifica que cumpla con los factores técnicos, económicos, sociales y legales. Finalmente se calcula y diseña cada uno de los componentes del sistema con el RNE (Reglamento Nacional de

Edificaciones), especificaciones técnicas y folletos existentes sobre el tema, finalmente se dibujará los planos de acuerdo al diseño establecido.

3.8. Técnicas y recolección de datos

Para la presente investigación se utiliza Levantamiento topográficos + GPS, etc. para el procesamiento de datos que conducirán a la prueba de hipótesis, lo que orienta a validar la hipótesis propuesta.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

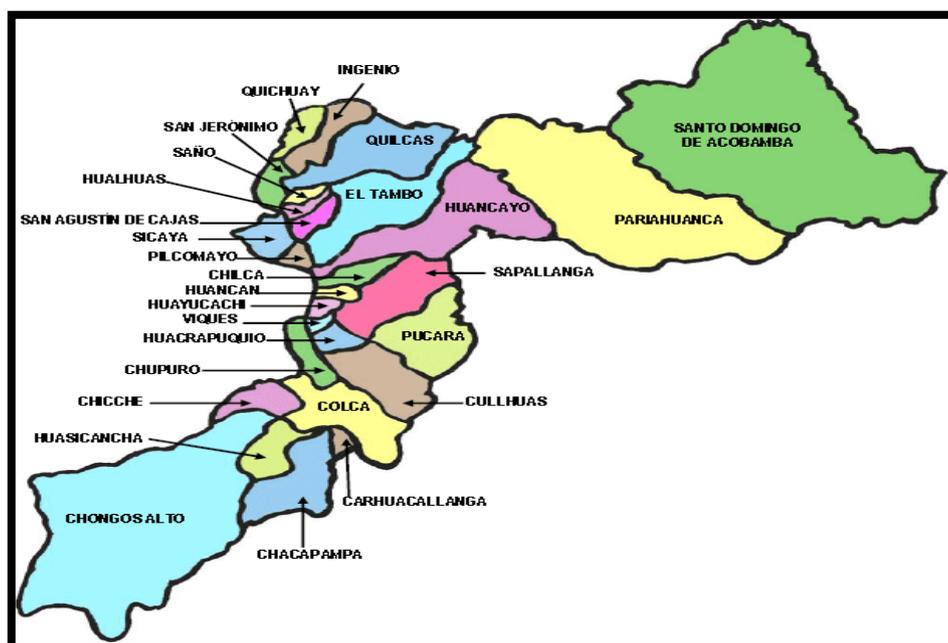
4.1. Diagnóstico de la situación geográfica

La zona geográfica donde se encuentra la zona de estudio, que es el deslizamiento de talud ubicado en el KM 11+780 al 11+840 en la carretera central del anexo de Acopalca, provincia de Huancayo, distrito de Huancayo, región Junín.

**CUADRO N° 01:
HUANCAYO Y SUS DISTRITOS**

1	Huancayo	11	Hualhuas	21	Quilcas
2	El Tambo	12	Huacrapuquio	22	San Agustín de Cajas
3	Chilca	13	Huasicancha	23	San Jerónimo de Tunán
4	Huancán	14	Carhuacallanga	24	San Pedro de Saños
5	Huayucachi	15	Chacapampa	25	Santo Domingo de Acobamba
6	Sapallanga	16	Chicche	26	Sicaya
7	Pucará	17	Chongos Alto	27	Viques
8	Quichuay	18	Chupuro	28	Pariahuanca
9	Pilcomayo	19	Colca		
10	Ingenio	20	Cullhua		

Figura N°31



La Figura Muestra la Ubicación del Distrito de Huancayo

Fuente: <https://www.dehuancayo.com/distritos>

El Centro poblado de Chamiseria, se encuentra ubicado en la provincia de Huancayo. Geográficamente está enmarcado en:

Altitud: 3584 m.s.n.m.

Latitud Sur: 12° 0' 18.3"

Longitud Oeste: 75° 9' 17.6"

Ubigeo: 120101

El Centro poblado de Chamiseria, se encuentra a 10 km de la Incontrastable Ciudad de Huancayo.

Límites:

Norte: Complejo Ecoturístico Wamanwasi Cullpa

Sur: Mirador Cresta de Gallo

Este: Anexo de Acopalca

Oeste: CC. PP. Pañaspampa

Figura n°32

La figura muestra la ubicación de los lugares de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Condiciones climáticas y altitud.- “El clima del distrito de Huancayo, varía de acuerdo a su ubicación geográfica, pisos ecológicos, topografía y época del año; acondicionando las formas de vida del poblador (vivienda, vestimenta, costumbres, etc.)”. “El terreno se encuentra a una altitud promedio de 3592 m.s.n.m.” “En esta zona el clima es templado seco y descenso de temperaturas en épocas de invierno, con temperatura promedio de 17.5 °C y una humedad relativa promedio de 56 %. Este clima está considerado como adecuada para la vida, los meses de lluvia están entre noviembre a abril, con lluvias de moderadas a fuertes, en los meses de agosto y setiembre, con sentido de Este-Oeste y viceversa”.

Temperatura.- “La temperatura promedio mensual máxima es de 23 °C y la mensual mínima es de 4 °C”.

Vías de acceso.- “El centro poblado Chamiseria se encuentra en una zona Rural, ubicado al Nor- este la Plaza de armas, con una distancia en promedio de 11.810 km, la vía de acceso, se da por carretera afirmada denominada Av. Palian única vía de acceso denominado carretera principal Huancayo. En general es de fácil acceso”.

4.2. Estudios básicos

4.2.1. Estudio topográfico

“El equipo utilizado para realizar el levantamiento planimétrico y altimétrico son”:

“Estación Total Topcon ES 105 con 2 prismas, GPS Navegador, equipo de radio comunicación, winchas, jalones, eclímetros”.

“La Progresiva 0+000 comenzó a la salida de centro poblado chamiseria y llegando a la captación de agua potable del Jass palian en el Km. 12+050”.



Figura 33. Levantamiento Planimétrico en el tramo del km 11+950



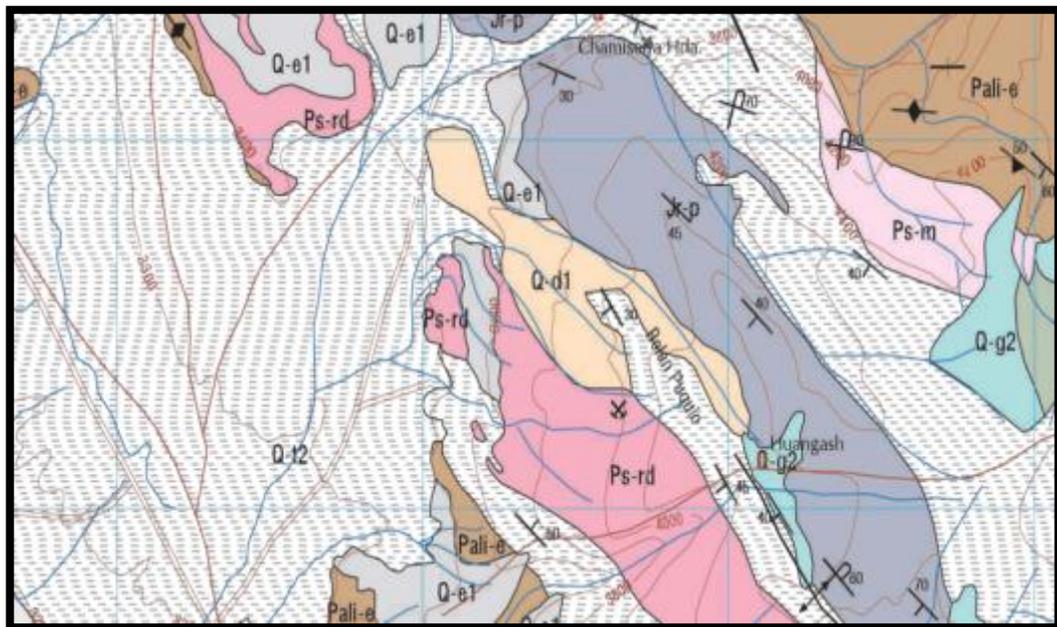
Figura 34. Levantamiento Planimétrico en el tramo del km 11+250

4.2.2. Estudio geológico

“El Terreno en estudio, se encuentra ubicado en la Región de la Sierra Central del Perú, en la ciudad incontestable de Huancayo, en la provincia Huancayo, departamento de Junín. Concerniente al mapa geológico del cuadrángulo de Huancayo (hoja 25-m, del INGEMET), se determinó en el área de estudio un grupo litológico principal establecido por un depósito de sedimentos de tipo aluvial pertenecientes a la tercera glaciación cuya edad geológica pertenece al cuaternario (Q-t2). En el área específica en estudio no se diagnosticó la presencia del nivel freático hasta la profundidad explorada”. “Asimismo presentando un estrato uniforme de material arena limosa con granas determinándose depósitos ligados a la segunda glaciación con superficies de erosión locales, pertenecientes al Gpo. Pucara (Jr-p) y Gpo. Excelsior (Pali-e). Así también presenciando depósitos coluviales con escombros (Q-e1)”.

FIGURA N°35

Mapa geológico cuadrángulo de Huancayo



FUENTE: INGEMMET HOJAS 25-m

Cuadro N° 02

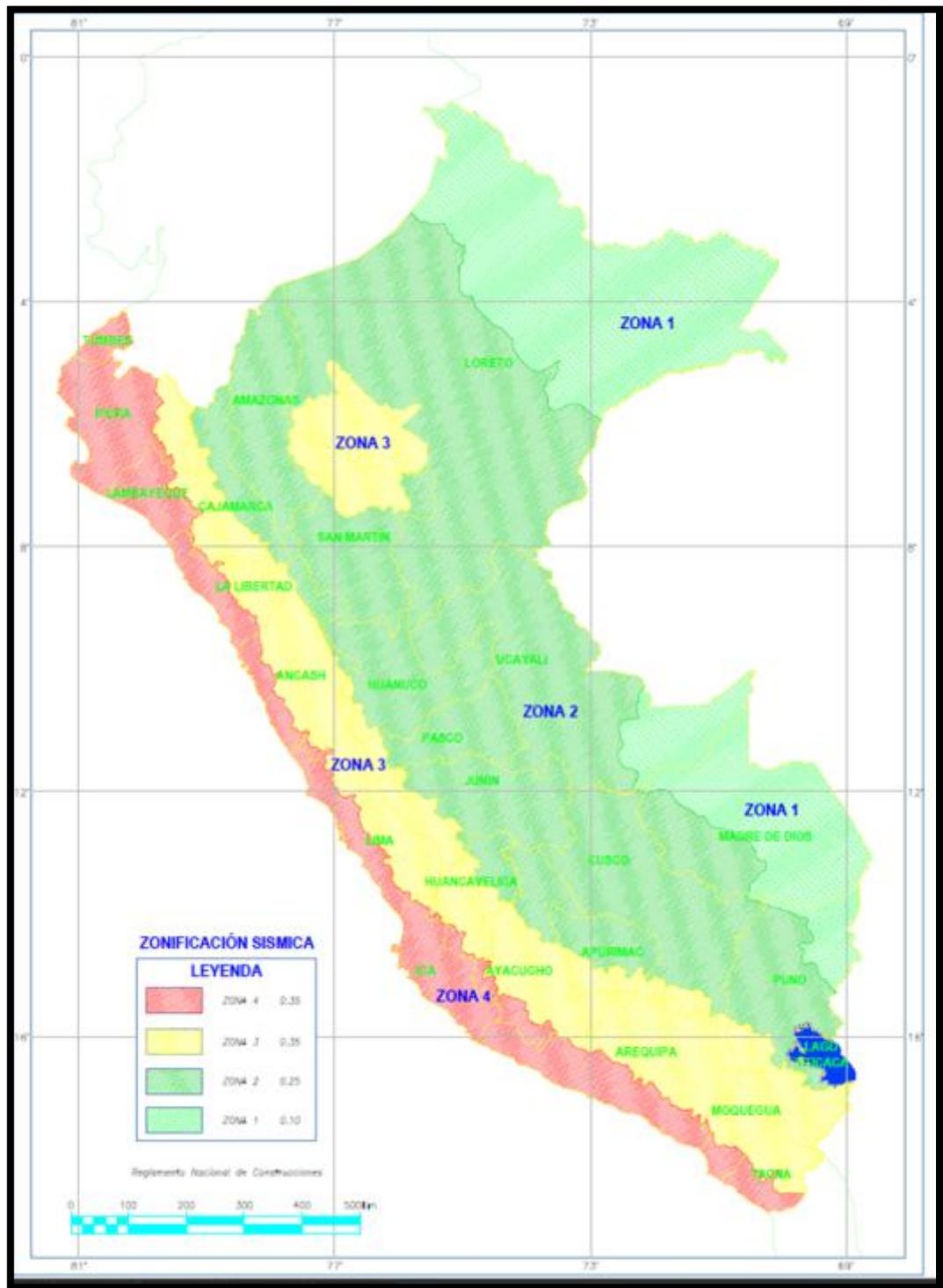
DIVISION DEL CUATERNARIO							
CRONOLOGIA RELATIVA		Depósitos glaciáricos	Terrazas y depósitos fluvioglaciales	Depósitos coluviales e=escombros d=deslizamientos	Superficies de erosión locales	Terra rossa (r) y travertinos (tr)	
CUATERNARIO	Reciente		Qr-tl			CRONOLOGIA DESCONOCIDA	
	Depósitos ligados a la tercera glaciación	Q-g3	Q-t3	Q-e Q-d	Recortando Q-t2		Q-r Q-tr
	Depósitos ligados a la segunda glaciación	Q-g2	Q-t2 a=cono de deyección	Q-e2 Q-d2	Recortando Q-t1		
	Depósitos ligados a la primera glaciación	Q-g1	Q-t1	Q-e1 Q-d1	Q-e1-2 Q-d1-2		
	Depósitos ligados al período del pleistoceno		Qp-j Fm. Jauja				

FUENTE: INGEMMET

4.2.3. Estudio Sísmico

Concerniente al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Normativa Sismo Resistente (NTE E-030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por Alva Hurtado (1984), el cual fundamenta en isosistas de sismos en el Perú y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos actuales; Se concluye que el área en estudio ubicada en el KM 11+780 al 11+840 se encuentra dentro de la zona de Sismicidad media (zona 2), existiendo la probabilidad de que ocurran sismos de intensidades tan importante como IV a VII en la escala Mercalli Modificada. (Ver Mapa en la figura N°36 " Zonificación Sísmica del Perú").

Figura N°36
Zonificación sísmica del Perú



Fuente: Reglamento Nacional de Construcción

4.2.4. Estudios geomorfológicos

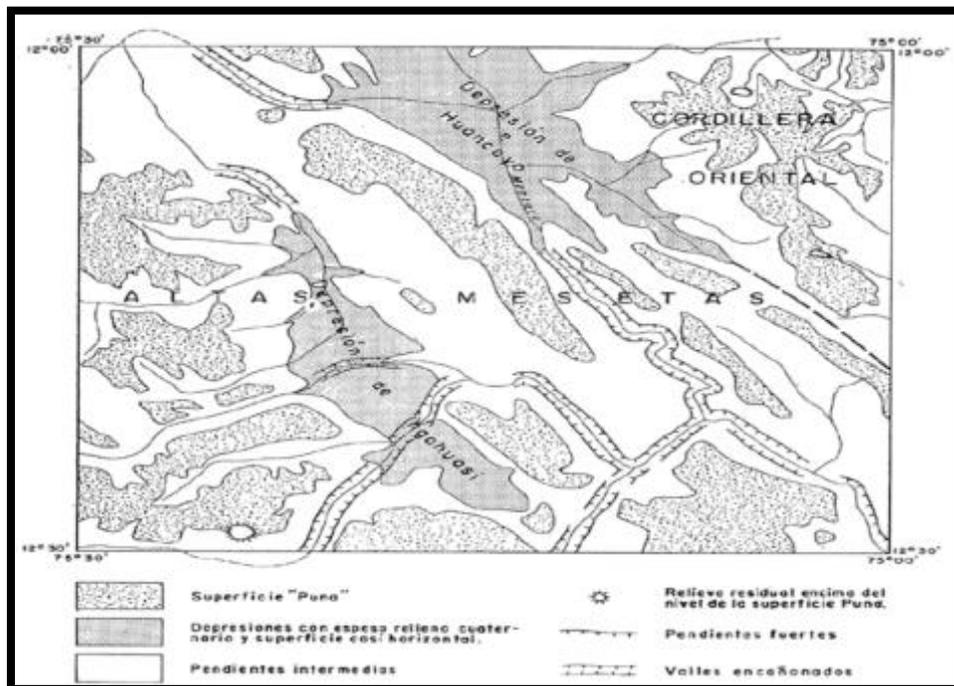
“En los Andes del Perú Central se diferencian clásicamente tres unidades geomorfológicas con rumbo NW-SE que son, de oeste a este: presenciamos la Cordillera Occidental, así como las Altas Mesetas Centrales y la extensa Cordillera Oriental”

En el acrecentamiento del Cuaternario el desgaste glacial y fluvial ha ocasionado una deterioro de tipo hídrico en la “Superficie Puna”, ahondando las rocas más suaves como las capas rojas del Cretáceo - Terciario y permitiendo en relieve los afloramientos más resistentes, cuyas cumbres niveladas testimonian su antigua extensión”.

“A estos atributos generales se suma el notable proceso de una **morfología cárstica** en los amplios macizos calcáreos y particularmente en la espesa serie de calizas bien estratificadas del grupo Pucará (Triásico-Liásico), dando origen a las formas menores del relieve”.

FIGURA N°37

Unidad geomorfológica del cuadrángulo de Huancayo



FUENTE: INGEMMET

“El declive Jauja-Huancayo es extenso en dirección NW - SE; tiene una extensión aproximada de 70 km. con un ancho diferenciado entre 3 y 15 km.;

en el cuadrángulo de Huancayo su altitud varía entre 3,160 y 3,350 m. El río Mantaro la agujerea a “grosso modo” siguiendo su propio eje”. “El fondo de la cuenca está tapizado por espesas formaciones cuaternarias que constituyen un sistema de terrazas escalonadas, circunstancialmente interrumpidas por los conos aluviales de los tributarios del Mantaro; las terrazas más arcaicas están afectadas por flexuras y pliegues bien determinados”.

“La hipótesis más verosímil en cuanto a su génesis es la de una gotera de origen tectónico (Dollfus, 1965), formada a consecuencia de un ondulamiento general con gran radio de curvatura en la Superficie Puna contemporáneo o algo posterior al alzamiento de los Andes. P.10”

“El relieve representa la forma del paisaje, nos permite percibir en el recorrido Huancayo-Acopalca, en el cual se puede contemplar diferentes relieves, así como las variedades de vegetaciones que recubren las laderas y los cerros”.

“Lo maravilloso de su formación, consiste en la acumulación de sedimentos originados por agentes externos, cubriendo más del 78% de la superficie del terrestre, mostrando así dos características particulares que las llevan a organizarse según su origen químico, y su proceso de configuración”. “Estableciéndose geoformas los cuales son de carácter tectónico degradaciones y erosiones”.

“El sector inspeccionado se encontró rocas sulfatadas y sus distintos tipos, las rocas carbonatadas con sus tipos y características, los tipos de rocas sedimentarias, rocas químicas, la variedad de calizas y algunas otras como la caliza caletica y el travertino”.

“En el sector examinado se reconoció las siguientes geoformas los cuales son de naturaleza tectónico degradacional y erosional.

“El lugar de estudio presenta caracterización de rocas sedimentarias encontrándose según el estudio de suelos arena limosa con grava. Estas geoformas están aproximadamente a 21 m de altura con respecto al nivel de base local. La pendiente de las laderas es mesurada y en los sectores puntuales es muy escarpada”.

4.2.5. Estudio de mecánica de suelos

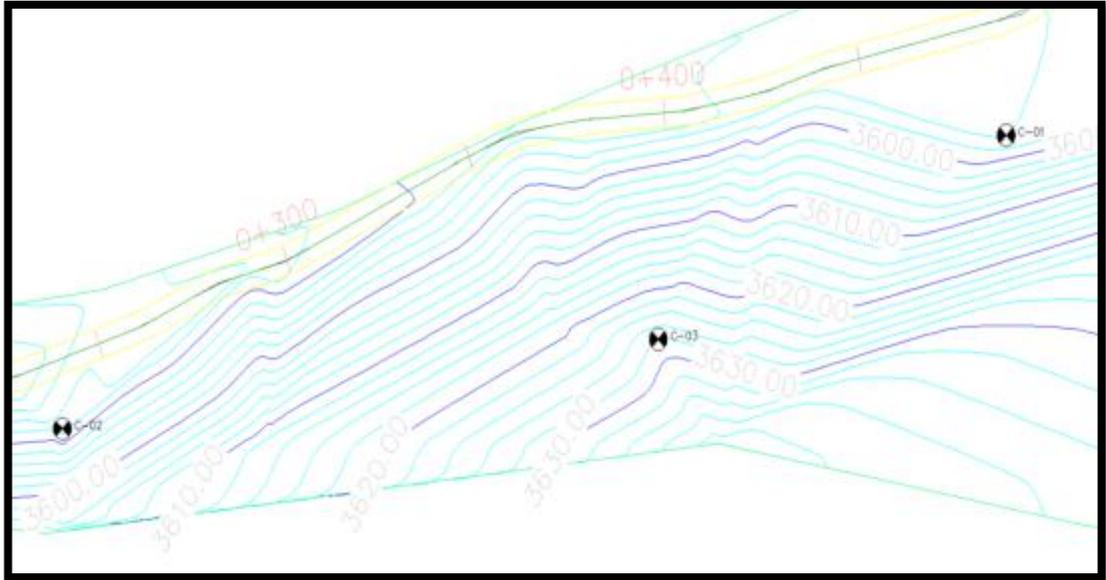


Figura 38. Vista en Planta de las calicatas realizadas



Figura 39. Vista del talud en estudio

En campo se realizó 3 calicatas de las cuales se distribuyeron en 3 etapas muestra 1 base de talud, muestra 2 cuerpo de talud, muestra 3 corona de talud. Este muestreo se realizó en el centro poblado de Chamiseria, Llevándose a cabo de la siguiente manera muestra 2 y 3 en el

Km.11+590, la muestra 1 en el km 11+840; para conocer la estratigrafía de la zona y también para obtener las muestras y ensayarlos en laboratorio.

Calicata 01. Km 11+840 muestra 1 base de talud.



Figura 40. Calicata en el Km 11+840 a una Profundidad de 2.00 m



Figura 41. Calicata en el Km 11+840 a una Profundidad de 2.00 m

Calicata 02. Km 11+590 muestra 2 cuerpos de talud.



Figura 42. Calicata en el Km 11+590 a una Profundidad de 2.00 m

Calicata 03. Km 11+590 muestra 3 corona de talud



Figura 43. Calicata en el Km 11+590 a una Profundidad de 2.00 m

Se elaboró los perfiles estratigráficos in situ de las dos calicatas.

Calicata 01. Profundidad =2.00m, km11+840



Figura 44. Perfil Estratigráfico in situ calicata 01

Calicata 02. Profundidad =2.00m, km11+590



Figura 45. Perfil Estratigráfico in situ calicata 02

Calicata 03. Profundidad =2.00m, km11+840



Figura 46. Perfil Estratigráfico in situ calicata 03

Muestra alterada para Ensayo de Corte Directo según ASTM D-4220 de la Calicata N° 01, 02, 03.



Figura 47. Entrega al laboratorio de las muestras extraídas

Entrega de las muestras al laboratorio de mecánica de suelos C3 Ingeniería Especializada.



Fotografía 06: ensayo del material en el laboratorio de mecánica de “suelos c3 ingeniería especializada”



Fotografía 07: ensayo del material en el laboratorio de mecánica de “suelos c3 ingeniería especializada”

4.2.6. Planteamiento del diseño

Sección transversal del km 11+840

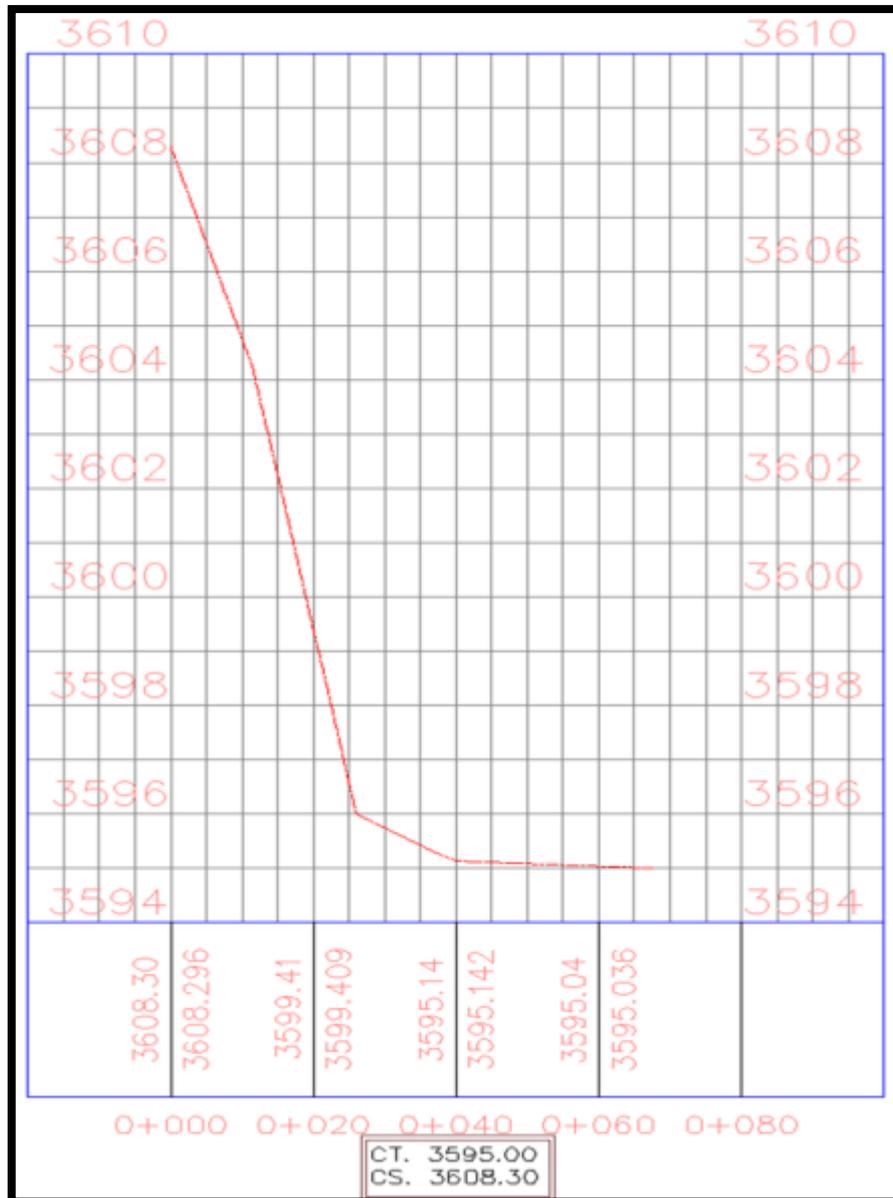


Figura 48. Talud del km 11+840

Altura del Talud= 13.3 m

Ángulo del talud= 80°

Sección transversal del km 11+590



Figura 49. Talud del km 11+590

Altura del Talud= 12.3 m

Ángulo del talud= 77°

Para el diseño se escogió el talud más crítico que es el km 11+840 debido a que en ese sector se observa la presencia de vegetación tanto en la creta y partes laterales del talud, pero no hay presencia de vegetación en el pie de talud por ello que en épocas de lluvia hay deslizamiento de materiales ya que el tipo de suelo es demasiado blando.

a) Límites de talud para estabilidad global

Los límites para la Estabilidad Global están en relación a la altura y longitud del talud

$H \leq H/3$ en el pie del talud

$L > L/2$ en la cresta del talud

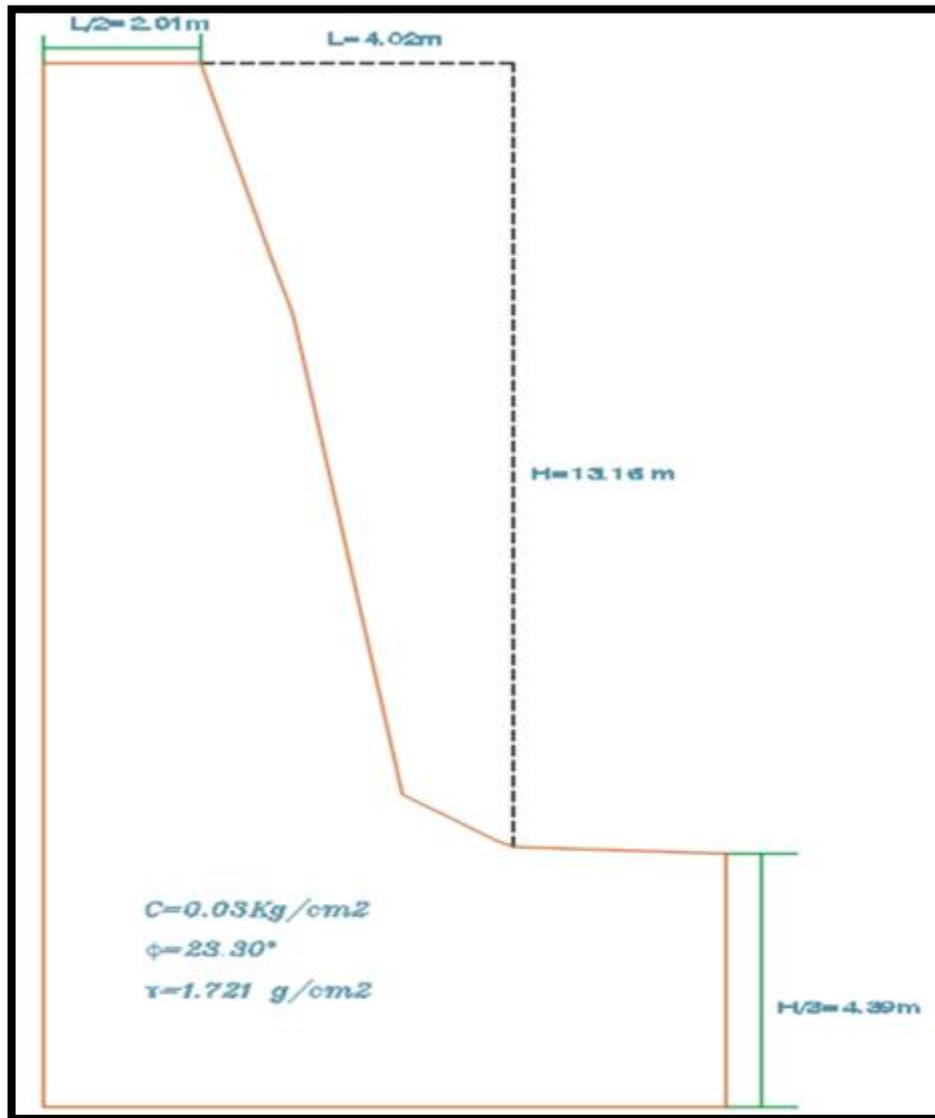


Figura 50. Límites de talud para análisis por equilibrio Límite

b) Dimensionamiento y Diseño de Sistema ErdoX, muro en voladizo y jardinería

Dimensiones del Sistema de muro en voladizo tipo para talud crítico

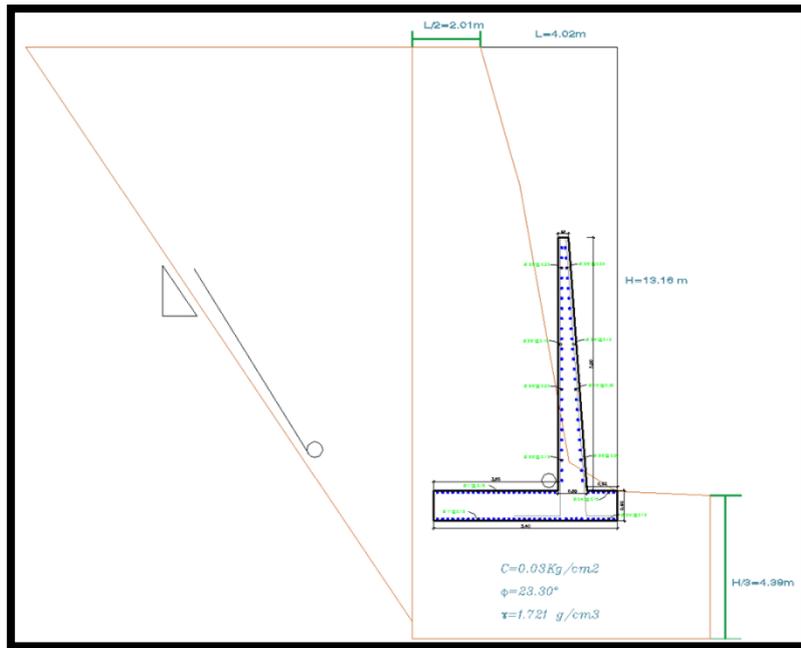


Figura 51. Sistema de muro en voladizo

c) Dimensiones del sistema de muro en jardinería

Para realizar el diseño de muros de jardinería se utilizará las plantaciones más comunes de la zona como son el eucalipto, ciprés, etc.



Figura 52. Sistema de muro en jardinería

d) Dimensiones de sistema Erdox para talud crítico

Para el pre dimensionamiento se utilizó el Erdox Tierra de dimensiones 2.50m x 2.00m compuestas por 2 vigas de construcción en acero HE120B unidas por 2 platinas de interconexión para formar una cruz de san Andrés.

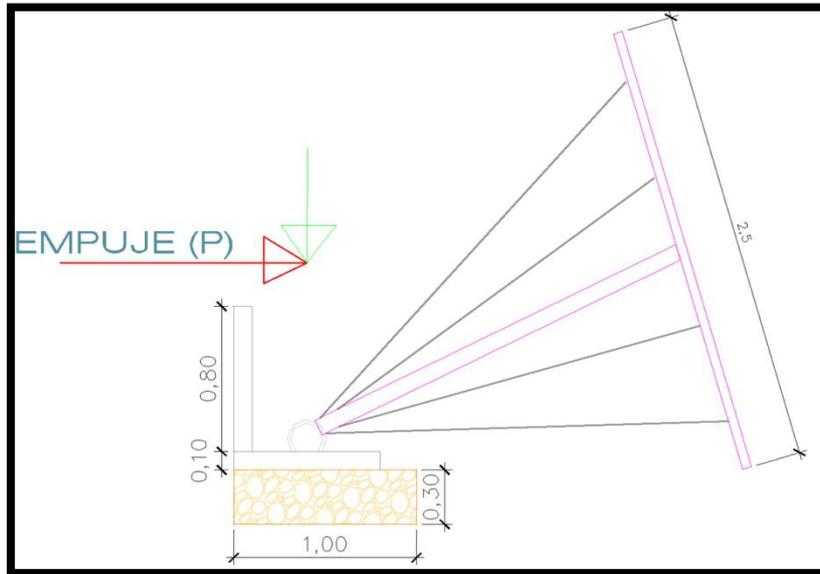


Figura 53. Sistema ErdoX Tierra

Vista en Sección Transversal Sistema Erdox

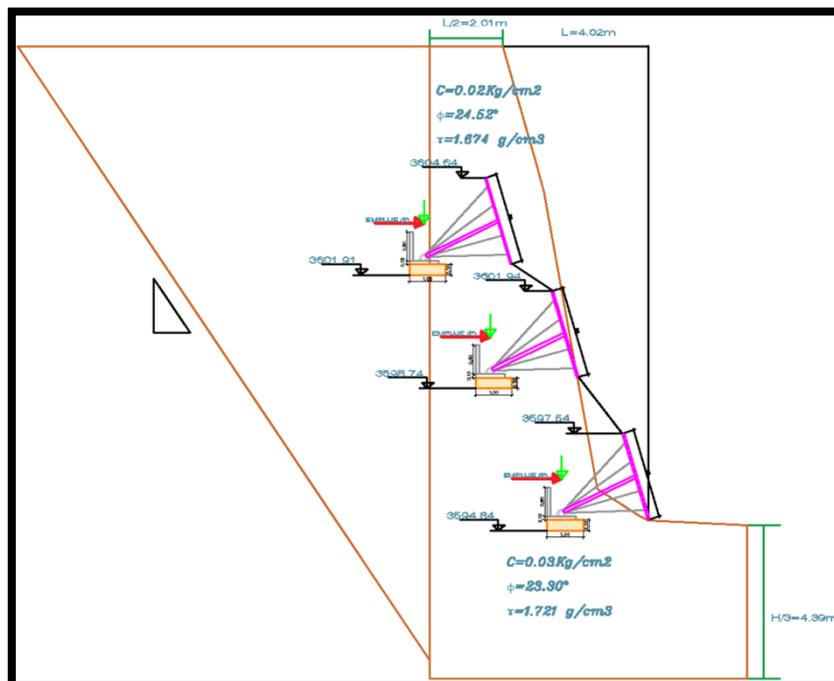


Figura 54. Sistema ErdoX implementado con algunas plantaciones comunes de la zona de estudio

e) Técnica de instalación del sistema Erdox

la estructura se transporta al lugar de la obra, el kit completo se lleva parcialmente ensamblado. Para facilitar la descarga de todo el material desde la plataforma de del semi tráiler se aconseja el uso de una grúa o monta carga con una capacidad de 10 toneladas.

f) Montaje de la estructura ErdoX

Procedimiento pasó por paso:

Según Betonform (2017, p.23), menciona que el proceso de ensamblaje se llevara acabo de la siguiente manera:

- Posicionar el panel frontal horizontalmente, levantándolo del piso por lo menos 40 cm, se pueden utilizar simplemente dos maderas.
- Abrir manualmente las vigas que componen el panel frontal hasta que los huecos de las vigas coincidan con los huecos de las platinas del nudo central.
- Insertar en los huecos los 02 pernos M20 con sus bulones.
- Verificar el alineamiento de la viga doblada y por seguridad medir el lado corto de la estructura – verificar que sea de 309 cm.
- Cerrar muy bien los 08 pernos y tuercas M20 del nudo central.
- Colocar el cable perimetral de la red estructural en su posición correcta en las 4 extremidades de las vigas.
- Colocar los 02 grilletes tipo candado de 5/8' con 2 tuercas en la posición correcta y cerrar muy bien las tuercas.
- Levantar y colocar verticalmente el tirante rígido – insertar el cabezal del tirante en el nudo esférico central, colocar el perno M10 y cerrar bien la tuerca.
- Conectar manualmente los 08 cables de contraviento al panel frontal utilizando los grilletes en dotación.
- Verificar que todos los bulones del panel frontal estén cerrados:
 - Nr. 08 pernos y tuercas del nudo central M20.

- Nr. 08 tuercas de los 04 grilletes tipo candado de 3/8' perimetrales.
 - Nr. 01 perno y tuerca del nudo central M10.
 - Nr. 08 grilletes con pasador de 3.25 T. de los cables de contraviento.
- Colocar la estructura en obra.
 - Conectar el tirante rígido con la placa en concreto.
 - Verificar que todos los bulones de la conexión tirante rígido – placa estén cerrados:
 - No. 04 pernos y tuercas al final del tirante rígido
 - No. 04 tuercas de los dos grilletes tipo candado de 3/8' donde se está utilizando una doble placa en L.
 - Colocar las estructuras colindantes.
 - Doblar un poco la malla a doble torsión del panel frontal hasta que se puedan acercar los dos cables perimetrales de las 2 estructuras colindantes.
 - Colocar los 03 grilletes con pasador de 2 T.: uno arriba, uno en el medio y otro al fondo, garantizando una **unión firme pero flexible** entre las dos estructuras colindantes.



Figura N° 55– Elementos del Sistema Erdox. Tomada de “Informe técnico sobres el funcionamiento del sistema”, por Betonform®, 2016, p. 23.

g) Diseño de muro en voladizo

Para realizar el diseño hay que tener en cuenta las dimensiones de la pantalla y zapata del muro en estudio así mismo su totalidad en toda la sección de estudio.

Datos de diseño de muro en voladizo

$$\gamma \text{ suelo} = 1721 \text{ kg/m}^3$$

$$\emptyset = 23.30^\circ$$

$$f'c = 210 \text{ kg/m}^2$$

$$FSD = 1.50$$

$$FSV = 1.75$$

$$H_p = 7.50 \text{ m}$$

$$T_1 = 0.30 \text{ m}$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/m}^2$$

$$S/C = 1 \text{ tn/m}^2$$

$$f = 0.60$$

Dimensionamiento

La pantalla debe soportar el momento (M_{ua}) generado por el suelo de relleno por tanto en la garganta se creará un momento resistente (M_{ur}).

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\emptyset}{2}\right)$$

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{23.30^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = 0.433$$

- Cálculo del momento actuante

$$M_{ua} = \frac{1}{2} * K_a * \gamma \text{ suelo} * h_p^3$$

$$M_{ua} = \frac{1}{2} * 0.433 * 1.721 * 7.5^3$$

$$M_{ua} = 89.07 \text{ tn-m}$$

- Cálculo del momento resistente

$$M_{ur} = \emptyset * b * d^2 * f'c * w (1 - 0.59w)$$

$$89.07 * 10^5 = 0.9 * 100 * d^2 * 210 * 0.09 (1 - 0.59(0.09))$$

$$d = 74.364 \text{ cm}$$

$$t_2 = 76.36 + 4 + \frac{1.91}{2}$$

$$t_2 = 81.32 \text{ cm}$$

Usar $t_2 = 0.85 \text{ m}$; $d = 80.02 \text{ cm}$

- Verificación por corte

$$V_{du} = 1.7 * V_d = 1.7 * \frac{1}{2} * 1.721 * 0.433 * (7.5 - 0.80)^2$$

$$V_{du} = 28.43 \text{ ton}$$

$$\frac{V_{du}}{\phi} = 33.45 \text{ ton}$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * b_{10} * 1 * 0.74 = 56.84$$

$$V_c = \frac{2}{3} * (56.84) = 37.89 < \frac{V_{du}}{\phi} \dots \text{Conforme}$$

- Dimensionamiento de la Zapata

$$H_z = t_2 + 5\text{cm} = 85\text{cm} + 5\text{cm} = 90 \text{ cm}$$

$$h = H_p + H_z = 7.5\text{m} + 0.90 = 8.40 \text{ m}$$

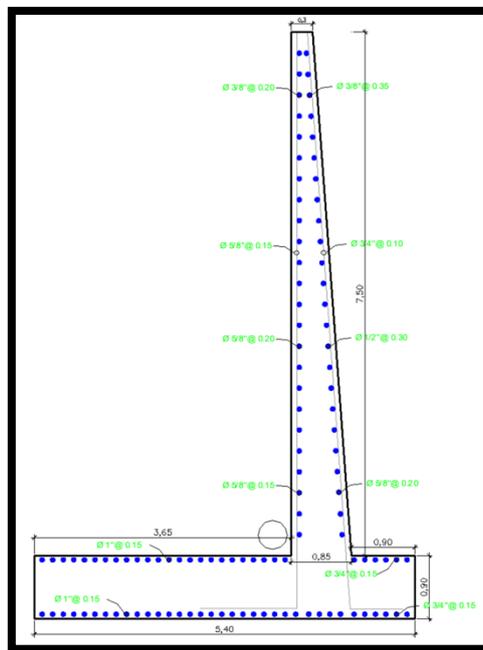


Figura 56. Dimensión del muro en voladizo

- Cálculo del B_1 y B_2

$$\frac{B_1}{h} \geq \text{FSD} * \frac{K_a * \gamma * s}{2 * f * \gamma * m} \rightarrow \frac{B_1}{h} \geq 1.50 * \frac{0.433 * 1.721}{2 * 0.60 * 1.40} * 8.40 \text{ m}$$

$$B_1 \geq 3.26 \text{ m}$$

$$B_1 = 3.26 + \frac{t_2 - t_1}{2} = 3.54 \text{ m}$$

Usar $B_1 = 3.55$

- Cálculo del B_2

$$\frac{B_2}{h} \geq \frac{f}{3} * \frac{FSV}{FSD} - \frac{B_1}{2h}$$

$$B_2 \geq 8.40\text{m} * \frac{0.60}{3} * \frac{1.75}{1.50} - \frac{3.55}{2h}$$

$$B_2 \geq 0.19\text{m}$$

Usar B_2 (min) = Hz = 0.90 m

- Verificación del factor de seguridad

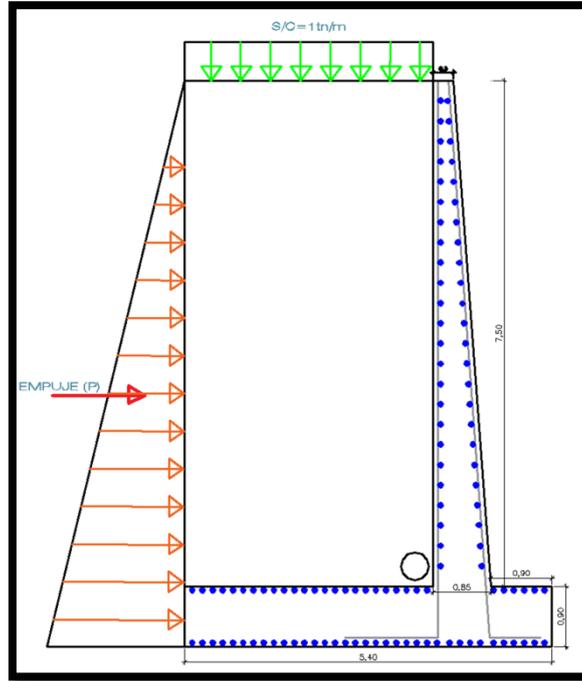


Figura 57. Verificación del factor de seguridad

Zona	peso (tn)				Brazo de giro (m)	Momentos (tn-m)
P1	5.4	0.9	2.4	1	11.664	31.49
P2	0.5	0.55	7.5	2.4	4.95	6.29
P3	0.3	7.5	2.4	1	5.4	8.64
P4	3.65	7.5	1.721	1	47.11	168.43
					69.13	214.85

$$FSD = \frac{Hr}{Ha} = \frac{f(N)}{Ka} = \frac{0.60 \cdot 69.13}{26.29} = 1.58 \geq 1.50 \dots \text{conforme}$$

Fuerza actuante

$$Ha = \frac{1}{2} * Ka * \gamma s * h^2$$

$$Ha = \frac{1}{2} * 0.433 * 1.721 \frac{tn}{m^3} * (8.40m)^2$$

$$Ha = 26.29 \text{ ton}$$

Momento actuante

$$Mua = \frac{1}{6} * Ka * \gamma \text{ suelo} * hp^3$$

$$Mua = \frac{1}{6} * 0.433 * 1.721 \frac{tn}{m^3} * (8.40m)^3$$

$$Mua = 73.61 \text{ ton-m}$$

$$FSV = \frac{Mr}{Ma} = \frac{214.85}{73.61} = 2.92 \geq 1.75 \dots \text{conforme}$$

- Cálculo de Capacidad Portante

$$q_{ult.} = c * Nc + q * Nq + \frac{1}{2} * \gamma s * B * Ny$$

$$\text{Cohesión (c)} = 0.003 \text{ kg/cm}^2 = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Para el ángulo de fricción } \emptyset = 23.30^\circ$$

$$Nc = 20.48$$

$$Nq = 8.84$$

$$Ny = 3.84$$

$$q = \gamma s * Df = 1721 \text{ kg/m}^3 * 0.30 \text{ m} = 516.3 \text{ kg} - \text{m}^2$$

$$q_{ult.} = 300 * 20.48 + 516.3 * 8.84 + \frac{1}{2} * 1721 * 5.40 * 3.84$$

$$q_{ult.} = 28551.42 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{adm.} = \frac{28551.42}{3} = 9517.14 \text{ kg/m}^3$$

$$q_{adm.} = 0.95 \text{ kg/m}^3$$

- Verificación de las dimensiones por presiones de suelo

$$X_0 = \frac{Mr - Ma}{P}$$

$$X_0 = \frac{214.85 - 73.61}{69.13}$$

$$X_0 = 2.04 \text{ m}$$

Cálculo de la excentricidad

$$\frac{B}{6} = \frac{5.40}{6} = 0.90$$

$$e = \frac{B}{2} - X_0$$

$$e = \frac{5.40}{2} - 2.04$$

$$e = 0.65$$

Debe cumplir $\frac{B}{6} \geq e \rightarrow 0.90 \geq 0.65 \dots \text{Conforme}$

- Cálculo de las presiones de suelos

$$q_1 = \frac{P}{B} * \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_1 = \frac{69.13}{5.40} * \left(1 + \frac{6 * 0.65}{5.40}\right) = 22.05 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_2 = \frac{P}{B} * \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_2 = \frac{69.13}{5.40} * \left(1 - \frac{6 * 0.65}{5.40}\right) = 3.56 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

- Cálculo del acero de refuerzo de la pantalla

En la base: $M_u = 89.07 \text{ ton-m}$; $t_2 = 0.85 \text{ m}$

As	a
$As = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$	$As = \frac{As \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b}$
$As = 33.65 \text{ cm}^2$	$a = 20 \text{ cm}$
$As = 30.85 \text{ cm}^2$	$a = 7.26 \text{ cm}$

- Cálculo de longitud de corte para la pantalla

$$\frac{M_{\text{máx}}}{2} = \frac{89.07}{2} = 44.54 = 1.7 \cdot K_a \cdot \gamma_{\text{suelo}} \cdot \frac{h^3}{6}$$

$$44.54 = 1.7 \cdot 0.433 \cdot 1.721 \cdot \frac{(7.5 - h_c)^3}{6}$$

$$h_c = 1.547 \text{ m}$$

$$L_c = h_c + d$$

$$L_c = 1.547 + 0.7436 = 2.29 \text{ m}$$

Usar: $L_c = 2.30 \text{ m}$

- Cálculo del acero longitudinal

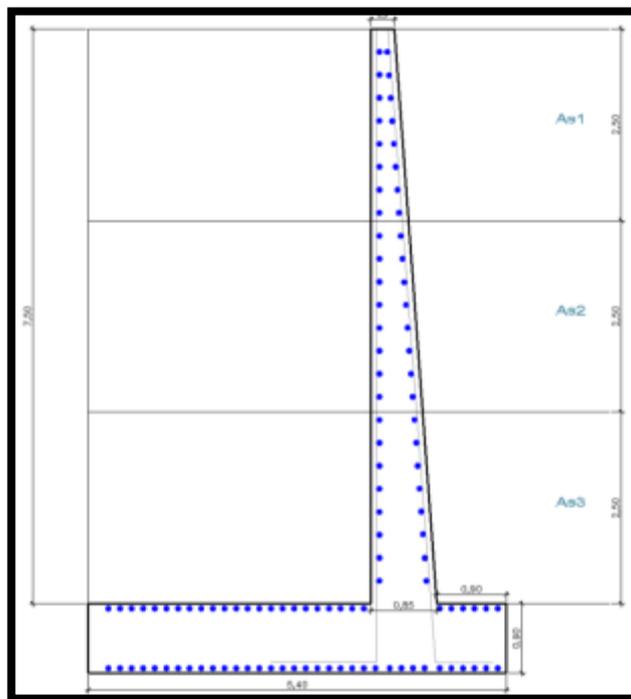


Figura 58. Dimensionamiento del acero longitudinal de la pantalla

Arriba

$$As_1 = 0.002 * b * d_1$$

$$As_1 = 0.002 * 100 * 30$$

$$As_1 = 6 \frac{cm^2}{m}$$

$$\frac{2}{3} * As_1 = 4 \text{ cm}^2; 3/8'' @ 0.18 \text{ m}$$

$$\frac{1}{3} * As_1 = 2 \text{ cm}^2; 3/8'' @ 0.36 \text{ m}$$

Abajo

$$As_3 = 0.002 * b * d_3$$

$$As_3 = 0.002 * 100 * 85$$

$$As_3 = 17 \frac{cm^2}{m}$$

$$\frac{2}{3} * As_3 = 11.33 \text{ cm}^2; 5/8'' @ 0.14 \text{ m}$$

$$\frac{1}{3} * As_3 = 5.67 \text{ cm}^2; 5/8'' @ 0.22 \text{ m}$$

Intermedio

$$As_2 = 0.002 * b * d_2$$

$$As_2 = 0.002 * 100 * 57.5$$

$$As_2 = 11.5 \frac{cm^2}{m}$$

$$\frac{2}{3} * As_2 = 7.67 \text{ cm}^2; 5/8'' @ 0.21 \text{ m}$$

$$\frac{1}{3} * As_2 = 3.83 \text{ cm}^2; 1/2'' @ 0.33 \text{ m}$$

Acero de montaje

$$As_{montaje} = \emptyset 3/8'' @ 0.45 \text{ m}$$

$$s = 36 * \emptyset = 36 * 1.27 = 45.7 \text{ cm}$$

Usar: $\emptyset 1/2'' @ 0.45 \text{ m}$

- Cálculo del acero de refuerzo de la zapata exterior

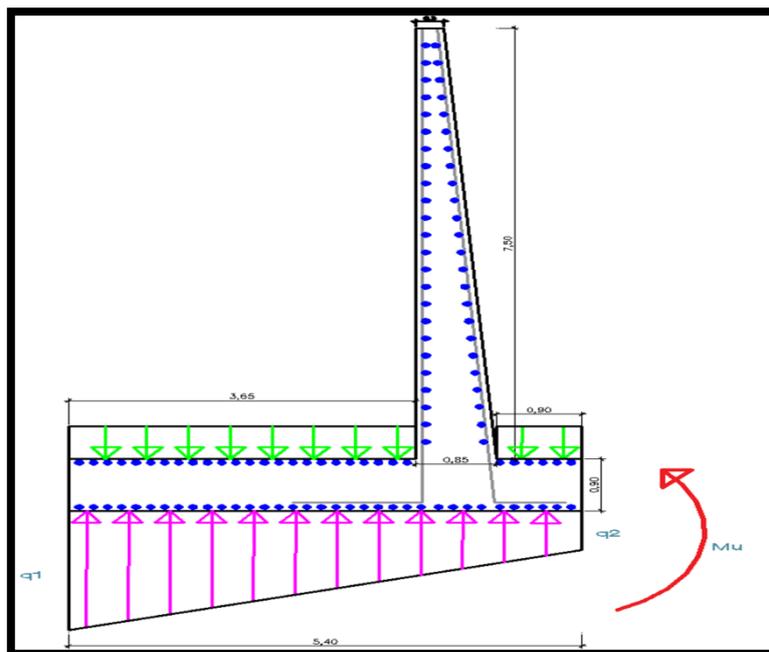


Figura 59. Dimensionamiento del acero de refuerzo de zapata exterior

$$W_{ppz} = Hz * 1m * 2.4 \frac{ton}{m^3}$$

$$W_{ppz} = 0.90 * 1m * 2.4 \frac{ton}{m^2} = 2.16 \frac{ton}{m}$$

$$W_{m\acute{a}x} = 1.7 * q_1 - 0.9 * W_{ppz}$$

$$W_{m\acute{a}x} = 35.54 \frac{ton}{m}; d = 0.90 - 7.5 - \frac{1}{2} * 1.59 = 81.71$$

As	a
$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$	$As = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$
$As = 2.43 \text{ cm}^2$	$a = 8 \text{ cm}$
$As = 1.61 \text{ cm}^2$	$a = 0.57 \text{ cm}$

Acero mínimo

$$As_{min} = 0.0018 * 100 * 81.71 = 14.70 \text{ cm}^2$$

Usar: $\emptyset 5/8'' @ 0.15 \text{ m}$

Cculo del acero de refuerzo de la zapata interior

$$\frac{q'_B}{(q_1 - q_2)} = \frac{(B_1 - t_2)}{(B_1 + B_2)} \quad R = \frac{1}{2} * q'_B * (B_1 - t_2)$$

$$q'_B = \frac{(4.50 - 0.85) * (22.05 - 3.56)}{(4.50 + 0.85)} = 12.61 \frac{ton}{m^2} \quad R = \frac{1}{2} * 12.61 * (4.50 - 0.85)$$

$$R = 23.01$$

$$W_{m\acute{a}x} = (q'_B + W_p) * 1.4$$

$$W_{m\acute{a}x} = (12.91 + 2.16) * 1.4 = 21.10 \frac{ton}{m}$$

$$Mu = (W_u - 1.4 * q_2) * \frac{(B_1 - t_2)^2}{2} - \frac{1.4 * q'_B}{6} * (B_1 - t_2)^2$$

$$Mu = (21.10 - 1.4 * 3.56) * \frac{3.65^2}{2} - \frac{1.4 * 12.61}{6} * (3.65)^2$$

$$Mu = 68.20 \text{ ton-m}$$

As	a
$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$	$As = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$
$As = 22.83 \text{ cm}^2$	$a = 5.37 \text{ cm}$

Usar: $\emptyset 1'' @ 0.15 \text{ m}$

Refuerzo transversal

$$A_{s_{min}} = 0.0018 * b * t = 0.0018 * 100 * 85 = 15.3 \text{ cm}^2$$

Usar: Ø 3/4" @ 0.15 m

$$A_{s_{montaje}} = 36 * \emptyset = 36 * 1.59 = 68.76 \text{ cm}$$

Usar: Ø 3/4" @ 0.60 m

h) Diseño del Sistema Erdox 1

$$\gamma \text{ suelo} = 1674 \text{ kg/m}^3$$

$$\emptyset = 24.52^\circ$$

$$f'c = 210 \text{ kg/m}^2$$

$$FSD = 1.50$$

$$FSV = 1.75$$

$$H_p = 7.50 \text{ m}$$

$$H = 2 \text{ m}$$

$$T1 = 0.30 \text{ m}$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/m}^2$$

$$S/C = 1 \text{ tn/m}^2$$

$$f = 0.60$$

$$\text{Cohesión} = 0.02 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo del empuje activo

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\emptyset}{2}\right)$$

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{24.52^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = 0.4134$$

- Cálculo del empuje ejercido al Sistema ErdoX 1

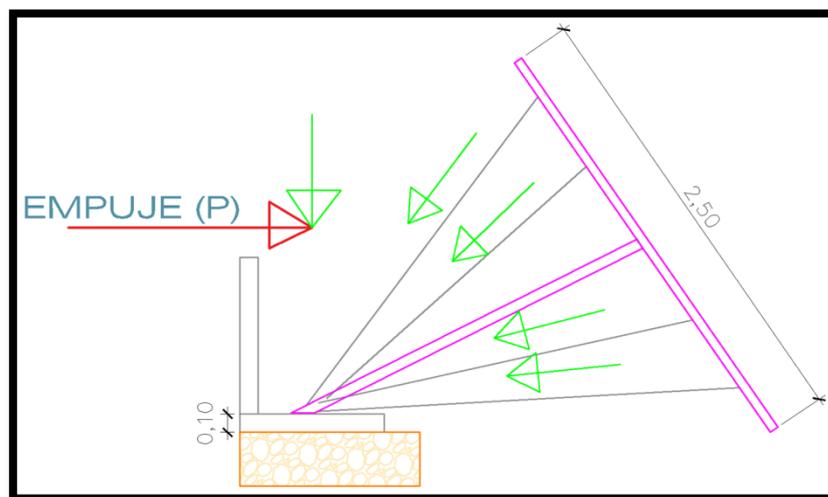


Figura 60. Empuje aplicado en el Panel del Sistema Erdox

$$P = \gamma \text{ suelo} * h * \frac{Ka}{2} * Q * Ka$$

$$P = 16.42 * 2 * \frac{0.4134}{2} * 1 * 0.4134$$

$$P = 32.76 \text{ KN}$$

$$P = 3339.45 \text{ kg} = 3.34 \text{ ton} > \mathbf{10 - 12 \text{ ton CUMPLE}}$$

- Cálculo peso de Relleno 1 (mismo material escavado)

$$WS_1 = (A_1 * L) * \gamma \text{ suelo relleno}$$

$$WS_1 = (1.60 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1674 \text{ kg/m}^3$$

$$WS_1 = 5356.8 \text{ kg}$$

- Cálculo peso de Relleno 2 (mismo material escavado)

$$WS_2 = (A_2 * L) * \gamma \text{ suelo relleno}$$

$$WS_2 = (1.28 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1674 \text{ kg/m}^3$$

$$WS_2 = 4285.44 \text{ kg}$$

- Cálculo peso de Relleno 3 (mismo material escavado)

$$WS_3 = (A_3 * L) * \gamma \text{ suelo relleno}$$

$$WS_3 = (1.50 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1674 \text{ kg/m}^3$$

$$WS_3 = 5022 \text{ kg}$$

- Cálculo del Peso de la Placa de Anclaje 1

$$WPlaca_1 = (A_1 * L) * \gamma \text{ concreto}$$

$$WPlaca_1 = (0.80 \text{ m}^2 * 0.80 \text{ m}) * 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$WPlaca_1 = 1536 \text{ kg}$$

- Cálculo del Peso de la Placa de Anclaje 2

$$WPlaca_2 = (A_2 * L) * \gamma \text{ concreto}$$

$$WPlaca_2 = (0.80 \text{ m}^2 * 0.80 \text{ m}) * 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$WPlaca_2 = 1536 \text{ kg}$$

El Peso del sistema Erdox Junior es: W Erdox= 120 Kg

- Momento por Volcamiento en el Sistema Erdox

$$Mo = bt * Ea$$

bt= Distancia al Punto de Empuje

$$Mo = 1\text{m} * 3339.45 \text{ kg}$$

$$Mo = 3339.45 \text{ kg}$$

- Cálculo de Momento Estabilizante (Sin considerar la cama de canto rodado de apoyo)

$$Me = WS_1 * bwt_1 + WS_2 * bwt_2 + WS_3 * bwt_3 + WPlaca_1 * bwt_4 + WPlaca_2 * bwt_5 + WErdox * bwt_6$$

$$Me = 5356.8 * 2.54 + 4285.44 * 1.82 + 5022 * 1 + 1536 * 2.54 + 1536 * 2.89 + 120 * 0.75$$

$$Me = 34858.25 \text{ kg}$$

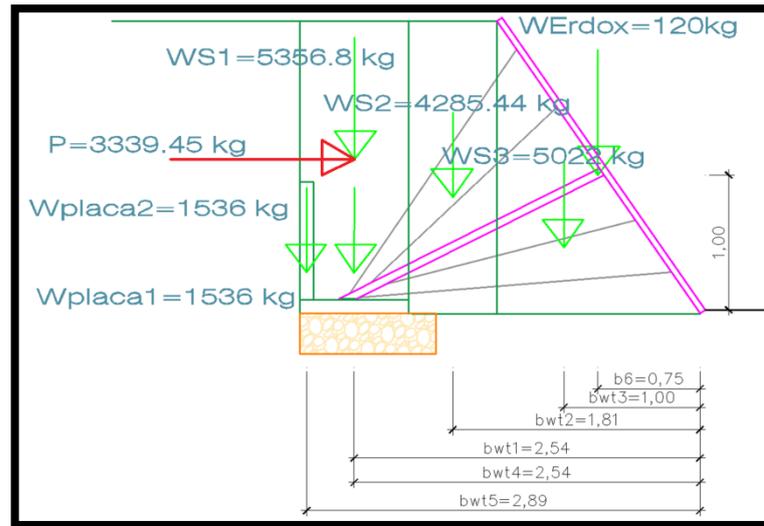


Figura 61. Fuerzas Resistentes y Fuerzas de Volcamiento en el Sistema Erdox

- Factor de Seguridad por Volcamiento

$$FSV = Me/Mo = \frac{34858.25}{3339.45}$$

$$FSV = 10.44 > 2 \dots \text{CUMPLE}$$

- Factor de Seguridad al deslizamiento (Considerando la cama de canto rodado de apoyo)

Cálculo del peso de la Cama de Canto Rodado para apoyo de Placa Anclaje

$$W_{\text{canto rodado}} = (A_2 * L) * \gamma_{\text{canto rodado}}$$

$$W_{\text{canto rodado}} = (0.36 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{\text{canto rodado}} = 1440 \text{ kg}$$

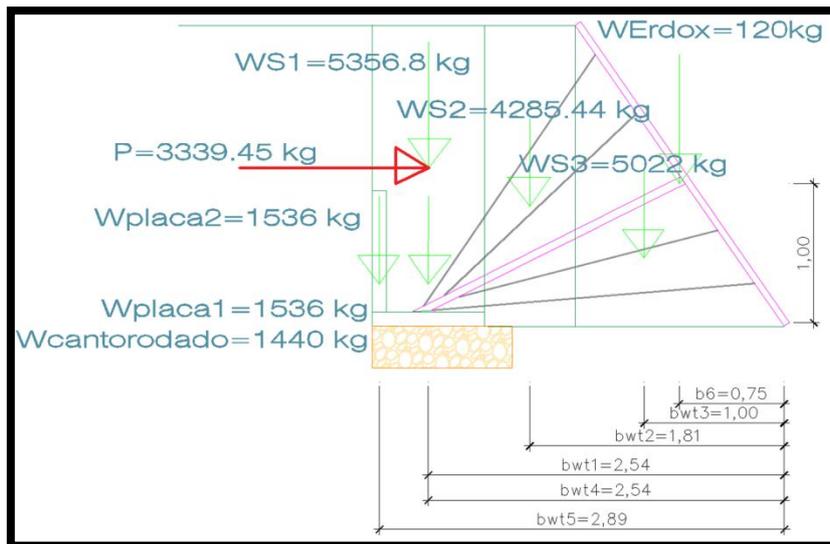


Figura 62. Fuerzas Verticales y Empuje Actuante

$$FSD = \frac{(\Sigma V * \tan(\theta))}{Eah}$$

$$FSD = (1440+1536+1536+5356.8+4285.44+5022+120)*\tan(24.52^\circ)/3339.45$$

$$FSD = 2.64$$

$$FSD = 2.64 > 1.50... \text{ CUMPLE}$$

- Cálculo de Capacidad Portante

$$q_{ult.} = c * Nc + q * Nq + \frac{1}{2} * \gamma s * B * Ny$$

$$\text{Cohesión (c)} = 0.002 \text{ kg/cm}^2 = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Para el ángulo de fricción } \theta = 24.52^\circ$$

$$Nc = 23.37$$

$$Nq = 11.17$$

$$Ny = 6.40$$

$$q = \gamma s * Df = 1674 \text{ kg/m}^3 * 0.30 \text{ m} = 502.2 \text{ kg} - \text{m}^2$$

$$q_{ult.} = 200*23.37+502.2*11.17+\frac{1}{2}*1674*2.95*6.40$$

$$q_{ult.} = 26086.134 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{adm.} = \frac{26086.134}{3} = 8695.378 \text{ kg/m}^3$$

$$q_{adm.} = 0.87 \text{ kg/m}^3$$

- Punto de Aplicación de la Normal

$$X = \frac{(Me - Mo)}{(WErdox + Wrelleno + Wplacas + Wcanto rodado)}$$

$$X = \frac{(34858.25 - 3339.45)}{16296.24}$$

$$X = 1.93 \text{ m}$$

- Cálculo de Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - x < \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{2.95}{2} - 1.93 < \frac{2.95}{6}$$

$$e = -0.46 < 0.49 \dots \text{ CUMPLE}$$

- Cálculo de Asentamiento

Para Sistema Erdox 1

$$\sigma_1 = \frac{(W_{Erdox} + W_{relleno} + W_{placas} + W_{canto rodado})}{A} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$\sigma_1 = \frac{(16296.24)}{2.95 \times 2} \left(1 - \frac{6(-0.46)}{2.95}\right)$$

$$\sigma_1 = 0.53 \text{ kg/cm}^2 < 1.39 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{ CUMPLE}$$

i) Sistema de muro en jardinería

- la geometría y la profundidad de la raíz de la vegetación a utilizar

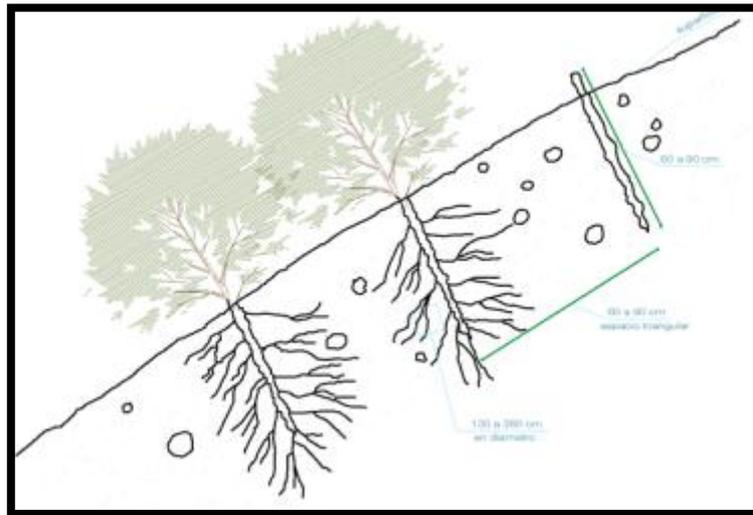


Figura 63. Vista perfil de raíces de las plantaciones

- **Técnicas de remediación de la hidrosiembra**

Esta técnica se basa en el mezclado de semillas, abono, estabilizante y mulch, para así posteriormente colocar en el terreno. Esta mezcla permite mantener la semilla en buenas condiciones de humedad propiciando en su germinación.

Asimismo, esta técnica se adecúa a las condiciones y accesos complicados que pueda presentar el terreno. Para esto, esta mezcla puede ser proyectada o lanzada mediante un equipo de bombeo, garantizando la colocación completa de la mezcla

en todo el terreno. Además de la ventaja de flexibilidad para llegar a áreas críticas o terrenos irregulares, esta técnica presenta otras como:

- ✓ Eficiencia en el control de la erosión
 - ✓ óptima combinación y distribución de los componentes de la mezcla.
 - ✓ El mulch protege y nutre a la semilla, otorgando mayor probabilidad de germinación y supervivencia de las semillas
 - ✓ Poca severidad de suelo, clima y mantenimiento
- Plantaciones a utilizar en el sistema de muro de jardinería
 - **Eucalipto.**- esta especie es un tipo de árbol que presenta gran desarrollo; presenta una coloración gris; que alcanza alturas promedios que pueden rebasar los 100 m. Sus hojarascas son de dos formas, con fuerte aroma a cineol; son contrarios en las ramas tiernas y posteriormente son alternas y pecioladas; de color verde; de 10 a 20 cm. de largo.



Figura 64. Vista de la plantación de Eucalipto

- **Pino.** – es un árbol perenne de la progenie de las pináceas presentando hasta 40 m de altura, aunque comúnmente alcanza los 25 m. Tallos erguido, con fisuras corteza de color marrón grisácea en la parte inferior y rojo anaranjada o pardo rojiza en la parte superior y en las ramas.



Figura 65. Vista de la planta del pino

- **Gramma.-** estas especies en las hojas presentan una coloración verde grisáceas, cortas, de 4 a 15 cm de longitud con bordes firmes membranosos; vainas de aproximadamente 1,5 a 7 cm de largo, en la mayoría presenta más cortas que los entrenudos, vilosas en el ápice, las inferiores quilladas, lígulas membranosas, cilioladas, de 0,2 a 0,3 mm de largo, en otros aspectos vilosas en el dorso, presentando láminas de 0,5 a 6,5 cm de largo por 1 a 3,5 mm de ancho.



Figura 66. Vista de la planta Grama

j) Costos de ejecución para sistema muro en voladizo, Erdox y jardinería

Sistema de muro en voladizo

Costo del sistema de muro en voladizo

SISTEMA MURO EN VOLADIZO					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U	MONTO(S/)
1.00	Obras Provisionales				
	Topografía y Georeferenciación	km	0.01	644.51	3.22
1.01	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial	mes	3.00	9,543.21	28,629.63
2.00	Movimiento de Tierras				
	Desbroce y limpieza en bosque	ha	0.04	2,270.11	98.75
	Excavación de material suelto	m3	1748.59	2.56	4,476.39
	Conformación de Sub - Rasante	m3	58.00	0.68	39.44
2.01	Conformación de Terraplenes con material propio	m3	58.00	2.93	169.94
3.00	Obras de Arte y Drenaje				
3.01	Relleno para estructura	m3	1282	11.65	14,938.21
3.02	Tubería flexible perforada	m	22.05	9.43	207.93
3.03	Geocompuesto para drenaje 11mm	m2	99.00	13.11	1,297.89
	Geomanta Macmat L2 X 30	m2	213.14	7.64	1,628.39
	Acondicionamiento de material en DME	m3	466.33	0.94	438.35
	Concreto f'c = 210 kg/cm2	m3	319	111.18	35,465.31
	Encofrado y Desencofrado	m2	478	17.34	8,290.25
3.02	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2	kg	12768.53	1.44	18,386.68
4.00	Transportes				
	Transporte de mat. Granular menor a 1km	m3.km	320.91	1.97	632.19
	Transporte de mat. Granular mayor a 1km	m3.km	55928.25	0.67	37,471.93
	Transporte de mat. Excedente menor a 1km	m3.km	410.37	1.97	808.43
4.01	Transporte de mat. Excedente mayor a 1km	m3.km	446.28	0.67	299.01
			COSTO DIRECTO	TOTAL	153,278.73

Sistema Erdox

APU (Análisis de Precios Unitarios)

1.01		Topografía y Georeferenciación					
Km/día	MO.	0.6000	EQ.	0.6000	Costo unitario directo por: Km		1,938.96
Descripcion Recursos		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
Topografo		hh	1.0000	13.3333	21.79	290.53	
Peon		hh	1.0000	80.0000	16.39	1311.20	
nivelador		hh	1.0000	13.3333	16.76	223.47	
						1,825.20	
Materiales							
Clavos		Kg		0.2658	4.00	1.06	
Madera Pino		p2		2.0000	4.81	9.62	
Pintura sintetico		gal		0.2511	36.97	9.28	
						19.97	
Equipo							
Herramientas Manuales		%mo		5.0000	1825.20	91.26	
Nivel Topografico		hm	1.0000	13.3333	7.00	0.93	
Estacion topografico		hm	1.0000	13.3333	12.00	1.60	
						93.79	

2.01		CORTE DE MATERIAL DE TALUD					
m3/DIA	MO.	460.0000	EQ.	460.0000	Costo unitario directo por: m3		2.48
Descripcion Recursos		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
Capataz		hh	0.1000	0.0017	23.87	0.04	
						0.04	
Equipos							
Herramienta Manual		%mo		5.0000	0.04	0.00	
Excavadora		hm	1.0000	0.0174	140	2.43	
						2.44	

3.01		Elemento ErdoX icluye placa apoyo y transporte					
unid/día	MO.		EQ.		Costo unitario directo por: unid		257.38
Descripcion Recursos		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos							
Elemento ErdoX y Placa de apoyo y Transporte		unid		1.0000	257.38	257.38	
						257.38	

3.02		Relleno para ErdoX con material Propio y Grava					
Km/día	MO.	870.0000	EQ.	870.0000	Costo unitario directo por: m3		1.31
Descripcion Recursos		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
Capataz		hh	0.1000	0.0009	23.87	0.02	
						0.02	
Equipo							
Herramientas Manuales		%mo		5.0000	0.02	0.00	
Excavadora		hm	1.0000	0.0092	140	1.29	
						1.29	

4.01		Transporte de Material Grava a más de 1 Km					
m3.Km/día	MO.	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por: m3.Km		1.73
	H.M	0.0065					
Descripcion Recursos		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Camión Volquete de 15m3		hm	1.0000	0.0065	265.60	1.73	
						1.73	

SISTEMA ERDOX					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U	MONTO(S/)
1.00	Obras Provisionales				
1.01	Topografía y Georeferenciación	km	0.18	1,938.96	349.01
2.00	Movimiento de Tierras				
2.01	Corte de Material de Talud	m3	2923.11	2.48	7179.35
3.00	Obras de Arte y Revegetación				
3.01	Elemento ErdoX (Incluye placa de apoyo y transporte)	und	180	257.38	46328.4
3.02	Relleno para ErdoX con material propio y Grava	m3	2077.2	1.31	2721.77
3.03	Vegetación (Eucalipto y Pino)	und	60	65	3900
4.00	Transportes				
4.01	Transporte de Material Grava a mas de 1Km	m3.Km	270	1.73	466.13
COSTO DIRECTO				TOTAL	60,944.66

Costo del sistema muro de jardinería

SISTEMA MURO JARDINERÍA					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P.U	MONTO(S/)
1.00	Obras Provisionales				
	Topografía	km	2.53	0.88	1.11
2.00	Movimiento de Tierras				
	Excavación de material común	m3	6,172.32	11.89	73,388.88
	Transporte de material común	m3	7,261.55	13.38	97,159.54
3.00	Remediación Ambiental				
3.01	Hidrosiembra	m3	8,788.45	16.83	147,909.61
COSTO DIRECTO				TOTAL	318,459.15

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Teniendo en consideración el Mapa Geológico del Cuadrángulo de Huancayo (hoja 25-m, del INGEMET), se identificó en el área de Estudio un grupo litológico principal constituido por un depósito de sedimentos de tipo aluvial pertenecientes a la tercera glaciación cuya edad geológica pertenece al cuaternario (Q-t2). En el área de influencia directa en la zona de estudio no se determinó la presencia del nivel freático hasta la profundidad examinada. Asimismo, no se apreció la presencia de estructuras geológicas notables, como fallas, discordancias, grietas pronunciadas, etc. ya que en el lugar de estudio tiene un perfil de suelo uniforme.
- Con respecto al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, conforme a la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por Alva Hurtado (1984), el cual se basó en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; Se concluye que el área en estudio el KM 11+780 al 11+840 centro poblado Chamiseria, se encuentra dentro de la zona de Sismicidad media (zona 2), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades tan considerables como IV a VII en la escala Mercalli Modificada.
- De acuerdo al estudio geomorfológico, el lugar se encuentra en los andes del Perú Central que se diferencian clásicamente por 3 unidades geomorfológicas que son, de oeste a este: la cordillera occidental, las Altas Mesetas Centrales y la Cordillera Oriental. A estas cualidades generales se suman el notable proceso de una

morfología cárstica, así dando origen a las formas menores de relieve que son representativas de nuestra geomorfología.

- La topografía típica del KM 11+780 al 11+840 en el centro poblado Chamiseria, se encuentra en una pendiente muy inclinada y la posición topográfica del terreno es relativamente plano en la base y muy empinado a los laterales, presentando un desnivel de 15 mts desde la carretera principal Huancayo – Acopalca, hasta la corona del talud, la pendiente es de 85 %, se encuentra en una zona rural, los desniveles van desde los 3595.00 hasta 3608.30 m.s.n.m con respecto al nivel de la vía principal.
- El estudio de suelo realizado para el correcto cálculo del sistema de estabilidad de talud a utilizar, presenta una conformación casi homogénea. C-1 ubicado en el Km 11+840 con una profundidad de 2 m, C-2 ubicado en el Km 11+590 con una profundidad de 2 m , C-3 ubicado en el Km 11+840 con una profundidad de 2 m. Presenta material granular, compuesto por arena arcillosa, en estado semi compacto, húmedo, con presencia de raíces de plantaciones típico de la zona , se encontró una grava arcillosa, en estado semi compacto, húmedo, con presencia de gravas sub redondeadas de 12” en un 15%, con presencia de gravas sub redondeadas.

Comportamiento estructural

Tabla 11. Resumen de resultados – Sistema de muro en voladizo – Sistema Erdox.

Sistema de muro en voladizo	Sistema Erdox	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL		INCREMENTO Y REDUCCIÓN EN % DEL ERDOX CON RESPECTO AL MURO EN VOLADIZO	
26.29 tn	3.34 tn	EMPUJE ACTIVO		87.30%	reducción
1.58	10.44	FACTOR DE SEGURIDAD VUELCO	ESTABILIDAD LOCAL	84.87%	incremento
2.92	2.64	FACTOR DE SEGURIDAD DESLIZAMIENTO		9.59%	reducción
0.95 kg/m3	0.87 kg/m3	CAPACIDAD PORTANTE		8.42%	reducción

Fuente Elaboración Propia

Interpretación: Empleando el Sistema ErdoX hay una reducción de 87.30% con respecto al sistema de muro en voladizo, analizados por estructura construida. En el tema de factor de seguridad de vuelco obtenemos un incremento de 84.87 % y con respecto al factor de seguridad deslizamiento hay una reducción de 9.58%, todo ello es con respecto al Sistema de Muro en Voladizo. En lo que respecta a la capacidad portante la reducción del Erdox con respecto al sistema de muro en voladizo es de 8.42% con lo cual se evidencia menor sobrecargas al terreno.

5.1. Técnicas de instalación

Cerca de la zona donde tendrán que ser colocadas las estructuras, es necesario individuar un terreno plano donde se puedan armar las estructuras, para lo cual serán necesarios en promedio no más de 30 minutos para cada ErdoX®.

Para el armado de las estructuras se necesitan unas 4 personas, un set de llaves y una maquina (retro excavadora – excavadora – pequeña grúa etc.) para levantar las estructuras.

Costo global de los sistemas soles (S/)

Tabla 12. Costos de Ejecución Sistema Muro en Voladizo vs Sistema ErdoX

SITEMA MURO EN VOLADIZO	SISTEMA ERDOX
S/ 153,278.73	S/ 60,944.66
100%	39.76%
Economiza 60.24 % ejecutando con erdox	

Fuente Elaboración Propia

Interpretación: Utilizando un Sistema Erdox se economiza en un 60.24% que es igual S/ 92335.11 en costos de ejecución en estabilizar 180 m, esto con respecto al sistema de muro en Voladizo.

Tabla 13. Costos de Ejecución Sistema Muro de Jardinería vs Sistema ErdoX

SITEMA MURO DE JARDINERÍA	SISTEMA ERDOX
S/ 318,459.15	S/ 60,944.66
100%	19.14%
Economiza 80.86 % ejecutando con erdox	

Fuente Elaboración Propia

Interpretación: Utilizando un Sistema Erdox se economiza en un 60.24% que es igual S/ 60953.08 en costos de ejecución en estabilizar 180m, esto con respecto al sistema muro de Jardinería.

5.2. Vida útil del sistema ErdoX

La estructura ErdoX ha tenido un estudio minucioso considerándose las particulares problemáticas inherentes a la resistencia en el tiempo del sistema, sincrónicamente disminuyendo al mismo tiempo los trabajos de mantenimiento, con considerables ventajas económicas y de operatividad. La estructura en su composición general (vigas, redes, cables, etc.) no es necesario tener en consideración algún tipo de mantenimiento, pero si es necesario un control periódico la zona donde se ha

instalado las estructuras con el fin de indagar que el emplazamiento en situ corresponda a las referenciales de proyecto a garantía de la correcta eficacia del trabajo. En los mantenimientos se considera un control periódico de 1 a 5 años según necesidad, en ello se tendrá que verificar el estado de revestimiento anti corrosivos de los componentes, y estas verificaciones se realizara en conformidad de la normatividad vigente, pero también puede ser dañado de condiciones ambientales particulares o agentes imprescindibles presentes en la atmosfera y en el suelo.

5.3. Discusión de resultados

1. Según (Betonform, 2016) especifica que el empuje activo sobre el panel es transmitido de forma piramidal a través del tirante rígido y los cables de contraviento a la placa en concreto, que muestra el sistema de anclaje de la estructura. Es por ello que es importante resaltar el apoyo de placa de anclaje sobre el terreno. En el presente estudio se define que el sistema de muro en voladizo presenta un 26.29 ton de empuje activo del suelo, Por otra parte, tenemos al sistema Erdox con una resistencia de 3.34 tn de empuje activo, siendo una resistencia por cada estructura instalada en el terreno. Observamos una resistencia favorable en el sistema de muro en voladizo, pero al ser estudiado por unidad estructural el sistema Erdox es más resistente y duradero.
2. Según (García Jhonathan, 2017) define que un talud es estable al tener en cuenta a nivel local el factor de seguridad a vuelco superior a 2. Según el estudio y los cálculos realizados para el Sistema Erdox el factor a vuelco fue 10.44 y para el sistema de muro en voladizo fue 1.58. esto nos indica que el sistema Erdox supera considerablemente el factor de seguridad limite, mientras que en el sistema de muro en voladizo el factor de seguridad es bajo debiéndose incrementar a dicho factor.
3. Según (Luján José, 2017) señala que al realizar el estudio del factor de seguridad contra deslizamientos en terrenos de baja cohesión debe ser por lo menos de 1.5. En el presente trabajo se verifica que ambos sistemas cumplen con los requerimientos de los parámetros principales en el análisis a deslizamiento.

4. Según (Valiente Ricardo, Sobrecases, Salvador y Díaz Aníbal, 2015) detalla que la fuerza desestabilizadora más notable es el peso de la masa corredera de deslizamiento y peso de la estructura a utilizar en este caso ello debe ser menor a la capacidad portante del terreno. Según los cálculos realizados observamos que la capacidad portante del terreno fue 1.52 Kg/cm², empleando el Sistema de muro en Voladizo fue 0.95 Kg/cm² y empleando el Sistema Erdox el resultado fue de 0.87 Kg/cm². Es similar porque la capacidad portante del muro en Voladizo y del Sistema Erdox son menores a la capacidad portante del terreno por lo cual cumple con la verificación por asentamiento.
5. Según (Urteaga César, 2017) afirma que al emplear el Sistema Erdox resulta mucho más económico que emplear un Sistema de muro en voladizo. En el presente presupuesto elaborado para los 3 sistemas estudiados se verifica que hay un 60.24 % al hacer las comparaciones con el sistema de Muro en Voladizo y el sistema Erdox. Pero cuando se realiza la comparación entre el Sistema Muro de Jardinería y sistema ErdoX hay un 80.86% de diferencia. Al realizar las comparaciones vemos que el Erdox es el sistema más económico para estabilizar el talud crítico.
6. Según (Urteaga César, 2017) define que el Sistema Erdox presenta una ventaja muy favorable en la técnica de instalación siendo la mano de obra, maquinarias y tiempo de ejecución muy práctico. En el estudio realizado se puede afirmar que teniendo en cuenta las características del proyecto se alcanzan rendimientos 3 veces más efectivos que los otros sistemas en estudio.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que en el Km 11+780 al 11+840 carretera central Huancayo - Acopalca tanto el Sistema Muro en Voladizo, Sistema de muro en Jardinería y el Sistema Erdox mejoran el comportamiento estructural en la zona de estudio. Sin embargo, el Erdox presenta mejor comportamiento a nivel estructural ya que se incrementa en 84.87% de factor de seguridad vuelco un 9.59% en el factor de seguridad deslizamiento, también de una reducción de 8.42% en capacidad Portante con respecto a un Sistema de Muro en Voladizo según la Tabla N° 11. Además, en el comportamiento económico empleando el Sistema Erdox se economiza 60.24% que utilizando el Sistema muro en Voladizo y un 80.86% utilizando en sistema de Muro en Jardinería según la Tabla N° 12 y Tabla N° 13.
2. Se determinó que el Sistema Erdox presenta mayor resistencia del momento actuante teniendo en cuenta que se realizó el estudio por cada estructura Erdox, obteniendo un 3.34 Tn por estructura instalada y un 26.29 Tn en estructura general del sistema de Muro en voladizo. Todo esto se da gracias a que el Erdox funciona como un mono-anclaje de peso reducido que no sobrecarga al terreno y distribuye las cargas en el tirante rígido y los cables contravientos.
3. Se determinó que la técnica de instalación del Sistema Erdox, es muy efectiva y fácil de ensamblar ya que es una estructura metálica en forma piramidal, de peso reducido, pre armado y de rápida instalación que se constituyen por un panel frontal, compuesto por 2 vigas de construcción en tipo de acero HE120B unida con una platina de interconexión así formándose una cruz de san Andrés de forma rectangular. En la parte central de las vigas conectadas a través de un nudo esférico del tirante central. En la mayoría de los casos no es necesario transportar material de mejor calidad de otra zona para rellenar las estructuras, sino que se usa el mismo material excavado como relleno, beneficiando en los términos de plazos e impacto ambiental.
4. Se determinó que al emplearse el Sistema Erdox se mejora los costos de ejecución ya que según los resultados se economiza 60.24% según la Tabla N° 12 con respecto al Sistema de muro en voladizo y según la tabla N° 13 un 80.86% con respecto al Sistema de Muro en Jardinería. Esto se debe a que el relleno utilizado para el Sistema Erdox no es necesario que sea de cantera sino material propio excavado, ya que su

comportamiento es inmediato y recibe cargas sin alterar las condiciones globales y locales.

5. Se determinó que la vida útil del Sistema Erdox presenta una considerable durabilidad en el tiempo del sistema, así mismo reduciendo al mínimo los trabajos de mantenimiento periódico, con importantes ventajas económicas y de practicidad. Al considerar sus componentes estructurales de aceros tanto en (vigas, redes, cables, etc.) no es necesario realizar algún tipo de mantenimiento, pero si es importante un control periódico del área donde se ha colocado las estructuras. Los controles únicos a realizar son en el momento de la realización del trabajo siendo esto de 1 a 5 años según necesidad, en esto se realiza el control y verificación visiva del estado del revestimiento anti corrosivo de los componentes metálicos y esto realiza en conformidad de las normativas vigentes.

RECOMENDACIONES

1. Cuando se utiliza el sistema Erdox Se debe considerar la placa con anclada en L, cuando las cargas actuantes en el talud son elevadas considerando la capacidad de soporte del Erdox y se encuentre en el factor crítico de volteo. Para ello es necesario aumentar el momento estabilizante.
2. Es recomendable que para incrementar la estabilidad local en un Sistema Erdox se emplee una cama de grava debajo de la placa prefabricada para aumentar la fricción entre el terreno y la placa.
3. Es importante colocar un talón recomendable para poder evitar algún tipo de volteo del sistema de muro en voladizo. Para el Sistema Erdox es aceptable colocar geo membrana entre el sistema y el material de relleno para evitar filtración por tamizado de finos y reducir la resistencia contra la presión activa actuante.
4. Se recomienda emplear la grama y cobertura vegetal en las inclinaciones de los rellenos para poder moderar la socavación en el pie del talud y en las inclinaciones absorber los fluidos para evitar que infiltren en el material de relleno y disminuir considerablemente su comportamiento a nivel global y local.
5. Se recomienda la correcta instalación de los componentes del sistema Erdox, para poder tener una correcta resistencia y durabilidad en el sistema, ya que al no ser instalado correctamente no podrá cumplir sus estándares de calidad que la empresa Betonform y sus normativas de calidad los garantiza al sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Villavicencio, W. (2019, enero 28). Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE (actualizado con texto copiable) [fecha de consulta 4 de agosto de 2019]. De WALTERVILLAVICENCIO.COM Website: <https://waltervillavicencio.com/reglamento-nacional-de-edificaciones-rne-actualizado-con-texto-copiable/>
- Muro de contención pre-armado ErdoX. (s. f.) [Fecha de consulta 8 de diciembre de 2020]. De UDOCZ.COM website: <https://www.udocz.com/pe/read/148608/betonform-erdox-articulo-tecnico-pdf>
- Betonform ErdoX - Artículo Técnico 2012. (s. f.) [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2019]. De SCRIBD.COM website: <https://es.scribd.com/document/220840702/Betonform-ErdoX-Articulo-Tecnico-2012>
- (S. f.). [Fecha de consulta: 12 de abril de 2019]. De Betonform.com website: <http://www.betonform.com/en/products/system-erdox.html>
- Betonform® ErdoX® - Catálogo (It-Fr-Es). (s. f.). [Fecha de consulta: 2 de febrero de 2019]. De SCRIBD.COM website: <https://es.scribd.com/document/162975873/Betonform-ErdoX-Catalogo-it-fr-es>
- (S. f.). [Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2019]. De Betonform.com website: <http://www.betonform.com/en/products/system-erdox.html>
- (S. f.). [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2019]. De Betonformla.com website: <http://www.betonformla.com/en/products/system-erdox.html>
- (S. f.). [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2020]. De <http://file:///C:/Users/Mikrotek/Downloads/TIC%2000129%20G24.pdf>

Betonform LA. (s. f.). [Fecha de consulta: 2 de abril de 2020]. De Youtube.com website:

<https://www.youtube.com/channel/UCzvC262N2QIVKXLKVGfRcg>

ErdoX® - Muro de contención pre-armado. (2012, Agosto 16). [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2020]. De

<https://www.youtube.com/watch?v=v8jSoqn7orw&list=UUzvC262N2QIVKXLKVGfRcg>

Suarez, J. “Deslizamientos y Estabilidad de taludes”. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, 1998 [fecha de consulta: 14 de marzo de 2020]. Disponible en:

<https://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales.html>

Proyecto IIRSA Sur Comparación Sistemas de Contención de Taludes (ErdoX, Terramesh y Muros de Concreto Armado), 2013 [fecha de consulta: 14 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe>

(S. f.). [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. De Gob.pe website: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf

(S. f.). [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2019]. De Com.br website: <http://www.dywidag.com.br/es/proyectos/dsi-worldwide-projects/detalles/article/estabilizacion-de-taludes-con-anclajes-autoperforantes-huecos-dywidag.html>

Ugalde, K. Alternativas para la estabilidad de taludes en el cantón de León Cortés. Tesis (Licenciatura en Ingeniería en Construcción). León Cortés: Instituto tecnológico de costa, Facultad de Ingeniería en Construcción, 2015, 59 pp. [Fecha de consulta: 15 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6787/alternativas-estabilizaci%C3%B3n-taludes-cant%C3%B3n-%20Le%C3%B3n-Cort%C3%A9s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rojas, S. Diseño de muros de contención sector la aguada comuna de corral. Tesis (Ingeniero Civil en Obras Civiles). Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 2009. 87 pp. [Fecha de consulta: 15

de marzo de 2020]. Disponible en:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcir7411d/doc/bmfcir7411d.pdf>

Alfaya V. Colonización de taludes artificiales por medio de la vegetación natural. Tesis (Doctor en Ciencias Biológicas). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas, 2012. 313 pp. [Fecha de consulta: 15 de marzo de 2020]. Disponible en:
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/13766/1/T33998.pdf>

Urteaga C. Estabilización de talud con sistema ErdoX en taludes de carreteras. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2017. 60 pp. [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2019]. Disponible en:
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8294>

Ballón y Echenique. Análisis de estabilidad de muros de contención de acuerdo a las zonas sísmicas del Perú. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería Lima, 2017. 96 pp. [Fecha de consulta: 15 de marzo de 2020]. Disponible en:
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621687/ballon_ba.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Copello V. Propuestas de remediación del talud de la Costa Verde, (Tramo Barranca) mediante la técnica de hidrosiembra. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2015. 90 pp. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en:
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/550177>

Carrión C. Análisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector Sausacocha-Pallar Km. 8+000 al 9+000 Provincia de Sánchez Carrión, Departamento de la Libertad, 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil Ambiental). Chiclayo: Universidad Católica Santos Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, 2019. 201 pp. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2020]. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12423/1788>

Córdova P. Protección de un muro de contención mediante un sistema de drenaje con geocompuestos en el Hospital el Carmen de Huancayo – 2016. Tesis

(Título profesional de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2016. 132 pp. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/255>

Braja M. Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica [en línea]. Sacramento: 1984-1985 [fecha de consulta: 10 de abril de 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ralvmrz/fundamentos-de-ingeniera-geotcnica-braja-m-das>

Gutiérrez J. Sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones para mejorar el comportamiento estructural y económico del Km.14 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2019. 138 pp. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/479131486/Gutierrez-LJK-SD>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

"APLICACIÓN DEL SISTEMA ERDOX EN LA ESTABILIDAD DE TALUD, KM 11+780 AL 11+840, CARRETERA CENTRAL ACOPALCA – HUANCAYO – JUNÍN"					
PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGIA
Problema General	Objetivo General	<p>1.- Antecedentes Nivel Nacional a) Urteaga (2017) realizó la investigación: "Estabilización de talud con sistema ErdoX en taludes de carreteras" Pontificia Universidad Católica Del Perú, con la finalidad de optar título de Ingeniero Civil. b) Copello. (2015) realizó la investigación: "Propuestas de remediación del talud de la Costa Verde, (Tramo Barranca) mediante la técnica de hidrosiembra". Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Civil. c) BETONFORM® (2010-2016) se elaboraron informes técnicos: "Funcionamiento del sistema de muro de contención pre- armado ErdoX" BETONFORM L.A. SAC, con la finalidad de dar a entender el correcto funcionamiento del sistema. Nivel Internacional a) Ugalde (2015) realizó la investigación: "Alternativas para la estabilidad de taludes en el cantón de león cortés". Proyecto final de graduación para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. b) Alfaya (2012) "Colonización de taludes artificiales por medio de la vegetación natural" Universidad Complutense de Madrid, con la finalidad de optar el grado de doctor en Ciencias Biológicas.</p>	Hipótesis General	Variable Independiente	<p>Método: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: cuasi experimental Población: La población está dado por las zonas con inestabilidades de taludes del tramo de la carretera Huancayo – Acopalca. Muestra: Se tomará en cuenta 1 tramo crítico más representativo que está conformada por la carretera Huancayo – Acopalca entre las progresivas Km. 11+780 al Km. 11+840 lo cual me permite analizar su material y solucionar mi problemática. • Accesibilidad del terreno • Registro Fotográfico. • Levantamiento topográfico. • Ensayos en campo (mecánica de suelos). • Encuestas. Técnicas de procesamiento de datos: -Determinación de las muestras. -Elaboración de la matriz de datos.</p>
¿Cuál es la influencia de la aplicación del Sistema ErdoX en la estabilidad de talud en el KM 11+780 al 11+840 en la carretera central Acopalca – Huancayo – Junín año 2021?	Determinar la influencia de la aplicación del Sistema ErdoX tierra en la de estabilidad de taludes en el centro poblado de Chamiseria – Huancayo Junín año 2021.		La aplicación del sistema ErdoX debido a su eficiente resistencia y rápida colocación en la solución a problemáticas creadas por fenómenos de derrumbes y erosión del suelo influye en la estabilidad del talud en el KM 11+780 al 11+840 en la carretera central Acopalca – Huancayo – Junín año 2021.	<p>XI: Sistema ErdoX. Al Sistema ErdoX se define como muro de contención que cuenta con un mono-anclaje, Cuando se necesita intervenir de manera inmediata en una estabilización de taludes, este sistema es muy conveniente ya que presenta muy buen dinamismo, versatilidad y de bajo costo. (Betonform®, 2014). Dimensión: Componente del sistema ErdoX. Dimensión: Propiedades del sistema ErdoX Dimensión: Costo y Rendimiento</p>	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	<p>2.- Marco teórico referencial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geotecnia. • Empuje de tierras sobre muro de contención. • Tipos de sistema ErdoX. • Descripción del sistema ErdoX. • Principio de funcionamiento del sistema ErdoX. • Diseño del sistema ErdoX. • Vida útil y mantenimiento periódico. • Procedimiento constructivo del sistema ErdoX. • Muro de contención en voladizo. • Muros de Jardinería. • Características generales de la flora de taludes artificiales. • Tecnología de la hidrosiembra. 	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	
<p>a) ¿Cuál es la resistencia al empuje activo del sistema ErdoX para la estabilidad de talud?</p> <p>b) ¿Cuáles son las técnicas de instalación del sistema ErdoX para la estabilidad de talud?</p> <p>c) ¿Cuál es el costo de instalación del sistema ErdoX para la estabilidad de talud?</p> <p>d) ¿Cuál es la vida útil del sistema ErdoX para la estabilidad de talud?</p>	<p>a) Calcular la resistencia al empuje activo del sistema ErdoX para la estabilidad de talud.</p> <p>b) Establecer las técnicas de instalación del sistema ErdoX para la estabilidad de talud.</p> <p>c) Cuantificar los costos de instalación del sistema ErdoX para la estabilidad de talud.</p> <p>d) Determinar la vida útil del sistema ErdoX para la estabilidad del talud.</p>		<p>a) La resistencia del sistema ErdoX mediante el control del momento actuante en la pantalla mejora la estabilidad de talud.</p> <p>b) La técnica de instalación del sistema ErdoX gracias a la simplicidad en la secuencia operativa de colocación influye para mejorar el control de la estabilidad de talud.</p> <p>c) Los costos de instalación del sistema ErdoX define la factibilidad en su empleo para la estabilidad de talud.</p> <p>d) La vida útil del sistema ErdoX debido a la protección de la pantalla gracias a sus componentes galvanizados influye en la estabilidad de talud.</p>	<p>YI: Estabilidad talud. Son obras impredecible aquella que se ha ejecutado siguiendo criterios y métodos arbitrarios por lo que pudiera recurrir que tuviera una hiperseguridad (Hruskovic, 2011,p.52) Dimensión: Estudios Básicos. Dimensión: Sistema de muro en voladizos. Dimensión: Sistema de muro en jardinería.</p>	

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 2: INFORME DE RESULTADOS DE ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (BASE, CUERPO Y CORONA)

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 0708-2021
 Nombre de testista : Bach. Ing. Edgar Cotera Coronel
 Nombre de la tesis : Ampliación del sistema Erdos en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central Acopata - Huancayo - Junín
 Ubicación : Acopata - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21

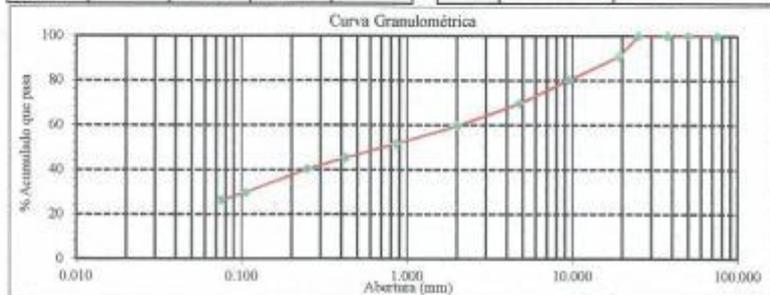
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicuta : C-1 Base de Talud Prog. 011+840
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128					Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	Límite Líquido	
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0	30	
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0	24	
1 1/2 pulg	37.500	0.0	0.0	100.0	6	
1 pulg	25.000	0.0	0.0	100.0		
3/4 pulg	19.000	9.1	9.1	90.9		
3/8 pulg	9.500	10.8	19.9	80.1		
No. 4	4.750	10.3	30.2	69.8		
No. 10	2.000	10.2	40.4	59.6		
No. 20	0.850	8.0	48.4	51.6		
No. 40	0.425	6.4	54.7	45.3		
No. 60	0.250	5.0	59.8	40.2		
No. 140	0.106	10.3	70.0	30.0		
No. 200	0.075	3.5	73.5	26.5		
Fondo		26.5	100.0			

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	30.2	% Humedad	6.1
% Arena	43.3		
% Finos	26.5		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	SM	A-1-b (0)	
Nombre	Arena limosa con grava		



NOTAS:
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Humari Salazar



INGENIERÍA DE CALIDAD

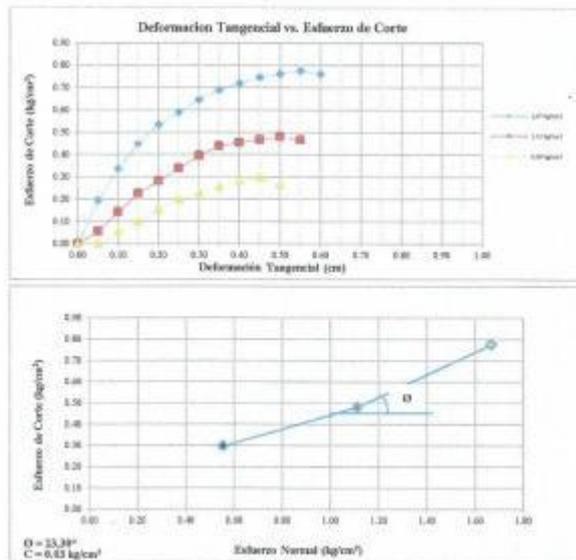
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 0708-2021
 Peticionario : Bach. Ing. Egdir Cotera Coronel
 Proyecto : Ampliación del sistema Erodex en la estabilidad de talud, kms 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Acopales - Huancayo - Junín
 Ubicación : Acopales - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21

I. Ensayo de Corte Directo
NTP 339.171

Calicata : C-1 Base de Talud Prog. 011+840
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.00
 SUCS : SM
 Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4)

Página 1 de 2



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 0708-2021
 Nombre de tesista : Bach. Ing. Edgar Cotera Correal
 Nombre de la tesis : Ampliación del sistema Eriox en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Acopaca - Huancayo - Junín
 Ubicación : Acopaca - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

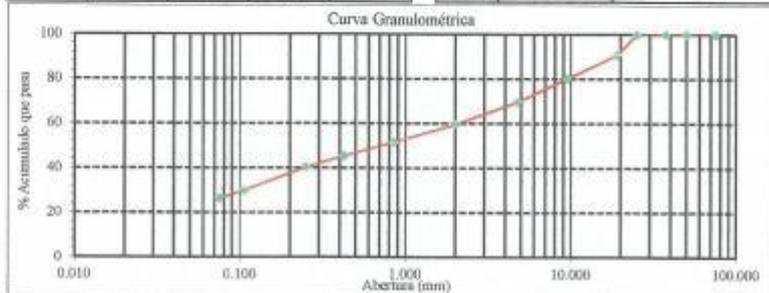
Calicata : C-1 Base de Talud Prog. 011+840
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2 pulg	37.500	0.0	0.0	100.0
1 pulg	25.000	0.0	0.0	100.0
3/4 pulg	19.000	9.1	9.1	90.9
3/8 pulg	9.500	10.8	19.9	80.1
No. 4	4.750	10.3	30.2	69.8
No. 10	2.000	10.2	40.4	59.6
No. 20	0.850	8.0	48.4	51.6
No. 40	0.425	6.4	54.7	45.3
No. 60	0.250	5.0	59.8	40.2
No. 140	0.106	10.3	70.0	30.0
No. 200	0.075	3.5	73.5	26.5
Fondo		26.5	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	30
Límite Plástico	24
Índice de Plasticidad	6

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	30.2	% Humedad	6.1
% Arena	43.3		
% Finos	26.5		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	SM	A-1-b (0)	
Nombre	Arenas limas con grava		



NOTAS:
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar

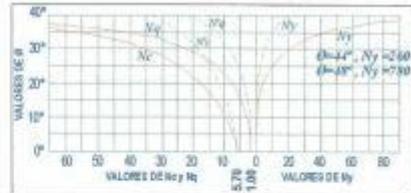


ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO

Expediente N° : 0708-2021
 Peticionario : Bach. Ing. Edgar Córdova Coronel
 Proyecto : Ampliación del sistema Edoles en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Ubicación : Acopalla - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21
 N° de muestra : M-1
 N° de cota : C-1 Base de Talud Prog. 011+840

Clasificación SUCS:

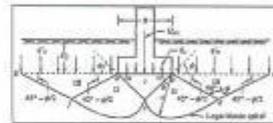
SM	
Peso específico γ	1.721 g/cm^3
Ángulo de fricción ϕ	23.30°
Cohesión C	0.03 kg/cm^2



Según Terzaghi

Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas

Q_u = Capacidad de carga última
 Q_{ad} = Capacidad admisible



CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE LA CIMENTACION					
TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA					
Peso Específico (kg/cm ³)	ϕ	C	N_c	N_q	N_y
0.001721	23.30	0.03	20.48	8.84	3.84

ZAPATA CUADRADA			
Factor de seguridad F.S. = 2.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	Q_{ad} (kg/cm ²)	Q_{ult} (kg/cm ²)
150	150	3.49	1.74
150	160	3.64	1.82
150	170	3.79	1.90
150	180	3.94	1.97
150	190	4.10	2.05
150	200	4.25	2.12
150	210	4.40	2.20
200	150	3.62	1.81
200	160	3.77	1.89
200	170	3.92	1.96
200	180	4.08	2.04
200	190	4.23	2.11
200	200	4.38	2.19
200	210	4.53	2.27
250	150	3.75	1.88
250	160	3.90	1.95
250	170	4.06	2.03
250	180	4.21	2.10
250	190	4.36	2.18
250	200	4.51	2.26
250	210	4.66	2.33
300	150	3.88	1.94
300	160	4.04	2.02
300	170	4.19	2.09
300	180	4.34	2.17
300	190	4.49	2.25
300	200	4.64	2.32
300	210	4.80	2.40

ZAPATA CUADRADA			
Factor de seguridad F.S. = 2.5			
Base (cm)	Prof. (cm)	Q_{ad} (kg/cm ²)	Q_{ult} (kg/cm ²)
150	150	3.49	1.39
150	160	3.64	1.46
150	170	3.79	1.52
150	180	3.94	1.58
150	190	4.10	1.64
150	200	4.25	1.70
150	210	4.40	1.76
200	150	3.62	1.45
200	160	3.77	1.51
200	170	3.92	1.57
200	180	4.08	1.63
200	190	4.23	1.69
200	200	4.38	1.75
200	210	4.53	1.81
250	150	3.75	1.50
250	160	3.90	1.56
250	170	4.06	1.62
250	180	4.21	1.68
250	190	4.36	1.74
250	200	4.51	1.80
250	210	4.66	1.87
300	150	3.88	1.55
300	160	4.04	1.61
300	170	4.19	1.67
300	180	4.34	1.73
300	190	4.49	1.79
300	200	4.64	1.85
300	210	4.80	1.91

ZAPATA CUADRADA			
Factor de seguridad F.S. = 3.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	Q_{ad} (kg/cm ²)	Q_{ult} (kg/cm ²)
150	150	3.49	1.16
150	160	3.64	1.21
150	170	3.79	1.26
150	180	3.94	1.31
150	190	4.10	1.37
150	200	4.25	1.42
150	210	4.40	1.47
200	150	3.62	1.21
200	160	3.77	1.26
200	170	3.92	1.31
200	180	4.08	1.36
200	190	4.23	1.41
200	200	4.38	1.46
200	210	4.53	1.51
250	150	3.75	1.25
250	160	3.90	1.30
250	170	4.06	1.35
250	180	4.21	1.40
250	190	4.36	1.45
250	200	4.51	1.50
250	210	4.66	1.55
300	150	3.88	1.29
300	160	4.04	1.35
300	170	4.19	1.40
300	180	4.34	1.45
300	190	4.49	1.50
300	200	4.64	1.55
300	210	4.80	1.60

Revisado y autorizado por el Ing. Humberto Salazar Oscar Alcaraz



INGENIERÍA DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 0708-2021
 Nombre de tesista : Bach. Ing. Eglar Cotiza Coronel
 Nombre de la tesis : Ampliación del sistema Erlex en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Acopiaca - Huancayo - Junín
 Ubicación : Acopiaca - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

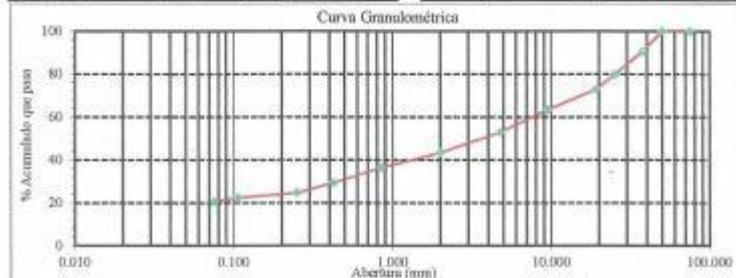
Calicata : C-3 Corona de Talud Prog. 011+840
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.129				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2 pulg	37.500	9.4	9.4	90.6
1 pulg	25.000	10.6	20.0	80.0
3/4 pulg	19.000	7.1	27.1	72.9
3/8 pulg	9.500	9.4	36.5	63.5
No. 4	4.750	10.6	47.1	52.9
No. 10	2.000	9.4	56.5	43.5
No. 20	0.850	7.1	63.5	36.5
No. 40	0.425	7.1	70.6	29.4
No. 60	0.250	4.7	75.3	24.7
No. 140	0.106	2.4	77.6	22.4
No. 200	0.075	1.8	79.4	20.6
Fondo		20.6	100.0	

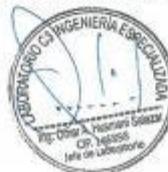
Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	18
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	47.1	% Humedad	3.2
% Arena	32.4		
% Finos	20.6		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP-004-1993).
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



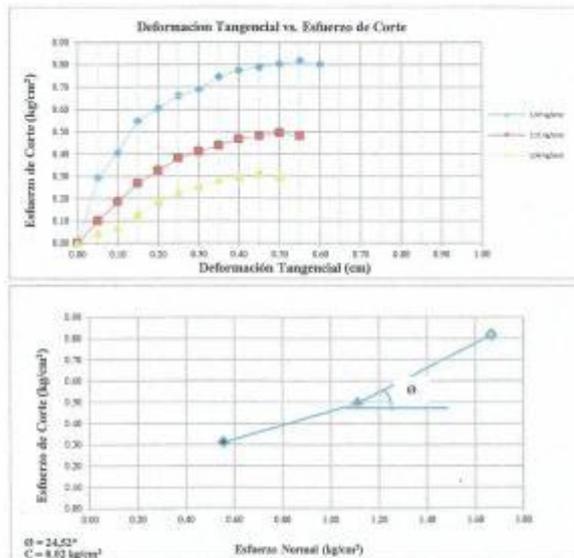
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 0708-2021
 Peticionario : Bach. Ing. Egdir Cotera Coronel
 Proyecto : Ampliación del sistema Erodex en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Acopáica - Huancayo - Junín
 Ubicación : Acopáica - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21

I. Ensayo de Corte Directo
NTP 339.171

Calicata : C-3 Corona de Talud Prog. 011+840
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.00
 SUCS : GM
 Especimen : Remoldado (nat. < Tamiz No. 4)

Página 1 de 2



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Humani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 0708-2021
 Peticionario : Bach. Ing. Edgar Cotera Coronel
 Proyecto : Ampliación del sistema Eridox en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Acopalsa - Huancayo - Junín
 Ubicación : Acopalsa - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21

II. Ensayo de Corte Directo
NTP 339.171

Caliente : C-3 Corona de Talud Prog. 011+840
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.00
 SUCS : GM
 Especimen : Remoldado (mat. < Tamiz No. 4)

Página 2 de 2

	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad húmeda inicial (g/cm ³)	1.674	1.674	1.674
Densidad seca inicial (g/cm ³)	1.622	1.622	1.622
% Contenido de humedad inicial	3.2	3.2	3.2
Densidad húmeda final (g/cm ³)	2.134	2.144	2.141
Densidad seca final (g/cm ³)	1.852	1.868	1.863
% Contenido humedad final	15.2	14.8	14.9
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.56	1.11	1.67
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²)	0.311	0.496	0.818
Ángulo de fricción interna : 24.52 °			
Cohesión (kg/cm ²) : 0.02			

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Humani Salazar Omar Alex

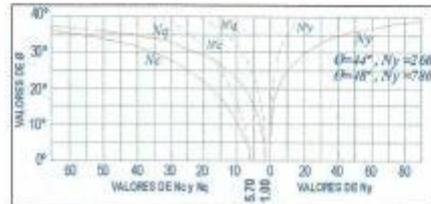


ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO

Expediente N° : 0708-2021
 Peticionario : Bach. Ing. Edgar Cotera Coronel
 Proyecto : Ampliación del sistema Endox en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Ubicación : Acopelca - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21
 N° de muestra : M-1
 N° de calicata : C-3 Corona de Talud Prog. 011+840

Clasificación SUCS:

	GM	
Peso específico	γ	1.674 g/cm ³
Ángulo de fricción	φ	24.52°
Cohesión	C	0.02 kg/cm ²

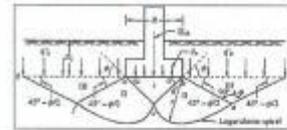


Según Terzaghi

Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas

q_{ult} = Capacidad de carga última
 q_{adm} = Capacidad admisible

$$q_{ult} = 1.3cN_c + \gamma D_r N_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$



CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE LA CIMENTACION

Peso Específico (kg/cm ³)	TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA				
	γ	C	N _c	N _q	N _γ
0.001674	24.52	0.02	23.37	11.17	6.40

ZAPATA CUADRADA

Factor de seguridad F.S. 2.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	q _{ult} (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)

ZAPATA CUADRADA

Factor de seguridad F.S. 2.5			
Base (cm)	Prof. (cm)	q _{ult} (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)

ZAPATA CUADRADA

Factor de seguridad F.S. 3.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	q _{ult} (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)

150	150	4.16	2.08
150	160	4.34	2.17
150	170	4.53	2.26
150	180	4.72	2.36
150	190	4.90	2.45
150	200	5.09	2.55
150	210	5.28	2.64
200	150	4.37	2.18
200	160	4.56	2.28
200	170	4.74	2.37
200	180	4.93	2.47
200	190	5.12	2.56
200	200	5.30	2.65
200	210	5.49	2.75
250	150	4.58	2.29
250	160	4.77	2.39
250	170	4.96	2.48
250	180	5.15	2.57
250	190	5.33	2.67
250	200	5.52	2.76
250	210	5.71	2.85
300	150	4.80	2.40
300	160	4.99	2.49
300	170	5.17	2.59
300	180	5.36	2.68
300	190	5.55	2.77
300	200	5.73	2.87
300	210	5.92	2.96

150	150	4.16	1.66
150	160	4.34	1.74
150	170	4.53	1.81
150	180	4.72	1.89
150	190	4.90	1.96
150	200	5.09	2.04
150	210	5.28	2.11
200	150	4.37	1.75
200	160	4.56	1.82
200	170	4.74	1.90
200	180	4.93	1.97
200	190	5.12	2.05
200	200	5.30	2.12
200	210	5.49	2.20
250	150	4.58	1.83
250	160	4.77	1.91
250	170	4.96	1.98
250	180	5.15	2.06
250	190	5.33	2.13
250	200	5.52	2.21
250	210	5.71	2.28
300	150	4.80	1.92
300	160	4.99	1.99
300	170	5.17	2.07
300	180	5.36	2.14
300	190	5.55	2.21
300	200	5.73	2.28
300	210	5.92	2.35

150	150	4.16	1.39
150	160	4.34	1.45
150	170	4.53	1.51
150	180	4.72	1.57
150	190	4.90	1.63
150	200	5.09	1.70
150	210	5.28	1.76
200	150	4.37	1.46
200	160	4.56	1.52
200	170	4.74	1.58
200	180	4.93	1.64
200	190	5.12	1.71
200	200	5.30	1.77
200	210	5.49	1.83
250	150	4.58	1.53
250	160	4.77	1.59
250	170	4.96	1.65
250	180	5.15	1.72
250	190	5.33	1.78
250	200	5.52	1.84
250	210	5.71	1.90
300	150	4.80	1.60
300	160	4.99	1.66
300	170	5.17	1.72
300	180	5.36	1.79
300	190	5.55	1.85
300	200	5.73	1.91
300	210	5.92	1.97

Revisado y realizado por el Ing. Hiram Solórzano Oros Alán



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 0708-2021
 Nombre de testista : Bach. Ing. Eglér Cotera Coronel
 Nombre de la tesis : Ampliación del sistema Erodex en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central Acopales - Huancayo - Junín
 Ubicación : Acopales - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

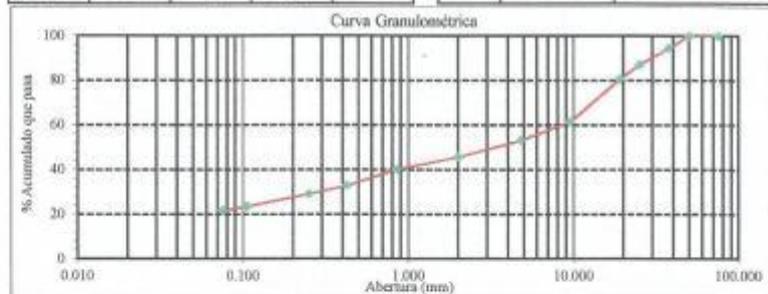
Calicata : C-2 Cuerpo de Talud Prog. 011+590
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2,00

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2 pulg	37.500	5.6	5.6	94.4
1 pulg	25.000	7.4	13.0	87.0
3/4 pulg	19.000	6.5	19.4	80.6
3/8 pulg	9.500	19.1	38.6	61.4
No. 4	4.750	8.3	46.9	53.1
No. 10	2.000	7.4	54.3	45.7
No. 20	0.850	5.6	59.9	40.1
No. 40	0.425	7.4	67.3	32.7
No. 60	0.250	3.7	71.0	29.0
No. 140	0.106	5.6	76.5	23.5
No. 200	0.075	1.9	78.4	21.6
Fondo		21.6	100.0	

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	18
Límite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP

Fracciones Granulométricas		Control de Humedad NTP 339.127	
% Grava	46.9	% Humedad	3.8
% Arena	31.5		
% Finos	21.6		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Otros limos en arena		



NOTAS:
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP104: 1993).
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamán Salazar



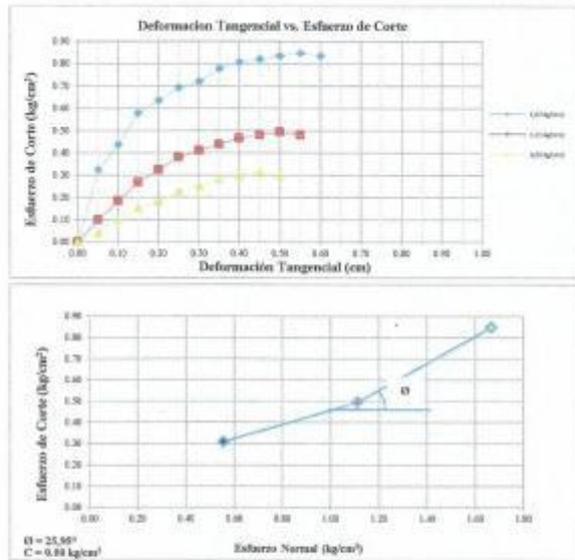
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 0708-2021
 Peticionario : Bach. Ing. Egilar Cotero Coronel
 Proyecto : Ampliación del sistema Erdos en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Ubicación : Acoplica - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21

I. Ensayo de Corte Directo
NTP 339.171

Calicata : C-2 Cuerpo de Talud Prog. 011+590
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.00
 SUCS : GM
 Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4)

Página 1 de 2



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOP: GP-004; 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamán Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 0708-2021
 Peticionario : Bach. Ing. Egidio Cotera Coronel
 Proyecto : Ampliación del sistema Edox en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Acopales - Huancayo - Junín
 Ubicación : Acopales - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21

II. Ensayo de Corte Directo
NTP 339.171

Calicata : C-2 Cuerpo de Talud Prog. 011+590
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 2.00
 SUCS : GM
 Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz No. 4)

Página 2 de 2

	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad húmeda inicial (g/cm ³)	1.771	1.771	1.771
Densidad seca inicial (g/cm ³)	1.706	1.706	1.706
% Contenido de humedad inicial	3.8	3.8	3.8
Densidad húmeda final (g/cm ³)	2.156	2.148	2.153
Densidad seca final (g/cm ³)	1.872	1.866	1.867
% Contenido humedad final	15.2	15.1	15.3
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.56	1.11	1.67
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²)	0.309	0.496	0.849
Ángulo de fricción interna	: 25.95 *		
Cohesión (kg/cm ²)	: 0.00		

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Revisado y realizado por el Ing. Huamant Salazar Omar Alex

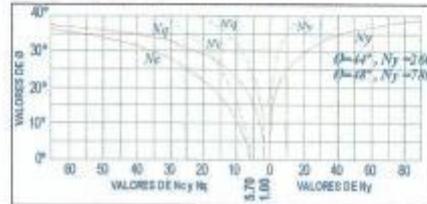


ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO

Expediente N° : 0708-2021
 Peticionario : Bach. Ing. Egdar Cotera Connel
 Proyecto : Ampliación del sistema Ercox en la estabilidad de talud, km 11+780 al 11+840, Carretera Central
 Ubicación : Acopelca - Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 07-08-21
 N° de muestra : M-1
 N° de calicata : C-2 Cuerpo de Talud Prog. 011+590

Clasificación SUCS:

	GM	
Peso específico	γ	1.771 g/cm ³
Ángulo de fricción	ϕ	25.95 °
Cohesión	C	0.00 kp/cm ²

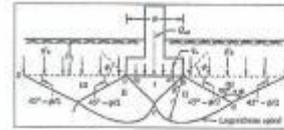


Según Terzaghi

Capacidad de carga última para cimentaciones cuadradas

q_{ult} = Capacidad de carga última
 q_{adm} = Capacidad admisible

$$q_{ult} = 1.3cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$



CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE LA CIMENTACION

TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA

Peso Especifico (kg/cm ³)	ϕ	C (kg/cm ²)	N_c	N_q	N_γ
0.001771	25.95	0.00	26.76	13.90	9.40

ZAPATA CUADRADA

Factor de seguridad F.S. 2.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	q_{ult} (kg/cm ²)	q_{adm} (kg/cm ²)

ZAPATA CUADRADA

Factor de seguridad F.S. 2.5			
Base (cm)	Prof. (cm)	q_{ult} (kg/cm ²)	q_{adm} (kg/cm ²)

ZAPATA CUADRADA

Factor de seguridad F.S. 3.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	q_{ult} (kg/cm ²)	q_{adm} (kg/cm ²)

150	150	4.57	2.28
150	160	4.82	2.41
150	170	5.06	2.53
150	180	5.31	2.65
150	190	5.55	2.78
150	200	5.80	2.90
150	210	6.05	3.02
200	150	4.90	2.45
200	160	5.15	2.57
200	170	5.40	2.70
200	180	5.64	2.82
200	190	5.89	2.94
200	200	6.13	3.07
200	210	6.38	3.19
250	150	5.24	2.62
250	160	5.48	2.74
250	170	5.73	2.86
250	180	5.97	2.99
250	190	6.22	3.11
250	200	6.47	3.23
250	210	6.71	3.36
300	150	5.57	2.78
300	160	5.82	2.91
300	170	6.06	3.03
300	180	6.31	3.15
300	190	6.55	3.28
300	200	6.80	3.40
300	210	7.05	3.52

150	150	4.57	1.83
150	160	4.82	1.93
150	170	5.06	2.02
150	180	5.31	2.12
150	190	5.55	2.22
150	200	5.80	2.32
150	210	6.05	2.42
200	150	4.90	1.96
200	160	5.15	2.06
200	170	5.40	2.16
200	180	5.64	2.26
200	190	5.89	2.35
200	200	6.13	2.45
200	210	6.38	2.55
250	150	5.24	2.09
250	160	5.48	2.19
250	170	5.73	2.29
250	180	5.97	2.39
250	190	6.22	2.49
250	200	6.47	2.59
250	210	6.71	2.69
300	150	5.57	2.23
300	160	5.82	2.33
300	170	6.06	2.43
300	180	6.31	2.53
300	190	6.55	2.62
300	200	6.80	2.72
300	210	7.05	2.82

150	150	4.57	1.52
150	160	4.82	1.61
150	170	5.06	1.69
150	180	5.31	1.77
150	190	5.55	1.85
150	200	5.80	1.93
150	210	6.05	2.02
200	150	4.90	1.63
200	160	5.15	1.72
200	170	5.40	1.80
200	180	5.64	1.88
200	190	5.89	1.96
200	200	6.13	2.04
200	210	6.38	2.13
250	150	5.24	1.75
250	160	5.48	1.83
250	170	5.73	1.91
250	180	5.97	1.99
250	190	6.22	2.07
250	200	6.47	2.16
250	210	6.71	2.24
300	150	5.57	1.86
300	160	5.82	1.94
300	170	6.06	2.02
300	180	6.31	2.10
300	190	6.55	2.18
300	200	6.80	2.27
300	210	7.05	2.35

Revisado y validado por el Ing. Thonani Salazar Omar Alas



ANEXO 3: INFORME DE RESULTADOS DE ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS BASE DE TALUD

