

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la  
implementación de muros de tierra mecánicamente  
estabilizada con geosintéticos 550X – T 2100 en la ciudad  
de Tarma**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Bach. Andrea Emilia Puchoc Ordoñez

**ASESOR**

Ing. Víctor Garcés Díaz

**Tarma, Perú**

2020

## **Dedicatoria**

A Dios, Emilia y Ezequiel  
por su apoyo continuo y  
confianza.

## **Agradecimientos**

A Dios por las bendiciones que me da día a día, por darme la energía para el cumplimiento de mis metas.

A mis queridos padres por su apoyo continuo y confianza.

Al Ingeniero Víctor Garcés Díaz por su orientación y guía para el logro del presente proyecto.

Al Doctor Miguel Ángel Ramírez Arellano por su apoyo constante y paciente.

## Resumen

Los muros de contención son elementos estructurales cuyo fin es la estabilización de taludes naturales. Comúnmente en su construcción se emplea el sistema constructivo de concreto armado o ciclópeo. Sin embargo, esos muros ostentan deficiencias, por la deficiente aplicación de sistemas constructivos limitantes en altura, el humedecimiento de cimentaciones por infiltración de agua; generando al final mayor inseguridad a la sociedad.

Sin embargo, existen nuevos sistemas constructivos para la contención de tierras, como es el muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos, en el que: el refuerzo, el suelo y el muro trabajan mutuamente para resistir las cargas que generan las fuerzas de empuje del suelo.

De esta manera, el fin primero fue evaluar la prefactibilidad técnica y económica de la construcción de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en la ciudad de Tarma.

A través de este proyecto de investigación, después de la evaluación técnica y económica se determinó que el muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos, presenta mejores características en comparación a muros de concreto armado y ciclópeo ya que presenta bajos costos de inversión (S/ 192,926.71) en comparación a S/ 278,652.99. Asimismo, estructuralmente los geosintéticos colocados entre capas del suelo le dan resistencia a la tensión, aumentando la capacidad de soporte de carga del suelo; en lo que respecta a la limitación en altura es más eficaz ya que puede sobrepasar grandes alturas. El proyecto consta con el diseño de sistema de drenaje tipo subdrén chimenea con espaldón filtrante, de esta manera se presenta un proyecto integral y en armonía con la naturaleza cuya evaluación de viabilidad sustentan lo mencionado.

*Palabras clave:* Muro, tierra, drenaje.

## **Abstract**

The retaining walls are structural elements whose purpose is the stabilization of natural slopes. Commonly in its construction the construction system of reinforced or cyclopean concrete is used. However, these walls have deficiencies, due to the deficient application of construction systems limiting in height, the dampening of foundations by infiltration of water; generating in the end greater insecurity to society.

However, there are new construction systems for the containment of lands, such as the mechanically stabilized earth wall with geosynthetics, in which: the reinforcement, the floor and the wall work together to resist the loads generated by the ground thrust forces.

In this way, the first aim was to evaluate the technical and economic prefeasibility of the construction of mechanically stabilized earth walls with 550X - T2100 geosynthetics in the city of Tarma.

Through this research project, after the technical and economic evaluation it was determined that the mechanically stabilized earth wall with synthetic geo, has better characteristics compared to reinforced concrete and cyclopean walls since it has low investment costs (S/ 192,926.71) in comparison to S/ 278,652.99. Also, structurally, the geosynthetics placed between layers of the soil give it tensile strength, increasing the load bearing capacity of the soil; in regards to the limitation in height it is more effective since it can exceed great heights. The project consists of the design of a sub-fireplace drainage system with a filtering wall, in this way an integral project is presented and in harmony with nature whose feasibility assessment supports the aforementioned.

*Keywords: Wall, earth, drainage.*

# Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos .....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice.....	vi
Índice de Tablas .....	x
Índice de figuras.....	xi
Introducción .....	xiii
Capítulo I .....	1
Planteamiento del problema.....	1
1.1.    Formulación del problema .....	1
1.1.1.    Problema principal .....	3
1.1.2.    Problemas secundarios:.....	3
1.2.    Objetivos de la investigación .....	3
1.2.1.    Objetivo principal: .....	3
1.2.2.    Objetivos específicos: .....	4
1.3.    Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.4.    Delimitación del área de investigación .....	5
1.4.1.    Macro localización.....	5
1.4.2.    Ubicación Geográfica .....	5
1.4.3.    Micro localización .....	5
1.4.4.    Dimensión.....	8
1.4.5.    Área y longitud .....	8
1.5.    Limitaciones de la investigación .....	9
Capítulo II.....	10
Marco teórico.....	10
2.1.    Antecedentes nacionales e internacionales: .....	10
2.1.1.    Antecedentes históricos: .....	10
2.1.2.    Antecedentes internacionales:.....	12
2.1.3.    Antecedentes nacionales: .....	14
2.1.4.    Antecedentes en la zona de estudio: .....	15
2.2.    Bases teóricas .....	15

2.2.1.	Procedimiento de diseño para muros de tierra mecánicamente estabilizados con refuerzo de geotextil: .....	15
2.2.2.	El refuerzo y su comportamiento.....	16
2.2.3.	Elementos principales para el diseño de MSE (muros mecánicamente estabilizados): .....	18
2.2.4.	Diseño de muro de concreto ciclópeo.....	19
2.2.5.	Diseño de muro de concreto armado. ....	19
2.2.6.	Drenaje profundo. ....	19
2.2.7.	Técnicas de acabados.....	19
2.3.	Definición de términos básicos: .....	21
Capítulo III.....		22
Hipótesis y variables de la investigación .....		22
3.1.	Hipótesis principal.....	22
3.2.	Variables e indicadores .....	22
3.2.1.	Variable 1:.....	22
3.2.2.	Variable 2:.....	22
3.3.	Operacionalización de las variables .....	23
Capítulo IV.....		24
Diseño de la investigación .....		24
4.1.	Diseño de ingeniería.....	24
4.1.1.	Modalidad de la investigación .....	24
4.1.2.	Diseño de la investigación .....	24
4.1.3.	Enfoque de investigación.....	25
4.2.	Métodos y técnicas del proyecto .....	25
4.2.1.	Levantamiento topográfico .....	25
4.2.2.	Estudio de suelos.....	25
4.2.3.	Parámetros específicos del diseño de muro de tierra mecánicamente estabilizada .....	26
4.2.4.	Parámetros específicos del diseño de drenaje tipo subdrén chimenea.....	29
4.2.5.	Parámetros normativos.....	33
4.2.6.	Referencia de software.....	34
4.3.	Diseño estadístico.....	34
4.3.1.	Estimación de la oferta.....	34
4.3.2.	Estimación de la demanda .....	35
4.4.	Técnicas y herramientas estadísticas.....	37
4.4.1.	Balance oferta – demanda:.....	37

Capítulo V.....	39
Desarrollo de la investigación.....	39
5.1. Aspectos ingenieriles técnicos .....	39
5.1.1. Levantamiento topográfico .....	39
5.1.2. Estudios de suelos .....	42
5.1.3. Diseño de muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X-T2100.....	42
5.1.4. Diseño del drenaje tipo subdrén chimenea. ....	44
5.1.5. Diseño de muros con los sistemas convencionales.....	47
5.1.6. Proceso constructivo del muro mecánicamente estabilizado con geosintético 550X-T2100.....	49
5.2. Aspectos ingenieriles económicos .....	52
5.2.1. Presupuesto y comparación económica de los muros de contención en análisis.....	52
Capítulo VI.....	55
Análisis costo/beneficio .....	55
6.1. Beneficios no financieros .....	55
6.1.1. Beneficios de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100: .....	55
6.2. Evaluación del impacto ambiental .....	55
6.2.1. Descripción de etapas del proyecto: .....	55
6.2.2. Factores ambientales:.....	56
6.2.3. Descripción de impactos ambientales:.....	57
6.2.4. Evaluación de impactos ambientales identificados: .....	57
6.2.5. Resultados de la evaluación de impactos ambientales identificados: .....	59
6.2.6. Medidas de prevención y mitigación .....	59
6.3. Evaluación económica - financiera .....	60
6.3.1. Metodología de evaluación:.....	60
6.3.2. Evaluación de costo social de inversión .....	61
6.3.3. Evaluación costo efectividad .....	61
Capítulo VII .....	63
Determinación de la viabilidad del proyecto .....	63
7.1. Declaración de la viabilidad económica.....	63
7.2. Declaración de la viabilidad técnica.....	63
7.3. Declaración de la viabilidad social.....	64
7.4. Declaración de la viabilidad ambiental .....	64

Capítulo VIII.....	65
Resultados, conclusiones y recomendaciones.....	65
8.1. Resultados .....	65
8.1.1. Resultados técnicos:.....	65
8.1.2. Resultados económicos:.....	70
8.1.3. Discusión de resultados: .....	70
8.2. Conclusiones .....	73
8.2.1. Conclusión general: .....	73
8.2.2. Conclusiones específicas: .....	73
8.3. Recomendaciones.....	74
Fuentes de información.....	75
Anexos .....	77

## Índice de tablas

Tabla 1. Características del refuerzo.....	17
Tabla 2. Operacionalización de variables .....	23
Tabla 3. Parámetros generales de tres propiedades de los geotextiles.....	28
Tabla 4. Características mínimo requerido de geotextil no tejido para drenaje.....	33
Tabla 5. Estimación de demanda .....	36
Tabla 6. Proyección de población futura .....	37
Tabla 7. Comparación de las características mínimas requeridas con el geotextil NT400047	
Tabla 8. Comparación económica.....	53
Tabla 9. Descripción de etapas y actividades del proyecto. ....	56
Tabla 10. Factores ambientales.....	56
Tabla 11. Matriz de identificación de impactos ambientales.....	57
Tabla 12. Matriz de evaluación de impactos ambientales identificados.....	58
Tabla 13. Medidas de prevención y mitigación. ....	59
Tabla 14. Evaluación costo efectividad. ....	62
Tabla 15. Resultados de los cálculos de diseño .....	66
Tabla 16. Resultados de las verificaciones de la estabilidad interna .....	66
Tabla 17. Resumen de presupuesto de las alternativas. ....	70
Tabla 18. Comparación de la investigación.....	71

## Índice de figuras

Figura 1. Deslizamiento de muro de contención (concreto ciclópeo) .....	2
Figura 2. Hundimiento de muro de contención (concreto ciclópeo) .....	3
Figura 3. Primer muro de tierra armada 1968.....	11
Figura 4. MSE más alto del universo (Autopista Muscat, Omán).....	11
Figura 5. Muro de tierra mecánicamente estabilizada con refuerzo de geotextil .....	16
Figura 6. Empujes laterales y esfuerzos de cimentación. ....	18
Figura 7. Sistemas de fachada.....	20
Figura 8. Tipos de bloques modulares .....	20
Figura 9. Red de flujo en muro de contención con geotextil .....	30
Figura 10. Pendiente (%) vs Velocidad según diámetro del agregado .....	31
Figura 11. Modelo de tubería planteado para el drenaje.....	32
Figura 12. Estado actual del Jr. Milagro Sur 4ta cuadra.....	35
Figura 13. Vista Panorámica de los lotes del Jr. Milagro Sur 4ta cuadra.....	36
Figura 14. Levantamiento topográfico del área de estudio - Jr. Milagro Sur 4ta cuadra....	39
Figura 15. Toma de muestra para determinar el ángulo de fricción de terreno granular - Jr. Milagro Sur 4ta cuadra.....	40
Figura 16. Estado actual del área de estudio - material de relleno - Jr. Milagro Sur 4ta cuadra.....	40
Figura 17. Diseño de muro mecánicamente estabilizado con geo sintéticos 550X – T2100.. .....	43
Figura 18. Geometría del muro para el análisis de agua subterránea. ....	44
Figura 19. Diagrama de red de flujo. ....	45
Figura 20. Caudal total de diseño. ....	45
Figura 21. Predimensionamiento del muro de concreto armado. ....	48
Figura 22. Diseño del muro de concreto armado.....	48
Figura 23. Diseño del muro de concreto ciclópeo. ....	49
Figura 24. Corte de terreno en talud. ....	50
Figura 25. Compactado de base y primera capa de tierra. ....	50
Figura 26. Colocado de geosintético, con traslape de 1.00 m.....	51
Figura 27. Sistema de drenaje.....	51
Figura 28. Colocación de bolsas de tierra y malla ACE Grid.....	52

Figura 29. Verificación de la estabilidad global en su condición estática en el MSE del Jr. Milagro Sur, Tarma.....	67
Figura 30. Verificación de la estabilidad global en su condición dinámica en el MSE del Jr. Milagro Sur, Tarma.....	67

## Introducción

El Perú tiene una orografía diversa por lo que en la región Junín predomina una configuración accidentada, en el que se requiere estabilizar un talud de tierra, que para dicha solución se utiliza con más frecuencia el sistema constructivo de muros de contención de concreto ciclópeo o el de concreto armado; sin embargo estos sistemas son caros y funcionan adecuadamente para estructuras de retención limitantes en altura, pero el construir un muro de concreto de gran altura es de mayor desventaja en cuanto al costo, debido a diversos factores, como la cantidad de acero y el tamaño de la base son excesivamente grandes.

Sin embargo, los nuevos sistemas constructivos (muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos); en el que: el refuerzo, el suelo y el muro trabajan mutuamente para resistir las cargas que generan las fuerzas de empuje del suelo, son muy eficientes.

Por ello en el Capítulo I; se describió el problema, los objetivos, la justificación y el valor de la investigación. Se puntualizó la delimitación del área de estudio tanto en su nivel de micro y macro localización; como también su dimensión y sus limitaciones.

En el Capítulo II se detalló el marco teórico en la que se describieron los antecedentes en su nivel internacional, nacional y en la zona de estudio. También se especificó los procedimientos para el diseño de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100, de concreto armado y ciclópeo. Asimismo, se definieron los conceptos de los términos básicos (muro de contención, muro de tierra estabilizada, geosintéticos, impermeabilización).

En el Capítulo III se presentaron las hipótesis, variables de investigación y la operacionalización de las variables que responderán a los objetivos planteados.

En el Capítulo IV se expuso “el diseño de la investigación” que se realizó mediante métodos de ingeniería, comenzando con el levantamiento topográfico, estudios de suelos, analizando los parámetros específicos del diseño de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100, del drenaje tipo subdrén chimenea, parámetros normativos y referencias de software. También se dio a conocer los métodos y técnicas del proyecto, el diseño estadístico comenzando con la estimación de la oferta actual (terraplén con un ángulo de talud natural de 28° en una longitud de 51.95 m) y la oferta con el proyecto la que permitirá dotar de una infraestructura de contención de tierras resistente, segura, económica y en armonía con la naturaleza. Asimismo, se especificó la evaluación de la demanda (horizonte

del proyecto se consideró de 10 años) estimándola en relación a lo que requiere la población beneficiaria. El balance oferta – demanda nos mostró que la necesidad de contar con una estructura de contención es del 100%.

En el Capítulo V se expuso ya el desarrollo de la investigación, presentando como primer punto el plano topográfico y los datos obtenidos en los estudios de suelos. Como segundo punto presentando el diseño del muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X-T2100, describiendo los resultados de los cálculos de diseño, verificaciones de estabilidad interna y global (estático y dinámico); evidenciándolas con fotografías y tablas. También se presentó el diseño del drenaje tipo subdrén chimenea y el diseño de los sistemas convencionales de estructuras de contención (muro de concreto armado y ciclópeo). Luego se detalló el proceso constructivo para la construcción del muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X-T2100. Finalmente se presentó los aspectos económicos, dando a conocer el presupuesto de las tres alternativas y comparándolas.

En el Capítulo VI se evaluó el análisis costo beneficio del proyecto, analizando los beneficios no financieros y la evaluación del impacto ambiental. Asimismo, se presentó la evaluación económica financiera, en la que se describe la metodología de evaluación (costo efectividad) dando a conocer los beneficios sociales, el impacto social que acarreará el proyecto y mostrando mediante una tabla de comparación, la evaluación costo efectividad para cada alternativa; de esta manera dando a conocer que la alternativa 1 (muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X-T210) presentó mejores indicadores de rentabilidad social.

En el Capítulo VII se presentó la determinación de la viabilidad, contemplando para ello todos los resultados de la evaluación económica, técnica, responsabilidad ambiental y social, los que lo sustentan.

En el Capítulo VIII se describieron los resultados, conclusiones y recomendaciones adoptadas.

Con el sistema alternativo de contención de tierras propuesto contribuimos con la ingeniería ecología, muy necesaria en la actualidad y la que proveerá buena calidad de vida a la sociedad.

*La autora*

## **Capítulo I**

### **Planteamiento del problema**

#### **1.1. Formulación del problema**

En el siglo XIX, realizaron construcciones de muros de contención de piedra y adobe, ya en el siglo XX estos son sustituidos por los de concreto ciclópeo y armado. En el año 1963, el arquitecto ingeniero Henri Vidal registró la patente Tierra Armada, como una alternativa económica y eficiente. Años después (1998) se incorporó las bandas geosintéticas como refuerzo en este tipo de estructuras (Tierra armada Perú S.A.C., 2012).

Mundialmente existen varios estudios que demostraron la efectividad de esta tecnología, que ha estado sometido a diferentes eventos sísmicos, como el que se presentó a fines del siglo XX. Cabe indicar que la mencionada estructura no ostentó fallas, aun estando junto al punto donde se inició el sismo (Espinoza, 2014).

En el ámbito nacional, en el año 2012 se creó la empresa Tierra Armada Perú, brindando un sistema constructivo nuevo de muros de contención probadas ya en otros países, como es el de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos,

imponiéndose en el mercado ante las estructuras de retención de concreto económicamente caros (Tierra armada Perú S.A.C., 2012).

A través de los años en la ciudad de Tarma se han venido construyendo muros de concreto ciclópeo, ello debido a su economía con referencia a los de concreto armado. Sin embargo, estos ostentan deficiencias, generando al final mayor inseguridad y peligro a la sociedad.

En el Jr. Milagro Sur (área de análisis), los muros de contención construidos de concreto ciclópeo han presentado fallas: como deslizamientos y hundimientos; ello por la utilización de un sistema constructivo limitante en altura, sobrecarga de masa y ejecutados con la omisión de partidas que garanticen su calidad. Además, por la orografía que presenta, las “aguas pluviales” se infiltran en los cerros, deprimiéndose en la urbe; mojando las cimentaciones y vulnerándolas.



*Figura 1.* Deslizamiento de muro de contención (concreto ciclópeo)

Fuente: Propia, fotografía del muro existente en la 3ra Cdra. del Jr. Milagro Sur-Fecha 29/08/2018.



*Figura 2.* Hundimiento de muro de contención (concreto ciclópeo)

Fuente: Propia, fotografía del muro existente en la 3ra Cdra. del Jr. Milagro Sur-Fecha 29/08/2018.

### **1.1.1. Problema principal**

Los muros de contención construidos en el Jr. Milagro Sur que presentan fallas de deslizamiento y hundimiento, han vulnerado las viviendas construidas colindantes a ellas; afectando de esta manera a la sociedad y a los recursos públicos.

Dada la problemática surge la pregunta de investigación.

¿Qué sistema alternativo de muros de contención se evaluaría ante la deficiente aplicación de sistemas constructivos de muros de contención en el Jr. Milagro Sur – Tarma?

### **1.1.2. Problemas secundarios:**

- ¿Cómo se evitaría la utilización de sistemas constructivos de concreto, limitantes en altura y económicamente caros?
- ¿Cómo neutralizar el humedecimiento de cimentaciones en muros de contención por filtración de agua en las partes altas?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo principal:**

- Evaluar la prefactibilidad técnica y económica de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en el Jr. Milagro Sur – Tarma.

### **1.2.2. Objetivos específicos:**

- Determinar un sistema constructivo de muros de contención económico y que no limite en altura.
- Diseñar el drenaje de aguas para muros de contención.

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

Dada la problemática presentada anteriormente, surge la preocupación de encontrar otro tipo de soluciones y tecnologías innovadoras probadas ya en otras partes del mundo, la cual sea económica, de fácil aplicación y rápida en su ejecución. El sistema constructivo de los muros de tierra mecánicamente estabilizada presenta características resistentes. Este tipo de estructuras se vienen ejecutando hace más de 50 años superando alturas de 35 m. Álvarez & Saurith (2010) refirieron que esta tecnología es eficaz en el tiempo de construcción y económicos ya que se puede reutilizar el suelo de la zona. Los geosintéticos como material polimérico no biodegradable, colocados entre capas del suelo le dan resistencia a la tensión, aumentando la capacidad de soporte de carga del suelo. Asimismo, canalizan rápidamente el agua del relleno a las zonas previstas para el drenaje, proveyendo al suelo mayor firmeza al corte, por consecuencia su estabilidad.

Ahora bien, debido al problema de humedecimiento de cimentaciones por filtración se requiere el diseño de un sistema de drenaje eficaz que evacue las aguas por medio de orificios que penetran en el suelo, recogiendo el agua contenida y evacuándola posteriormente.

Con esta investigación se propone un sistema constructivo de muros de contención de ingeniería ecológica, muy necesaria en la actualidad y que servirá como prototipo para ser utilizado en el distrito de Tarma.

En la presente investigación se busca: calidad, seguridad, economía, responsabilidad ambiental y social de esta manera poder contribuir con la sociedad.

## **1.4. Delimitación del área de investigación**

Se sitúa en el Jr. Milagro Sur 4ta cuadra, teniendo a Tarma como distrito.

### **1.4.1. Macro localización**

Departamento /Región:	Junín
Provincia:	Tarma
Distrito:	Tarma
Jirón:	Milagro Sur
Región Geográfica:	Sierra
Altitud:	3050 m.s.n.m.
Latitud Sur	11°25´00”
Longitud Oeste	75°41´12”
Ubigeo	170101

### **1.4.2. Ubicación Geográfica**

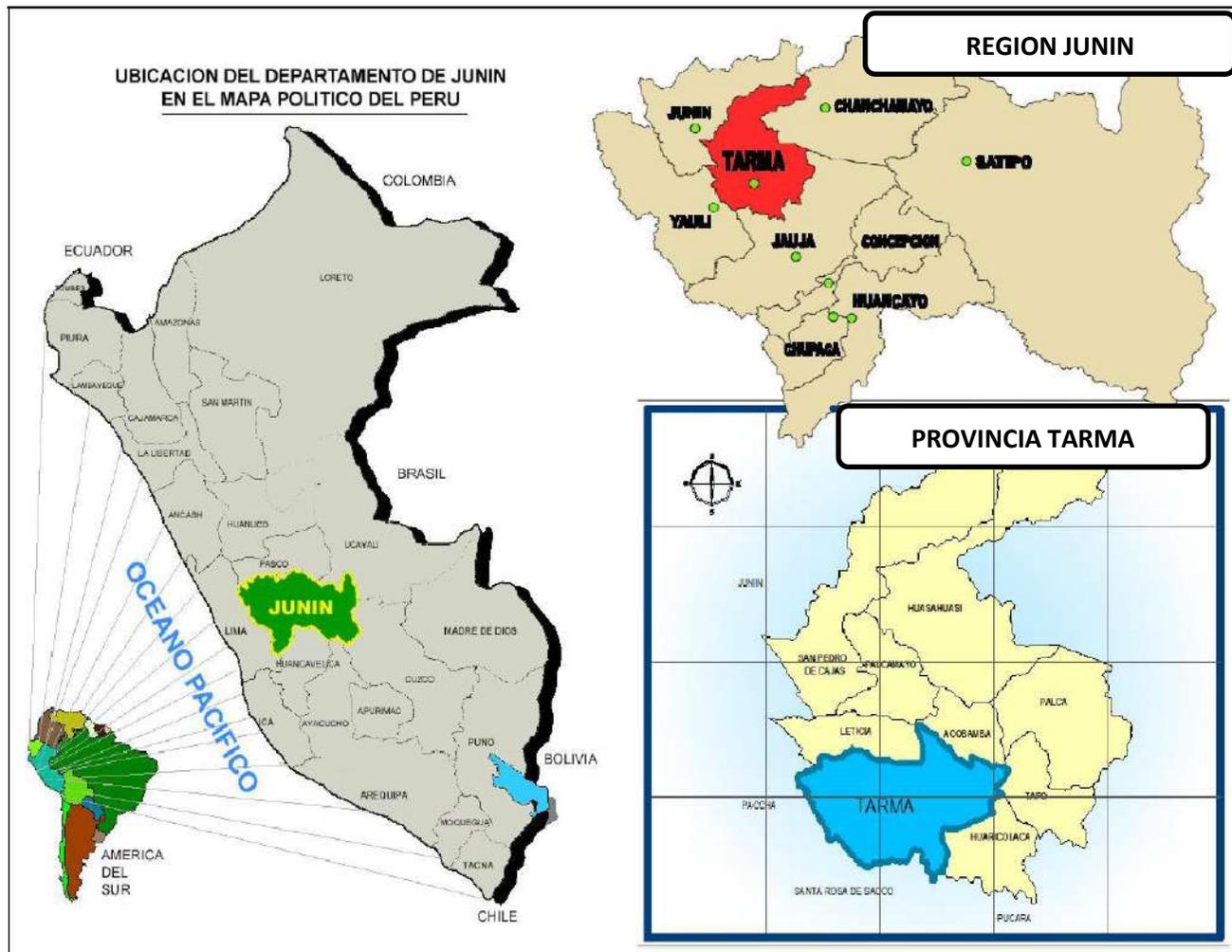
Geográficamente se sitúa en la región sierra. Como provincia se halla a una altitud media de 3050 m s. n. m., ubicada a 424956 E, 8737479 N (coordenadas UTM-WGS 84), su ubicación particular la convierte en un enlace regional, estando a seis horas de la ciudad con mayor densidad demográfica del país. Cabe mencionar que su clima es favorable para el sembrío de flores, una de las actividades monetarias y símbolo patrimonial de la localidad, por lo que se consideró para el proyecto.

### **1.4.3. Micro localización**

Está ubicado en el Jr. Milagro Sur 4ta Cuadra, a una altitud de 3083 m s. n. m., distrito de Tarma, provincia de Tarma, región Junín – Perú.

# Mapa 1.

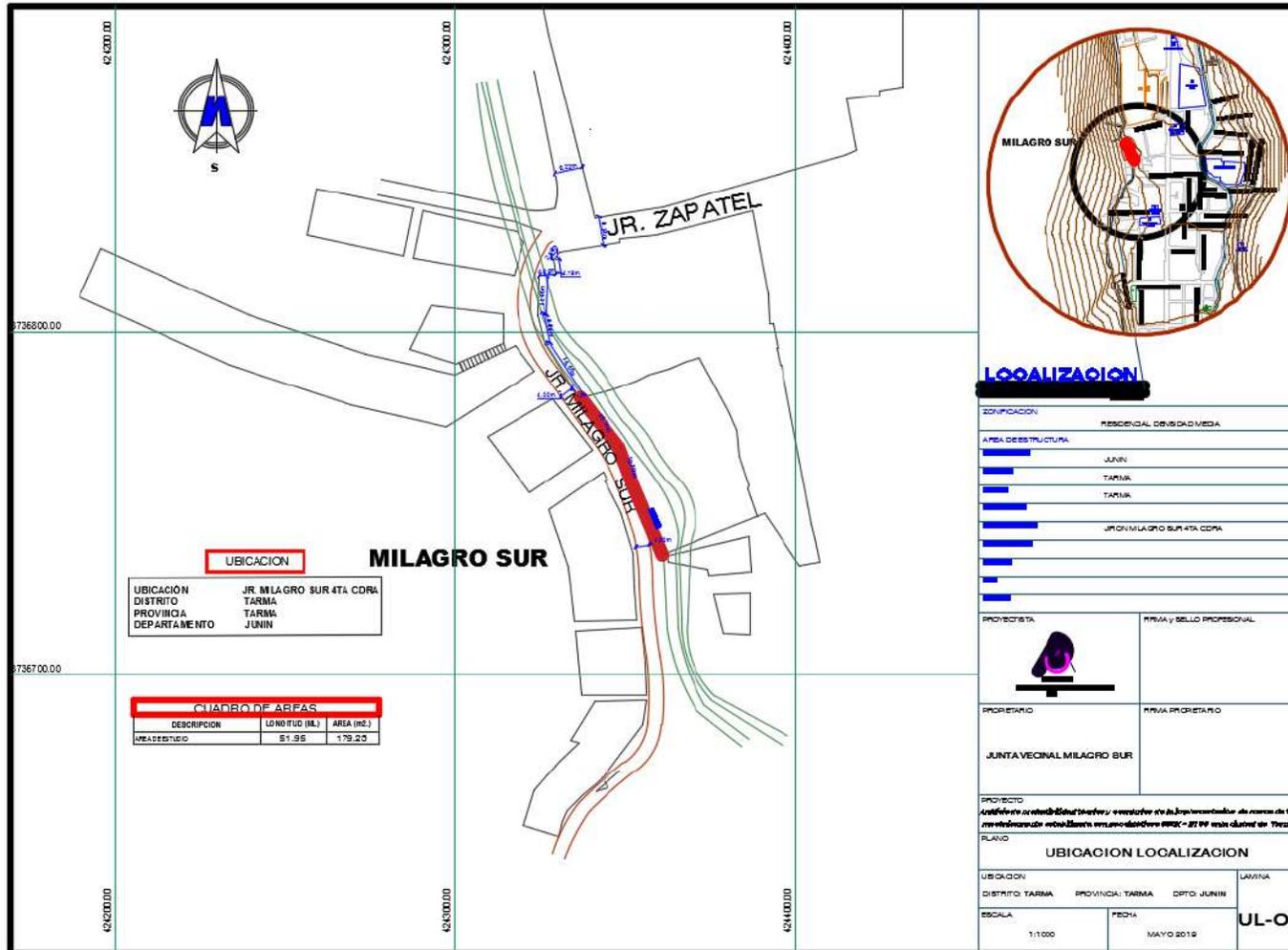
Ubicación de la provincia de Tarma en el contexto nacional y regional



Fuente: Trabajo de gabinete.

# Plano 1.

## Ubicación del área de investigación



Fuente: Trabajo de gabinete.

#### 1.4.4. Dimensión

La dimensión se encuentra enmarcado por el área de estudio donde se proyecta la implementación del muro de contención, el cual tiene una longitud de 51.95 m, con una altura de 5.00 m.

#### 1.4.5. Área y longitud

Área:	179.23 m <sup>2</sup>
Longitud:	51.95 m

#### Plano 2.

*Área de estudio del proyecto*



Fuente: Trabajo de gabinete.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

La limitación más predominante fue que en el departamento de Junín no existen antecedentes de la construcción de muros de tierra mecánicamente estabilizados y en la capital recientemente en estos últimos años le están dando mayor importancia por la integración de la ingeniería ecológica. Ello originó una limitación de información.

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

#### **2.1. Antecedentes nacionales e internacionales:**

##### **2.1.1. Antecedentes históricos:**

En el segundo milenio, se mostró el procedimiento estructural de Tierra Armada, edificando las estructuras de sostenimiento en maquetas reales, con lo que se contribuyó al progreso en el ámbito de la ingeniería civil, abarcando países europeos y americanos; siendo una alternativa más en la solución de los terraplenes que requieren de muros de sostenimiento (Tierra armada Perú S.A.C., 2012).



*Figura 3.* Primer muro de tierra armada 1968

Fuente: Espinoza J. (2014)

Se han construido muros que han sobrepasado los 35 m de altura, como el muro con mayor elevación en el universo (Autopista Muscat, Omán) Figura 4.



*Figura 4.* MSE más alto del universo (Autopista Muscat, Omán)

Fuente: Mecánica de suelos y geotecnia (2010)

Cabe mencionar que en el sismo de Northridge del año 1994, la carretera 39 que se ubica en Los Ángeles fue lindante del foco, pero no mostró falla alguna (Espinoza, 2014).

### **2.1.2. Antecedentes internacionales:**

Espinoza (2014) en su tesis titulada “*Comparación de dos Sistemas de Retención de Tierras en zona de Lomas*”. Su objetivo fue cotejar 2 técnicas de contención: MSE y concreto armado; asimismo la metodología que empleó es el diseño no experimental del tipo cuantitativo, utilizando para ello los instrumentos como levantamiento topográfico, mecánica de suelos y Microsoft Excel. Así también siguió el procedimiento que se inicia con los trabajos topográficos, análisis de las características del suelo y posteriormente realizó el diseño de muros (de concreto armado y muro mecánicamente estabilizado con mallas metálicas), para finalmente realizar su comparación económica; de esta manera finiquitó: en primer lugar, que el MSE (muro mecánicamente estabilizado con mallas metálicas) viene a ser la opción que presenta menores costos. Asimismo, que su sistema constructivo reduce partidas de movimiento de tierras y su geometría presenta un cuerpo ancho, el que favorece la comodidad para el colocado de armaduras y finalmente que una estructura de contención firme requiere de buenos suelos para su relleno.

Diversos estudios (Orozco, 2007; Izquierdo & Niño, 2012) en sus tesis para obtener el título de especialista en recursos hidráulicos e hídricos titulados “*Sistemas de subdrenaje en obras de estabilización*” y “*Drenaje subterráneo de estructuras de contención, Bogotá, Colombia*”. Tuvieron como fin realizar un manuscrito, que contenga datos técnicos del diseño de diversas tecnologías de drenajes que se adecuen a distintos contextos; utilizaron en su investigación, el diseño no experimental, del tipo cuantitativo y nivel descriptivo. Como instrumentos consideraron la compilación de datos, inspección ocular de obras de drenaje y Microsoft Excel. Siguieron el procedimiento que comienza con la clasificación de datos teóricos y técnicos, después detallaron paso a paso la pre configuración de cada tipo, adicionando modelos didácticos; de esta manera concluyeron: que en toda estructura de contención de tierras prima la proyección de una técnica eficaz de drenaje de aguas (acumuladas por filtración) que consienta avalar la solidez, servicio y garantía de estructuras a preservar, al final convirtiéndose en costos mínimos y altas utilidades, así también

aconsejan el uso de geotextiles en obras de subdrenaje, por ser una opción óptima viéndolo desde la parte hidráulica.

Álvarez & Saurith (2010) en su tesis titulada “*Estudio Comparativo entre Sistemas de Muros de Contención de Tierra Mecánicamente Estabilizada con Geosintéticos y Muros de Concreto Reforzado*”. Presentaron como objetivo contrastar dos sistemas constructivos de estructuras de retención de tierras; empleando el diseño no experimental del tipo cuantitativo, ya que mediante expresiones matemáticas realizaron la comparación técnica de estos; para ello desarrollaron el procedimiento de diseño y también describieron los procesos constructivos para posteriormente comparar sus resultados. Concluyeron que se observó teóricamente que el MSE (muro de tierra mecánicamente estabilizado) ofrece utilizar nuevamente la tierra del lugar, si este cuenta con los parámetros mínimos exigidos para este tipo de estructura; también en tiempo resultó más óptimo.

Jara (2008) en su tesis doctoral titulado “*Estudio de la aplicabilidad de materiales compuestos al diseño de estructuras de contención de tierras y su interacción con el Terreno, para su empleo en obras de Infraestructura viaria*”. Su fin último fue valorar la utilización de elementos combinados para la pre configuración y ejecución de obras de retención en el sector de carreteras. El diseño de investigación fue la no experimental del tipo cuantitativo y nivel exploratorio; utilizó como instrumentos: el estudio de suelos, Microsoft Excel, el Software Plaxis 2D v.8.0; además el procedimiento inició con el estudio de diferentes tipos de muros de retención de tierras, luego definiendo los elementos combinados adecuados para estas; asimismo determinó el rozamiento en la interfaz elementos combinados–terreno para determinar su dimensionamiento (para ello realizó ensayos de corte directo en laboratorio); evaluando las ventajas y desventajas de cada tipo de estructura, propuso un prototipo de contención de tierras en elementos combinados y concluyó que al evaluar dos infraestructuras de sostenimiento “muros de gravedad tipo ménsula y los muros de tierra mecánicamente estabilizada”, los elementos combinados se comportan mejor y aportan estabilidad estructural en los MSE (muros de tierra mecánicamente estabilizada).

### **2.1.3. Antecedentes nacionales:**

Vásquez (2014) en su tesis titulada “*Evaluación de los muros de contención con concreto armado y suelo reforzado (Terramesh), en la carretera San Marcos-Cajabamba*”. Dio a conocer como fin último, valorar los sistemas constructivos de muros de retención de tierras (de tierra con refuerzo y hormigón armado); cuyo diseño de investigación fue la no experimental del tipo cuantitativo y nivel descriptivo; en su investigación utilizó los instrumentos como levantamiento topográfico, estudio de suelos, software AutoCAD, S10 presupuestos 2005 y fichas técnicas; asimismo comenzó el proceso con la elaboración de las fichas de inspección, trabajo de campo, evaluación de los resultados del estudio de suelos, seguidamente realizó los diseños respectivos para posteriormente realizar la comparación de tiempo y costo. Concluyó, que el tiempo de construcción de los muros de tierra con refuerzo resultó menor en 67.00% que el otro tipo, porque no necesita encofrado, acero ni curado de concreto. Asimismo, constata que la estructura de retención de tierras de hormigón armado, viene a ser más costosa. Finalmente mencionó que la estructura de tierra con refuerzo es una excelente opción para sustituir al de hormigón armado.

Castillo & Nieves (2016) en su tesis titulada “*Propuesta de proceso constructivo de tierra armada con geotextiles en muros de contención para estabilización de taludes en playa la encontrada – Cañete 2016*”. Tuvieron como fin principal proponer un tipo de muro de contención (tierra armada con geotextil) que ofrezca sostenibilidad. La metodología que emplearon fue el diseño de investigación no experimental del tipo cuantitativo, asimismo utilizaron como instrumentos: el reconocimiento del área de investigación, estudio de suelos, Microsoft Excel y el software Slide V5.0; siguieron con el procedimiento con el análisis del área más vulnerable, diseños de tipologías de muros (muro de tierra armada con geotextiles y muro de concreto armado), para que luego realicen la comparación económica y de tiempo; de esta manera concluyeron: que para optar entre una “estructura de contención de tierras” es necesario considerar el tipo de estructura de evacuación de aguas pluviales ya que algunos ofrecen mejores beneficios. También mencionan que este tipo de muro puede trabajar como cimiento en edificaciones y obras viarias.

#### **2.1.4. Antecedentes en la zona de estudio:**

En el año 2014, en el Jr. Milagro Sur (2da cuadra), el muro de contención de concreto ciclópeo construido con un año de antigüedad presentó fallas de deslizamiento (9 cm) y hundimiento (6 cm) en uno de sus tramos. (Fuente: Entrevista oral por los pobladores de la zona).

En el año 2015, en el Jr. Milagro Sur (3ra cuadra), el muro de contención de concreto ciclópeo construido el 2014 presentó asentamiento de vereda (15 cm) por infiltración de aguas arriba y desfogue por el material de relleno del muro de contención. (Fuente: Entrevista oral por los pobladores de la zona).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Procedimiento de diseño para muros de tierra mecánicamente estabilizados con refuerzo de geotextil:**

El procedimiento para el diseño de muros de tierra mecánicamente estabilizados con refuerzo de geotextil está dado por diferentes pasos, los que permiten desarrollar un análisis confiable para un diseño eficaz. Braja (2013) especifica:

Como primer punto, hallar la “distribución de la presión activa” sobre el muro; como segundo punto, seleccionar “un material geotextil con una resistencia permisible a la tensión” de  $T_{per}$  (KN/M); como tercer punto, hallar la “separación vertical de las capas” a cualquier profundidad  $z$ ; como cuarto punto, determinar la longitud de cada capa de geotextil y finalmente determinar la longitud de traslape. (p.446,447)

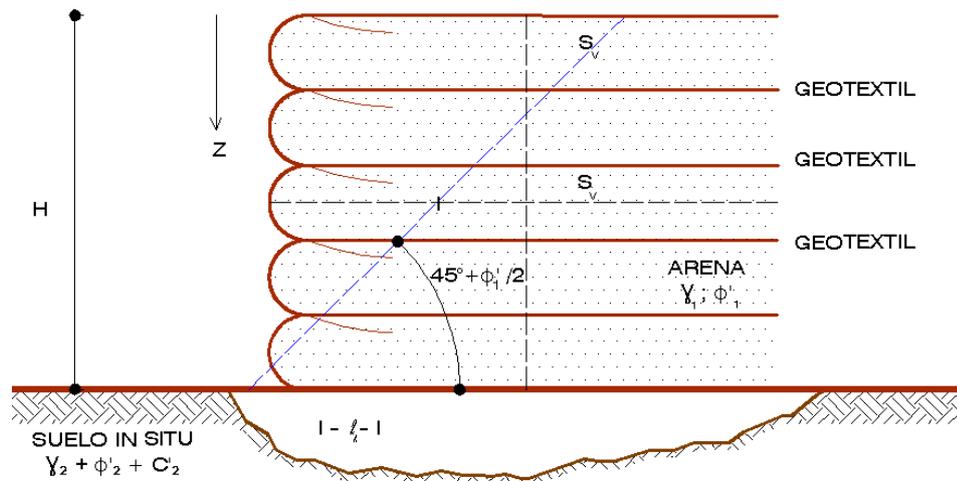


Figura 5. Muro de tierra mecánicamente estabilizada con refuerzo de geotextil

Fuente: Braja D. (2013)

### 2.2.2. El refuerzo y su comportamiento.

Los refuerzos que se colocan a lo largo del terreno trabajan a tensión, ello porque soportan altos esfuerzos de tracción. Cárdenas & Osorio (2011) mencionan:

El propósito primordial de los refuerzos es limitar las deformaciones del suelo, de este modo, las tensiones se transfieren desde el suelo al refuerzo. Estas tensiones son conducidas de dos formas: en cortante y en flexión. Asimismo existen tres puntos importantes para evaluar el desempeño de arranque a largo plazo: primero, la capacidad de arranque, es decir, la resistencia de arranque de cada refuerzo debe ser la adecuada para resistir la fuerza de tracción de diseño en el refuerzo con la que trabaja con un factor de seguridad específico; el segundo, el deslizamiento admisible, es decir, el desplazamiento relativo del suelo al refuerzo requerido para movilizar la fuerza de tracción de diseño debe ser menor que el desplazamiento admisible; y el último el deslizamiento a largo plazo, se refiere a que la carga de arranque debería ser menor a la carga de fluencia crítica. (p.15, 16)

Según las características del material con que se reforzará y el esfuerzo máximo que soporta el terreno, se evalúa su servicio de impulso a plazo largo.

Tabla 1.

*Características del refuerzo*

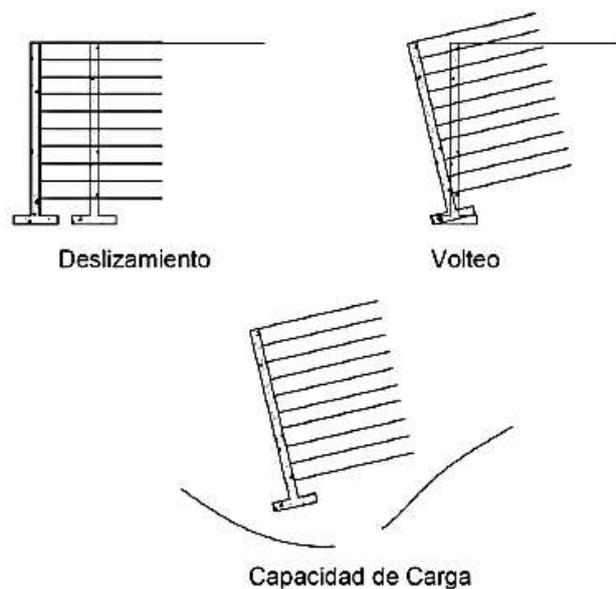
Tipo de refuerzo genérico	Dispositivo de traspaso de mayor peso	Margen de desplazamiento en la cara de las muestras	Deformación a largo plazo
<b>Tiras inextensibles</b>			
Llanas	Friccional	1.2 mm	No gradual
Acanaladas	Friccional + Pasiva	12 mm	No progresiva
Tiras de plástico extensibles compuestas	Friccional	De acuerdo al estiramiento en el refuerzo	De acuerdo al tipo de estructura de refuerzo y la cedencia del polímero
<b>Telas extensibles</b>			
Geotextiles	Friccional	De acuerdo al estiramiento en el refuerzo (de veinticinco a cien milímetros)	Se da de acuerdo a la estructura de refuerzo y las propiedades de cedencia del polímero

Fuente: Cárdenas J. y Osorio A. (2011)

### 2.2.3. Elementos principales para el diseño de MSE (muros mecánicamente estabilizados):

El diseño requiere del cálculo de la estabilidad interna y externa, de esta manera se realiza un análisis global de la estructura. Espinoza (2014) indica:

El procedimiento general de diseño de cualquier muro de contención mecánicamente estabilizado se divide en dos partes: la satisfacción de los requerimientos de estabilidad interna y la revisión de la estabilidad externa del muro. Siendo que la revisión de la estabilidad interna implica determinar la longitud de los elementos de refuerzo necesaria para resistir las fuerzas de tensión máximas que se desarrollan en el relleno y la revisión por estabilidad externa incluye el análisis de la estabilidad del conjunto por volteo, deslizamiento y capacidad de carga, considerando en cada uno de los casos al MSE como una estructura de contención del tipo gravedad, sometida a empujes laterales y a esfuerzos en su cimentación. (p.71)



*Figura 6.* Empujes laterales y esfuerzos de cimentación.

Fuente: Espinoza J. (2014)

#### **2.2.4. Diseño de muro de concreto ciclópeo.**

Parámetros considerados:

- Obtención de datos de laboratorio
- Fuerzas horizontales y verticales
- Excentricidad
- Verificación de esfuerzos a tracción y compresión
- Verificación al volteo
- Verificación al deslizamiento

#### **2.2.5. Diseño de muro de concreto armado.**

El diseño de este tipo de muro se realiza cumpliendo los cálculos y verificaciones que se presentan:

- Datos de laboratorio
- Pre dimensionamiento
- Cálculo de las presiones, fuerzas estáticas y dinámicas
- Verificación al volcamiento
- Verificación al deslizamiento
- Verificación de estabilidad
- Cálculo del área de refuerzo
- Cálculo y verificación de los esfuerzos de flexión y cortante

#### **2.2.6. Drenaje profundo.**

Son hoyos que se introducen en la corteza terrestre y que acopian el agua acumulada, captando las líneas de flujo y disminuyendo el manto freático. (Jiménez, 2006).

#### **2.2.7. Técnicas de acabados.**

Existen diferentes técnicas para realizar los acabados de los muros de tierra mecánicamente estabilizado, sin embargo, los que con mayor frecuencia se utilizan son los de paneles de concreto. Esto porque se encuentran en el mercado de la

construcción de diferentes formas, costos y calidades. Cárdenas & Osorio (2011) especifican:

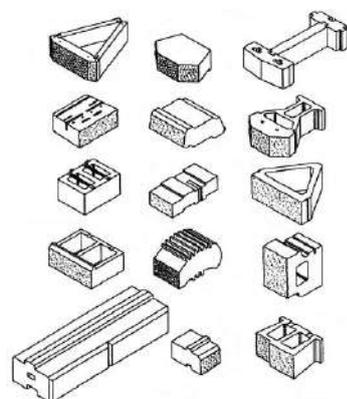
La fachada puede presentar diferentes tipos en este sistema de muros, ya que estos mejoran su estética y además los revestimientos proporcionan protección contra los desprendimientos del relleno y la erosión de los taludes, en algunos casos son diseñados para imprimir una ayuda porcentual a los drenajes del talud. Los paneles prefabricados de concreto segmentario tienen un espesor mínimo de 14 cm y deben estar adaptados a figuras tales como cuadrados, cruces, diamantes o hexágonos, ya que esta es la estandarización internacional; el refuerzo por tensión y temperatura que requiere el panel, debe de ser calculado en base a los esfuerzos presentes para cada tamaño usado. (p.9)



*Figura 7.* Sistemas de fachada.

Fuente: Cárdenas J. y Osorio A. (2011)

También existen bloques de concreto de tamaño pequeño que pueden ser sólidos o con perforaciones internas. Estas se colocan conectando bloque a bloque, no requieren de mortero para su conexión Figura 8.



*Figura 8.* Tipos de bloques modulares

Fuente: Fuente: Cárdenas J. y Osorio A. (2011)

### 2.3. Definición de términos básicos:

- a. **Muros de contención:** Estructuras rígidas, que desarrollan un efecto estabilizador de manera pasiva o activa sobre un volumen de terreno irregular (Ostos, 2004, p.37).
- b. **Muro de contención flexible:** Es el que está ejecutado por componentes estructurales flexibles, capaz de modificarse ante la presión de fuerzas exteriores (Álvarez & Saurith, 2010, p.20).
- c. **Muro de tierra estabilizada:** Estructuras de contención que llevan como relleno estratos, los que son instalados por capas, en la que cada una lleva una armadura (Álvarez & Saurith, 2010, p.22).
- d. **Geosintéticos:** Material polimérico no biodegradable. Como la geomembrana, geotextiles, geomallas, etc. (Braja, 2013, p.619).
- e. **Impermeabilización:** Evita la erosión de material por efectos externos como el viento y agua (Jiménez, 2006, p.58).
- f. **Subdrén Chimenea:** Su fin es impedir que se produzcan presiones hidrostáticas; Es un filtro vertical que se ubica en el espaldón del muro, conformado por material granular, protegido con geotextil no tejido (Izquierdo & Niño, 2012, p.29).

## **Capítulo III**

### **Hipótesis y variables de la investigación**

#### **3.1. Hipótesis principal**

La investigación que se presenta no conduce a una hipótesis, es un diagnóstico que conlleva al análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en la ciudad de Tarma.

#### **3.2. Variables e indicadores**

##### **3.2.1. Variable 1:**

Prefactibilidad técnico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100.

##### **3.2.2. Variable 2:**

Prefactibilidad económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100.

### 3.3. Operacionalización de las variables

Con este método se responderán a los objetivos planteados.

Tabla 2.

Operacionalización de variables

Variable	Sub variable	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Metodología
<b>Variable 1: Prefactibilidad técnica de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100</b>	Muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100	Diseño de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100	1. Topografía de terreno 2. Estudio de suelos 3. Presión activa 4. Separación vertical 5. Longitud de capa 6. Longitud de traslape	1. Levantamiento topográfico 2. Estudio de suelos 3. AutoCAD 2017 4. Microsoft Excel 2016	1. Levantamiento topográfico y procesamiento de datos con AutoCAD 2017 2. Interpretación de datos del estudio de suelos 3. Cálculo de Presión activa con Microsoft Excel 2016 4. Cálculo de la separación vertical Microsoft Excel 2016 5. Cálculo de la longitud de capa y traslape Microsoft Excel 2016
	Drenaje de aguas de muro mecánicamente estabilizada	Diseño de drenaje de aguas acumuladas por filtración	1. Topografía de terreno 2. Estudio de suelos 3. Red de flujo y caudal de diseño 4. Espaldón filtrante y diámetro de tubería 5. Elección del geotextil	1. Levantamiento topográfico 2. Estudio de suelos 3. Slide 6.0 4. Microsoft Excel 2016	1. Levantamiento topográfico y procesamiento de datos con AutoCAD 2017 2. Interpretación de datos del estudio de suelos 3. Diagrama de red de flujo y cálculo del caudal con Slide 4. Dimensionamiento del espaldón filtrante y cálculo del diámetro de la tubería con Microsoft Excel 2016 5. Determinación del tipo de geotextil con Microsoft Excel 2016
<b>Variable 2: Prefactibilidad económica de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100</b>	Análisis económico de muro de tierra mecánicamente estabilizada	Estimación de Costos del muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100	1. Metrados 2. Análisis de costos unitarios 3. Presupuesto 4. Relación y cantidad de recursos	1. S10 Presupuestos 2005 2. Microsoft Excel 2016	1. Cálculo de metrados en Microsoft Excel 2016 2. Análisis de costo unitario con la opinión de expertos y procesamiento de información con S10 Presupuestos 2005
	Análisis económico de muro de concreto armado y ciclópeo mecánicamente estabilizada	Estimación de Costos del muro de concreto armado y ciclópeo	1. Metrados 2. Análisis de costos unitarios 3. Presupuesto 4. Relación y cantidad de recursos	1. S10 Presupuestos 2005 2. Microsoft Excel 2016	1. Cálculo de metrados en Microsoft Excel 2016 2. Análisis de costo unitario con la opinión de expertos y procesamiento de información con S10 Presupuestos 2005

Fuente: Elaboración propia.

## **Capítulo IV**

### **Diseño de la investigación**

#### **4.1. Diseño de ingeniería**

##### **4.1.1. Modalidad de la investigación**

La presente investigación corresponde a la línea y campo de investigación de la optimización estructural y optimización de diseño (Resolución 073-2017-UCSS-FI/D).

##### **4.1.2. Diseño de la investigación**

Hernández (2014) indica: “La investigación no experimental no genera ninguna situación, sino que se observan situaciones existentes, no provocadas intencionalmente por quien la realiza” (p.52). Por lo que basándonos en dicha concepción la presente investigación tiene un diseño no experimental ya que después de la observación de la situación existente en el Jr. Milagro Sur 2da y 3ra cuadra, se formuló el planteamiento del problema para posteriormente realizar la evaluación de la prefactibilidad técnica y económica.

### 4.1.3. Enfoque de investigación

Hernández (2014) afirma: “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para ser probados con base a la medición numérica. Es secuencial y prueba teorías” (p.4). Es así que la investigación se encuentra en el enfoque cuantitativo porque analizará mediante expresiones matemáticas cuantificables el aspecto técnico como económico.

## 4.2. Métodos y técnicas del proyecto

Se siguieron los siguientes métodos y técnicas:

### 4.2.1. Levantamiento topográfico

Para representar gráficamente la orografía de un área de estudio, se realiza el levantamiento topográfico el que permite la representación de las curvas de nivel, con ello la determinación de la altura y demás datos dimensionales que se tomarán en cuenta en el diseño de muros de contención.

### 4.2.2. Estudio de suelos

El estudio de suelo en la construcción de un muro de contención es de importancia capital pues al estudiar el terreno estamos contribuyendo a que el elemento estructural trabaje efectivamente y de esta manera cumpla su función de brindar seguridad.

Para el diseño del muro de tierra mecánicamente estabilizado con geosintéticos 550X-T2100, muro de concreto armado y ciclópeo se consideraron los siguientes datos del estudio de suelos:

- Del material de relleno  
 $\gamma_1$  = peso unitario  
 $\varphi_1$  = ángulo de fricción
- Del suelo de base  
 $\gamma_2$  = peso unitario  
 $q_{adm}$  = capacidad de carga admisible  
 $\varphi_2$  = ángulo de fricción  
 $c_2$  = cohesión

La obtención de los datos descritos se puede determinar con los ensayos de análisis granulométrico y corte directo.

#### **4.2.2.1. Análisis granulométrico**

Se realizan por cribas, estos existen de diferentes números. Por el tamaño de las partículas se pueden utilizar distintos métodos para su análisis. Después del procesamiento de datos se obtiene la gráfica de la distribución granulométrica en el que se deduce el tipo de suelo y su clasificación.

#### **4.2.2.2. Ensayo de corte directo**

Para saber el aguante al corte de un espécimen de tierra es necesario realizar este ensayo. Es sumamente importante desarrollarlo, ya que con este se puede proceder a analizar y evaluar un suelo ante las distintas fallas de equilibrio en taludes, fuerzas que se ejercen sobre los lados de un muro y la más grande presión seccional que el suelo puede soportar.

### **4.2.3. Parámetros específicos del diseño de muro de tierra mecánicamente estabilizada**

#### **4.2.3.1. Presión activa**

La presión activa sobre el muro se halla mediante la fórmula de Braja (2013):

$$\sigma'_a = K_a \sigma'_o = k_a \gamma_1 z$$

Dónde:

$$k_a = \tan^2 (45 - \varphi'_1/2)$$

$\gamma_1$  = peso unitario

$\varphi_1$  = ángulo de fricción

#### 4.2.3.2. Separación vertical

Esta separación a distinta altura  $z$  se determina por la fórmula de Braja (2013):

$$S_V = \frac{T_{per}}{\sigma'_a FS_{(B)}} = \frac{T_{per}}{(\gamma_1 z K_a) [FS_{(B)}]}$$

En la que:

$$\sigma'_a = \gamma_1 z K_a$$

$$FS_{(B)} = 1.3 \text{ a } 1.5$$

$T_{per}$  (KN/m) = resistencia permisible a la tensión

#### 4.2.3.3. Resistencia permisible a la tensión

Según la fórmula de Koerner (2005):

$$T_{per} = \frac{T_{ult}}{(RF_{id} \times RF_{cr} \times RF_{cbd})}$$

Donde:

$T_{ult}$  = resistencia a la tensión, Tabla 3.

$RF_{id}$  = factor de reducción de los daños de instalación

$RF_{cr}$  = factor de reducción de la fluencia

$RF_{cbd}$  = factor de reducción de la degradación química y biológica

Asimismo, los valores del factor de reducción recomendados por Koerner (2005):

$$RF_{id} = 1.1 - 2.0$$

$$RF_{cr} = 2 - 4$$

$$RF_{cbd} = 1 - 1.5$$

Tabla 3.

*Parámetros generales de tres propiedades de los geotextiles*

Geotextil	Aguante a la tensión (KN/m)	Estiramiento a carga máxima (%)	Masa por área (g/m <sup>2</sup> )
Tejido			
Monofilamento	20-80	20-40	200-300
Multifilamento	50-1250	10-35	300-1500
De punto			
Trama	2-5	300-600	150-300
Torcido	20-800	12-30	250-1000
No tejido			
Enlace térmico	5-25	20-60	50-380
Punzonamiento	10-90	30-80	100-3000

Fuente: Braja D. (2013)

**4.2.3.4. Longitud de capa**

Se halla por la fórmula de Braja (2013):

$$L = l_r + l_e$$

Donde:

$$l_r = \frac{H - Z}{\tan\left(45 + \frac{\phi'_1}{2}\right)}$$

y

$$l_e = \frac{S_V \sigma'_a [FS_P]}{2\sigma'_0 \tan \phi'_F}$$

en la que

$$\sigma'_a = \gamma_1 Z K_a$$

$$\sigma'_0 = \gamma_1 Z$$

$$FS_{(P)} = \text{de } 1.3 - 1.5$$

$\varphi'_f$  = ángulo de fricción “en la interface suelo-geotextil”  $\approx 2/3\varphi'_1$

#### 4.2.3.5. Longitud de traslape ( $l_1$ )

A partir de la fórmula de Braja (2013):

$$l_l = \frac{S_V \sigma'_a FS_{(P)}}{4\sigma'_0 \tan \varphi'_F}$$

Cabe mencionar que la longitud mínima del traslape debe ser de 1 m.

#### 4.2.4. Parámetros específicos del diseño de drenaje tipo subdrén chimenea

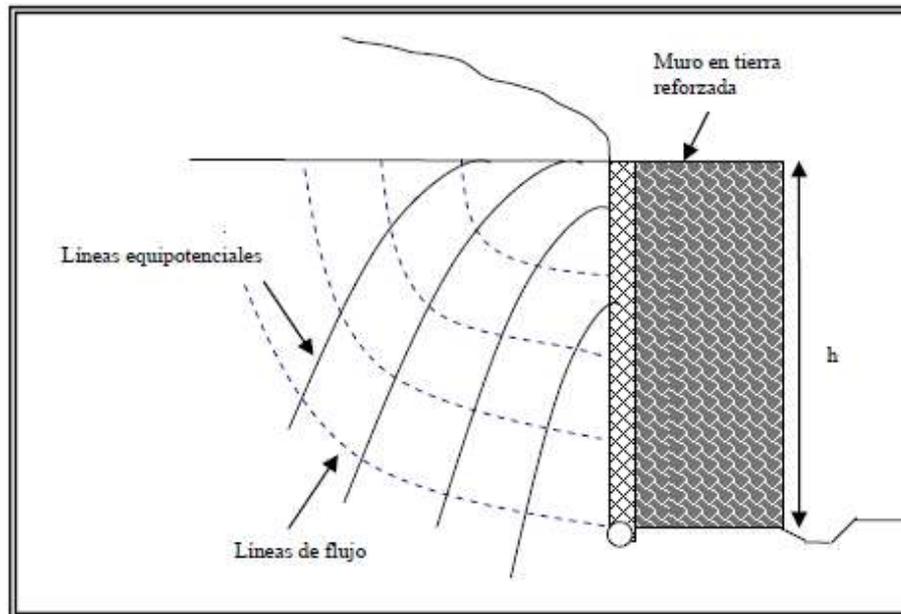
##### 4.2.4.1. Red de flujo y caudal de diseño

###### 4.2.4.1.1. Red de flujo

Sus componentes según diversos estudios (Orozco, 2007; Izquierdo & Niño, 2012):

- **Líneas de corriente:** Se delinear por una escorrentía, siendo adyacentes a los segmentos de velocidad en todo su desarrollo.
- **Líneas equipotenciales:** Juntan puntos que tienen igual fuerza y son perpendiculares a las líneas de corriente.
- **Canal de flujo:** El espacio que se da entre dos líneas de corriente es el canal de flujo.
- **Canal de caída equipotencial:** Viene a ser el espacio comprendido entre dos líneas equipotenciales.

- **Campo:** El espacio cuadrado que se forma por dos líneas de corriente y dos líneas equipotenciales.



*Figura 9.* Red de flujo en muro de contención con geotextil

Fuente: Izquierdo L. y Niño W. (2012)

La red de flujo se realiza con el programa Slide, el cual es un software para el análisis de agua subterránea.

#### **4.2.4.2. Caudal de diseño**

Con la permeabilidad del suelo, la red de flujo diagramatizada y la configuración del muro se procede a calcular el caudal total de diseño, mediante el programa Slide, teniendo como unidad de medida  $m^3/s$ .

#### **4.2.4.3. Dimensionamiento del espaldón filtrante**

Diversos estudios (Orozco, 2007; Izquierdo & Niño, 2012) refirieron que la dimensión del espaldón filtrante se obtiene al tomar un ancho aproximado (no menor a 40 cm) en primera instancia; en base al ancho definido se halla el caudal de filtro, el que se contrasta con el caudal de diseño.

Se requiere los datos siguientes, recomendados por diversos estudios (Orozco, 2007; Izquierdo & Niño, 2012):

$B(m)$  = dimensión del espaldón filtrante

$H(\text{ml}) = \text{alto de muro}$

$\text{Area} (\text{m}^2) = \text{área (sección transversal)}$

$V(\text{m/s}) = \text{velocidad}$

$Qf(\text{m}^3/\text{s}) = \text{caudal del filtro}$

Se procede a calcular la velocidad Figura 10; con la pendiente y el diámetro del agregado que servirá de drenaje; considerando que el filtro se trabajará con piedra chancada de 2”.

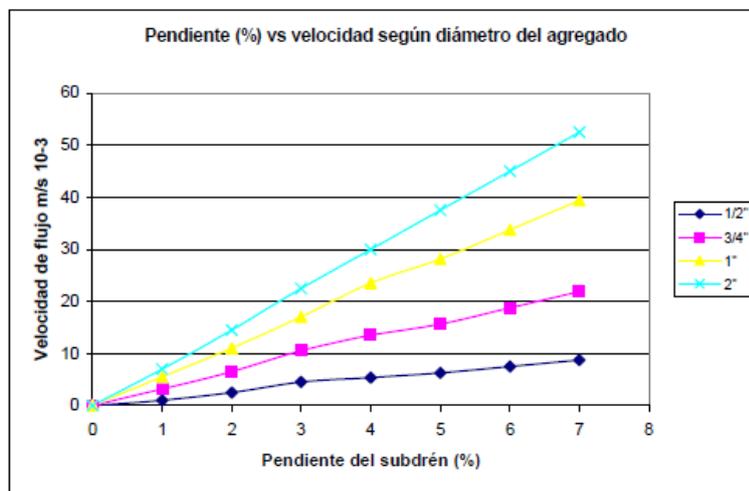


Figura 10. Pendiente (%) vs Velocidad según diámetro del agregado

Fuente: Izquierdo L. y Niño W. (2012)

Con la fórmula que se presenta, después de calcular la velocidad se continúa con calcular la capacidad de filtro (Izquierdo & Niño, 2012).

$$Qf = V * A$$

Luego se procede a comparar el caudal de filtro con el caudal de diseño, en la que el caudal de filtro debe ser mayor; si cumple esa condición, el ancho del espaldón filtrante es el correcto (Izquierdo & Niño, 2012).

$$Qf > QT$$

#### 4.2.4.4. Cálculo del diámetro de la tubería de drenaje

Con el caudal de diseño y la pendiente del tubo de PVC, se calcula el diámetro despejando de la fórmula de Manning (Izquierdo & Niño, 2012).

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Sabiendo que:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$R = \frac{D}{4}$$

$n$  = coeficiente de rugosidad de Manning

$S$  = pendiente

Despejamos:

$$D = \left[ \frac{Q * n}{0.3117 * S^{1/2}} \right]^{3/8}$$

Izquierdo y Niño (2012) mencionaron que el tubo irá agujereado en la parte baja, con huecos de un centímetro cada diez centímetros, en toda la longitud de la estructura de retención Figura 11.

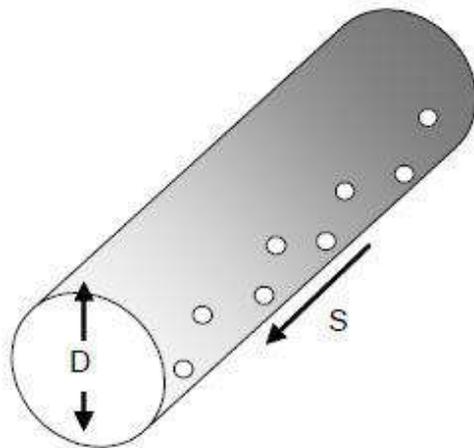


Figura 11. Modelo de tubería planteado para el drenaje

Fuente: Izquierdo L. y Niño W. (2012)

#### **4.2.4.5. Elección del geotextil**

Diversos estudios (Orozco, 2007; Izquierdo & Niño, 2012) describieron las características mínimas del geotextil a usar Tabla 4.

Tabla 4.

*Características mínimo requerido de geotextil no tejido para drenaje.*

Características	Mínimo aceptable
Soporte a la tensión (N)	700
Soporte al corte (N)	250
Soporte al desgarro (N)	250
Soporte a la rotura (KPa)	1300

Fuente: Izquierdo L. y Niño W. (2012)

Se elige el geotextil (no tejido) que cumpla con las características mínimas requeridas.

#### **4.2.4.6. Lloraderos**

Vienen a ser tubos de policloruro de vinilo agujereados que se instalan en el muro (en la cara interna), para evacuar el agua acumulada; van distanciadas a 1.50 m en ambos sentidos (horizontal y vertical); asimismo su largo es  $\frac{3}{4}$  el ancho de la estructura de contención, por diversos estudios (Orozco, 2007; Izquierdo & Niño, 2012).

#### **4.2.5. Parámetros normativos**

La investigación se basó en los siguientes parámetros normativos:

- Norma CE.020.
- Especificaciones AASHTO – HB 17, capítulo 5, sección 5.8.

#### **4.2.6. Referencia de software**

- **Software de Microsoft Office 2016**

Microsoft Word 2016, Excel 2016 y Power Point 2016. Se utilizó el presente software para la ejecución de la tesis, tablas, gráficos, metrados, cálculos, diapositivas.

- **AutoCAD 2017**

Se utilizó en la elaboración de planos: de ubicación, topográficos, planos de planta, secciones y detalles de los muros de contención y sistema de drenaje.

- **Slide 6.0**

Se utilizó para la obtención de la red de flujo, la determinación del caudal de diseño del sistema de drenaje y la verificación de estabilidad global del muro.

- **S10 Presupuestos**

Se utilizó para la elaboración de los presupuestos, análisis de costos unitarios, relación de insumos y el análisis de los gastos generales.

#### **4.3. Diseño estadístico**

##### **4.3.1. Estimación de la oferta**

###### **4.3.1.1. Oferta actual:**

DGIP-MEF (2014) especificó: “Radica en identificar y proyectar la capacidad con la que se cuenta actualmente para brindar los servicios deseados” (p.57). Dada esa concepción la oferta actual está dada por el estado actual del Jr. Milagro Sur 4ta cuadra, terraplén con un ángulo de talud natural de  $28^\circ$  en una longitud de 51.95 m, secciones longitudinales y transversales irregulares ofreciendo a la población un sector vulnerable a deslizamiento de piedras y tierra suelta Figura 12.



*Figura 12.* Estado actual del Jr. Milagro Sur 4ta cuadra.

Fuente: Propia, fotografía del estado actual de la 4ta Cdra. del Jr. Milagro Sur – Fecha: 02/05/2019

#### **4.3.1.2. Oferta con el proyecto:**

DGIP-MEF (2014) mencionó: “Es la capacidad de oferta de la que se puede disponer” (p.57). Por lo que la oferta “con proyecto” vino hacer 51.95 m de muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos (550X - T 2100) en el Jr. Milagro Sur 4ta cuadra, la que permitirá dotar de una infraestructura de contención de tierras; otorgando seguridad a los ciudadanos y a su vez a la población del distrito de Tarma.

#### **4.3.2. Estimación de la demanda**

DGIP-MEF (2014) indicó: “Consiste en identificar y proyectar a lo largo del horizonte de evaluación a partir de la población demandante y se calcula la cantidad demandada del servicio que se desea brindar” (p.10). Por ello se estimó en 250 residentes (teniendo 50 lotes y considerando 5 residentes por cada uno).



*Figura 13.* Vista Panorámica de los lotes del Jr. Milagro Sur 4ta cuadra.

Fuente: Google Earth del Jr. Milagro Sur – Fecha: 14/06/2019

Teniendo en cuenta que lo que trata de conseguir la investigación, es superar el problema de contención de tierras, dotar de seguridad y mejorar las condiciones de vida, con el análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizados con geosintéticos 550X-T2100, se tuvo como demanda real el 100%.

Tabla 5.

*Estimación de demanda*

Demanda	Tipo de población	N° de personas	% de efectividad
	a.-Población afectada	250	100.00%
Demanda real	b.- Población considerada	00	100.00%
	c.- Población desprovista ( a-b)	250	100.00%
	d.- Población meta ( 100% de c )	250	100.00%

Fuente: Resultados de datos estadísticos por conteo directo.

#### 4.4. Técnicas y herramientas estadísticas

Hernández (2014) indicó: “En la investigación cuantitativa, una de las técnicas es la recolección de datos, la que puede ser el registro de datos estadísticos” (p.14). Es así que, considerando “la tasa de crecimiento anual promedio” de los diez recientes años (0.09%), el “censo poblacional del INEI” del año 2017 y mediante el método geométrico o exponencial, se halló la población futura cuya fórmula y variables son los siguientes:  $P_f = P_o (1+r)^t$

Donde:

$P_f$  = Población futura.

$P_o$  = Población en el “año base” (conocida)

$r$  = Tasa de crecimiento anual (0.09%)

$t$  = Número de años entre el “año base” (año cero) y el año “t”

Tabla 6.

##### *Proyección de población futura*

Año	Nº de Años	Población futura
2016	0	250
2017	1	250
2018	2	250
2019	3	251
2020	4	251
2021	5	251
2022	6	251
2023	7	252
2024	8	252
2025	9	252
2026	10	252

Fuente: Resultados de datos estadísticos.

##### 4.4.1. Balance oferta – demanda:

DGIP-MEF (2014) mencionó: “El balance oferta – demanda se realiza para identificar la brecha existente entre la demanda por servicios de seguridad y la capacidad óptima de oferta de dichos servicios” (p.81). Con el balance desarrollado se determinó que el lugar de estudio carece de una estructura de sostenimiento para la

protección y accesos de la población; por lo tanto, el obtenerlo es necesario en un 100%.

## Capítulo V

### Desarrollo de la investigación

#### 5.1. Aspectos ingenieriles técnicos

##### 5.1.1. Levantamiento topográfico

Al obtener la configuración del área de análisis, se determinó 51.95 m de longitud de muro a considerar.



*Figura 14.* Levantamiento topográfico del área de estudio - Jr. Milagro Sur 4ta cuadra.

Fuente: Trabajo de campo – Fecha: 02/05/2019

Luego se realizó el levantamiento topográfico del talud de reposo actual para de esta manera determinar el desnivel entre el nivel de vía y nivel de base de terreno natural.



*Figura 15.* Toma de muestra para determinar el ángulo de fricción de terreno granular - Jr. Milagro Sur 4ta cuadra.

Fuente: Trabajo de campo – Fecha: 02/05/2019

Luego del levantamiento se determinó que el desnivel entre nivel de vía y base de terreno natural es de 4.06 m.

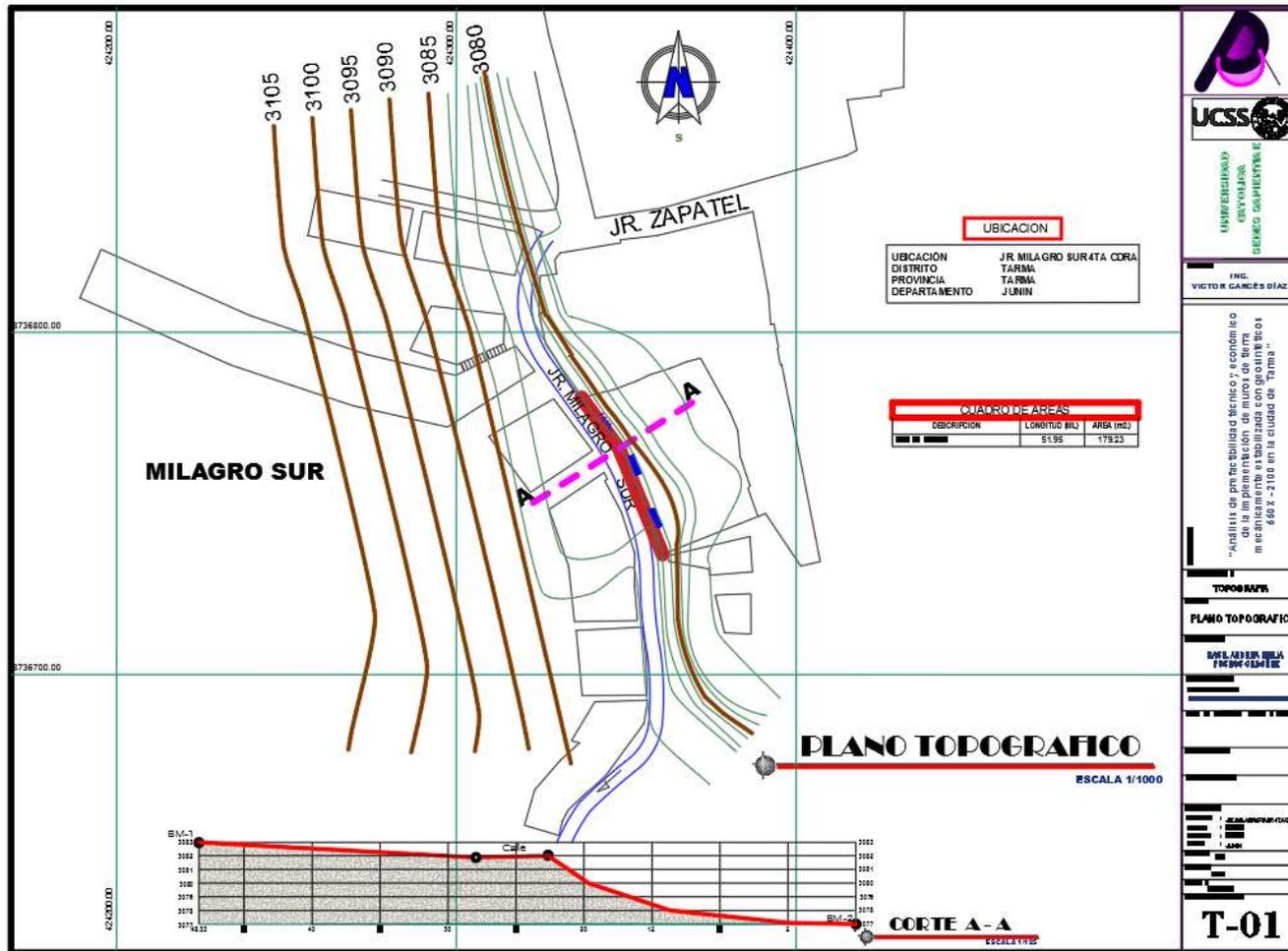


*Figura 16.* Estado actual del área de estudio - material de relleno - Jr. Milagro Sur 4ta cuadra.

Fuente: Trabajo de campo – Fecha: 02/05/2019

### Plano 3.

Plano topográfico.



Fuente: Trabajo de gabinete.

### 5.1.2. Estudios de suelos

Se realizaron los ensayos de análisis granulométrico y corte directo de los cuales se obtuvieron los datos del material de relleno y del suelo de base.

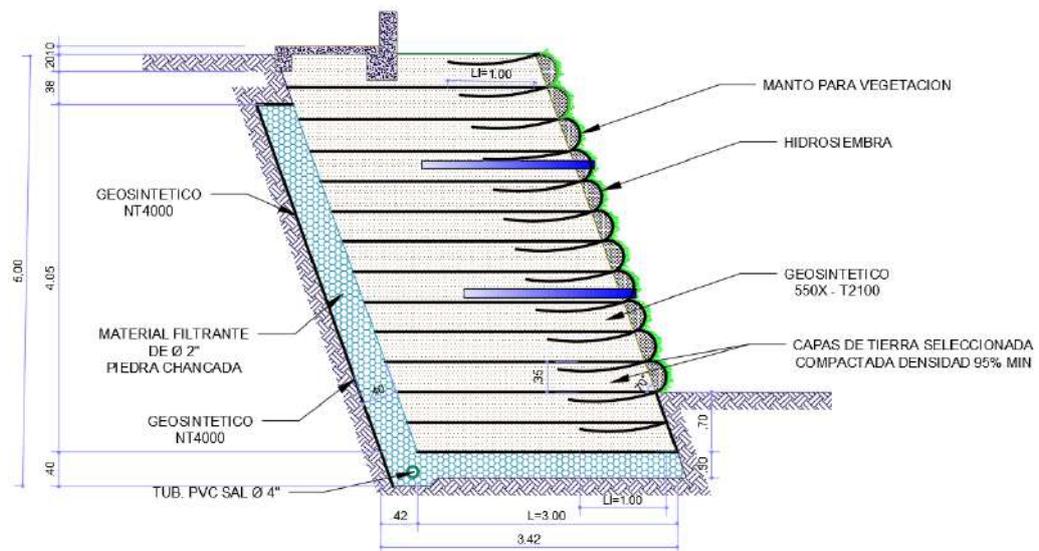
### 5.1.3. Diseño de muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X-T2100.

#### 5.1.3.1. Características del material de relleno, suelo base y geosintético:

- Material de relleno  
 $\gamma_1$  = peso unitario del relleno granular = 13.73 KN/m<sup>3</sup>  
 $\varphi_1$  = ángulo de fricción del relleno granular = 37°  
 $c_1$  = cohesión = 49 KN/m<sup>2</sup>
- Suelo base  
 $\gamma_2$  = peso unitario = 24.52 KN/m<sup>3</sup>  
 $\varphi_2$  = ángulo de fricción = 22.5°  
 $c_2$  = cohesión = 6 KN/m<sup>2</sup>
- Geosintético  
 $T_{ult}$  = resistencia última a la tensión = 34 KN/m  
 $RF_{id}$  = 1.2  
 $RF_{cr}$  = 2.5  
 $RF_{cbd}$  = 1.25

#### 5.1.3.2. Resultados de los cálculos de diseño:

Se realizaron los cálculos de todos los parámetros de diseño del muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X-T2100, considerando las características y propiedades del material de relleno, suelo y refuerzo Anexo 1; en la Tabla 15 se muestran los resultados; obteniendo una separación vertical de capas de tierra estabilizada de 0.35 m, un ancho de muro de 3.00 m y una longitud de traslape de 1.00 m. Cabe mencionar que la estructura de retención analizada cumple con las verificaciones de estabilidad interna, externa y dinámica. Asimismo, en la Figura 17 se detalla cada uno de sus componentes y detalles. También se especifica el sistema de drenaje, sus elementos y dimensiones. Además, cabe indicar que se viene considerando la colocación de lloraderos, estos a una distancia vertical y horizontal de 1.50 m.



*Figura 17.* Diseño de muro mecánicamente estabilizado con geosintéticos 550X – T2100.

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los cálculos del Anexo 1.

#### **5.1.3.3. Resultados de las verificaciones de la estabilidad interna:**

Se determinó las fuerzas de tensión máxima que el relleno desarrollará sobre el muro y con estos datos se realizó la verificación de la estabilidad contra volteo, corrimiento y contra falla de capacidad de carga, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 16. Cabe mencionar que el desarrollo de los cálculos de verificación se encuentra en el Anexo 2.

#### **5.1.3.4. Resultados de las verificaciones de la estabilidad global:**

Mediante el software Slide 6.0, se modeló y se obtuvo como resultado en su condición estática un factor de seguridad de  $1.938 > 1.3$  (valor mínimo especificado por AASHTO) por lo que cumple favorablemente Figura 29. Asimismo, se verificó en su condición dinámica y se obtuvo un factor de seguridad para análisis sísmico de  $1.358 > 1.1$  (valor mínimo especificado por AASHTO) cumpliendo de manera efectiva Figura 30.

#### 5.1.4. Diseño del drenaje tipo subdrén chimenea.

##### 5.1.4.1. Diagrama de red de flujo y caudal de diseño:

###### 5.1.4.1.1. Diagrama de red de flujo

Se desarrolló en el programa Slide, el cual mediante elementos finitos realizó el análisis de agua subterránea en estado invariable. Cabe mencionar que se asumió que a 2.00 m de profundidad se halla el nivel freático (medido desde el nivel de piso terminado); ello para realizar el diseño con el escenario más desfavorable, porque cuando se realizó la calicata a una profundidad de 2.00 m, no se encontró nivel freático.

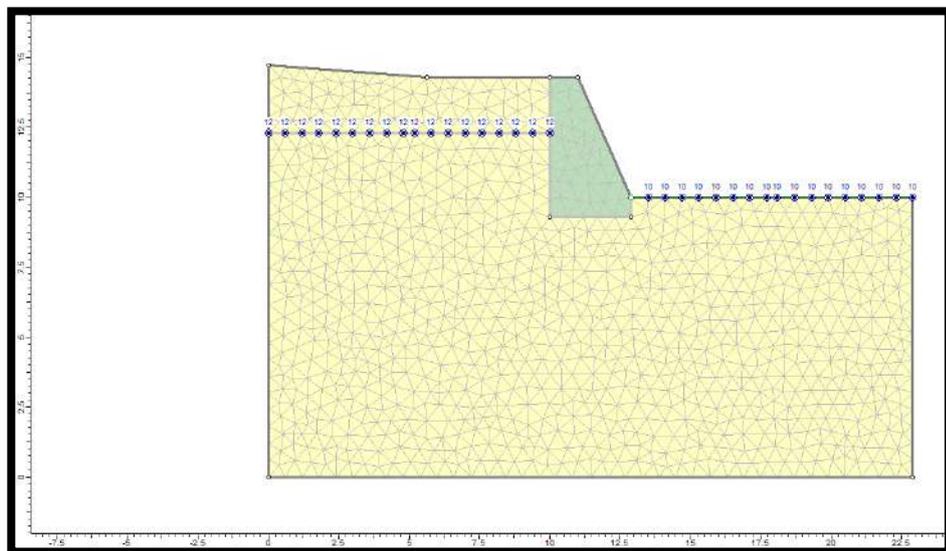


Figura 18. Geometría del muro para el análisis de agua subterránea.

Fuente: Trabajo de gabinete.

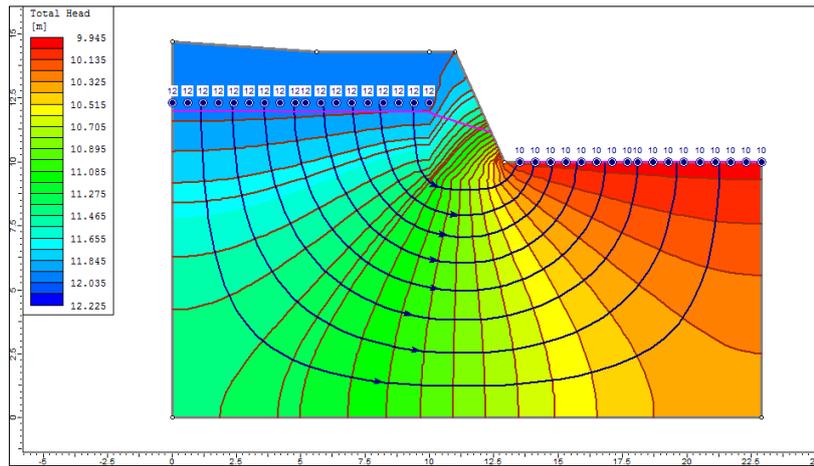


Figura 19. Diagrama de red de flujo.

Fuente: Trabajo de gabinete.

#### 5.1.4.1.2. Caudal de diseño

Mediante el programa Slide se calculó el caudal total de diseño, teniendo como datos: la permeabilidad del suelo, la red de flujo y la configuración del muro.

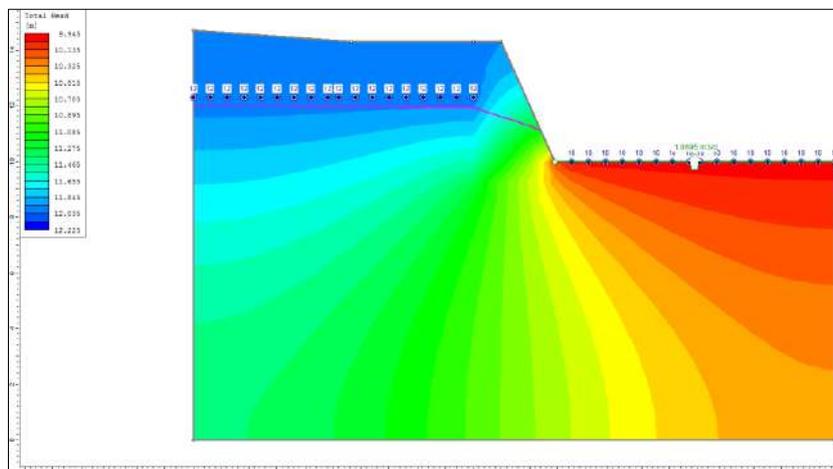


Figura 20. Caudal total de diseño.

Fuente: Trabajo de gabinete.

Como se muestra en la Figura 20, el caudal total de diseño es:

$$Q_t = 1.07 \text{ m}^3/\text{d} \approx 1.24E - 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 5.1.4.1.3. Diseño del espaldón filtrante

Datos:

$B(m) = 0.40$  de dimensión del espaldón filtrante

$H(m) = 5.00$  alto del muro

$Area(m^2) = 2.00$  área (sección transversal)

$V(m/s) =$  velocidad

$Qf(m^3/s) = V * A$  (caudal del filtro)

Con la Figura 10 determinamos la velocidad de flujo, teniendo como datos: la pendiente (4%) y el diámetro del agregado de drenaje (piedra chancada de 2”).

Entonces, para  $S=4\%$  y  $D=2''$ :

$$V = 3E - 02 \text{ m/s}$$

Ahora:

$$Qf = 6.0E - 02 \text{ m}^3/\text{s} > Q_t$$

Se observa que el caudal de filtro es mayor al caudal total de diseño por lo que se concluye que cumple con la capacidad de evacuación requerida.

#### 5.1.4.1.4. Cálculo del diámetro de la tubería de drenaje

Despejando de la expresión de Manning se calculó el diámetro de la tubería, con la fórmula:

$$D = \left[ \frac{Q * n}{0.3117 * S^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$D = \left[ \frac{0.0000124 * 0.013}{0.3117 * (0.04)^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$D = 0.01 \text{ m}$$

Como se aprecia, el diámetro de la tubería viene a ser muy pequeña por lo que se le dará como diámetro mínimo 0.05 m el que es equivalente a 2"; pero por criterio, teniendo un espaldón filtrante de 0.40 m se colocará una tubería de 4":

$$D = 4''$$

#### 5.1.4.1.5. Elección del geotextil

En base a la tabla 4 (características mínimo requerido del geotextil) se comparará el geotextil no tejido NT4000.

Tabla 7.

*Comparación de las características mínimas requeridas con el geotextil NT4000.*

Características	Mínimo aceptable	No Tejido 4000
Soporte a la tensión (N)	700	< 1040
Soporte al corte (N)	250	< 590
Soporte al desgarro (N)	250	< 390
Soporte a la rotura (kPa)	1300	< 2827

Fuente: Izquierdo L. y Niño W. (2012)

En base a la comparación, el geotextil NT 4000 es el que cumple con los requisitos mínimos por lo que fue el elegido.

#### 5.1.5. Diseño de muros con los sistemas convencionales.

Para la determinación de la viabilidad económica se comparó el muro de tierra mecánicamente estabilizado con geosintéticos 550X – T2100 con uno de concreto armado y otro de concreto ciclópeo; para ello se realizó el predimensionamiento y el diseño de dichas estructuras, los que a continuación se presentan.

##### 5.1.5.1. Muro de concreto armado:

Se realizó el predimensionamiento y diseño del muro en mención. El Anexo 3 muestra los cálculos desarrollados.

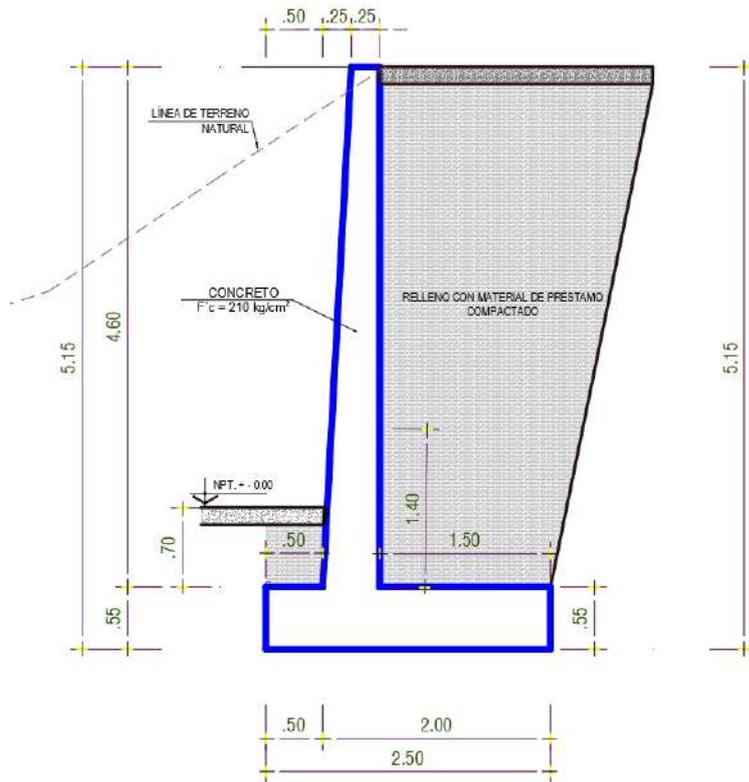


Figura 21. Predimensionamiento del muro de concreto armado.

Fuente: Trabajo de gabinete.

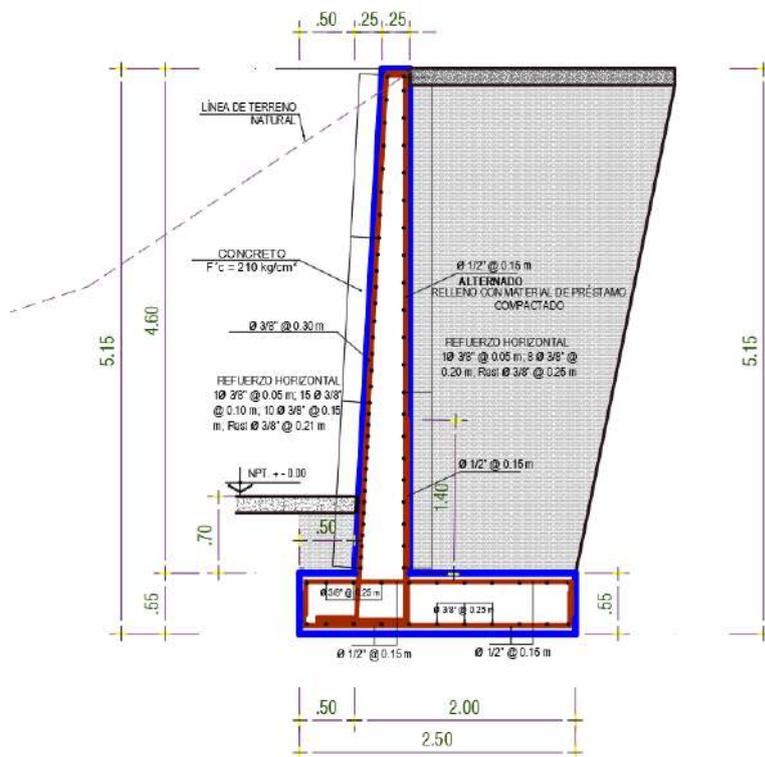


Figura 22. Diseño del muro de concreto armado.

Fuente: Trabajo de gabinete.

### 5.1.5.2. Muro de concreto ciclópeo:

Se realizó el diseño del muro de concreto ciclópeo. En el Anexo 4 se muestra los cálculos desarrollados.

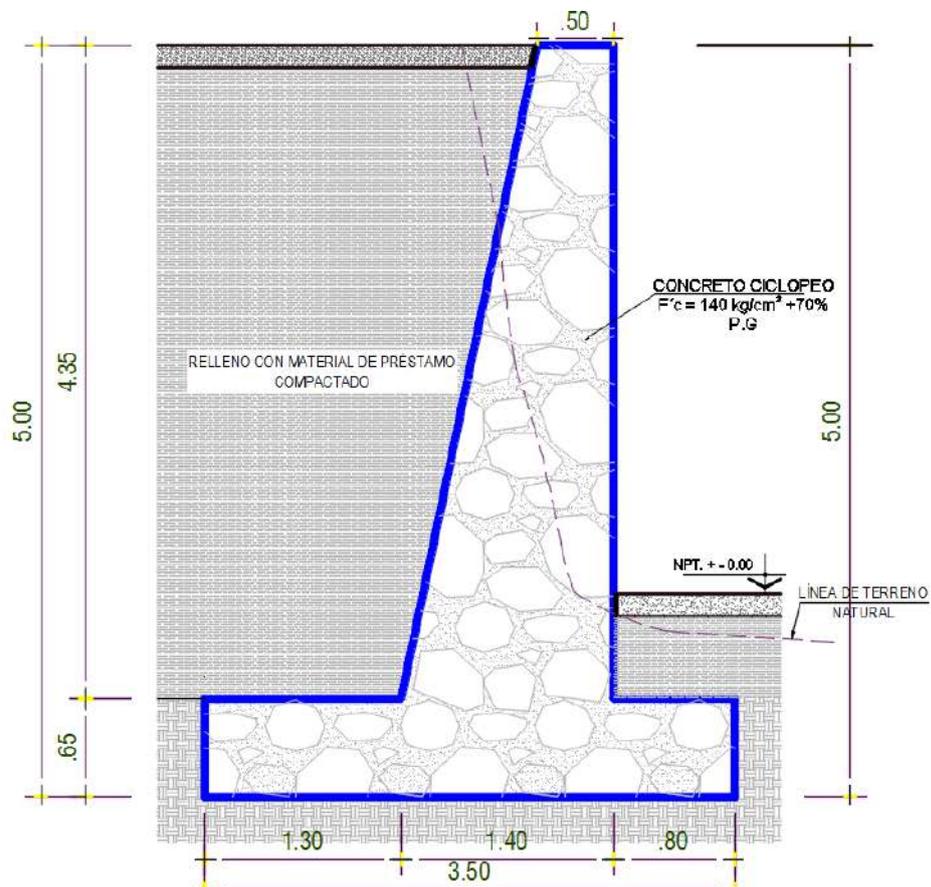


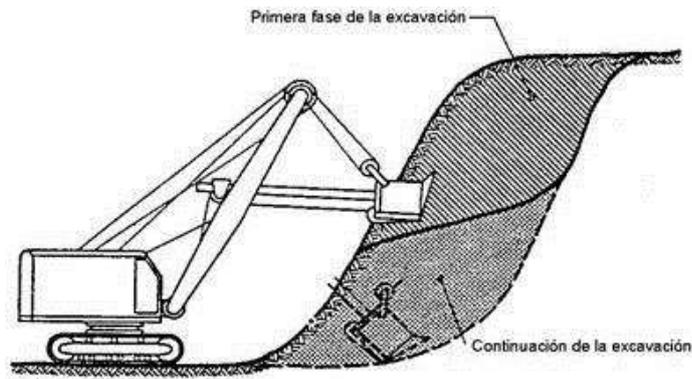
Figura 23. Diseño del muro de concreto ciclópeo.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.6. Proceso constructivo del muro mecánicamente estabilizado con geosintéticos 550X-T2100.

#### 5.1.6.1. Trazo replanteo, nivelación y movimiento de tierras:

Se procederá a retirar los residuos y la vegetación de la superficie en un área de 179.23 m<sup>2</sup>. Luego se realizará el trazo y replanteo, para posteriormente comenzar con el corte de terreno, el que contempla un volumen de 871.20 m<sup>3</sup>.



*Figura 24. Corte de terreno en talud.*

Fuente: Maquinaria pesada - Revista Sencico.

#### **5.1.6.2. Compactado de suelo de cimentación y la primera capa de tierra:**

La compactación de la base debe alcanzar una densidad de 99%, el que se realizará previo humedecimiento. La primera capa de tierra de 0.35 m de altura, se compactará hasta una densidad de 95% mínimo. Con estos parámetros podremos llegar a una compactación óptima.



*Figura 25. Compactado de base y primera capa de tierra.*

Fuente: Revista ACE Geosynthetics.

#### **5.1.6.3. Colocación de geosintético 550X - T2100:**

El rollo de geosintético deberá colocarse en la longitud de 3.00 m. “Se verificará que no queden traslapes paralelos a la cara del muro, sino perpendiculares a esta” (Castillo & Nieves, 2016, p.37). El traslape es de 1.00 m.

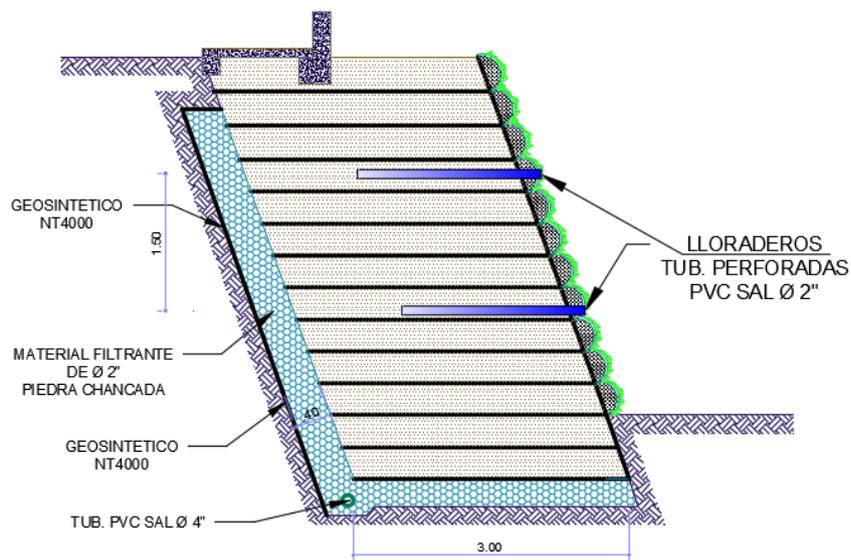


*Figura 26.* Colocado de geosintético, con traslape de 1.00 m.

Fuente: Álvarez D. y Saurith C. (2010)

#### **5.1.6.4. Construcción del sistema de drenaje:**

Con el diseño del drenaje tipo subdrén chimenea se diseñó también el espaldón filtrante, por lo que se construirá en la parte posterior del muro. El drenaje está constituido por piedra chancada de 2", el que tiene un ancho de 0.40 m; asimismo en la cara posterior se colocará geotextil NT4000 el que lo impermeabilizará. En la parte inferior se colocará una tubería PVC SAL Ø 4". También se colocarán lloraderos a una distancia vertical y horizontal de 1.50m con tubería PVC SAL Ø 2".

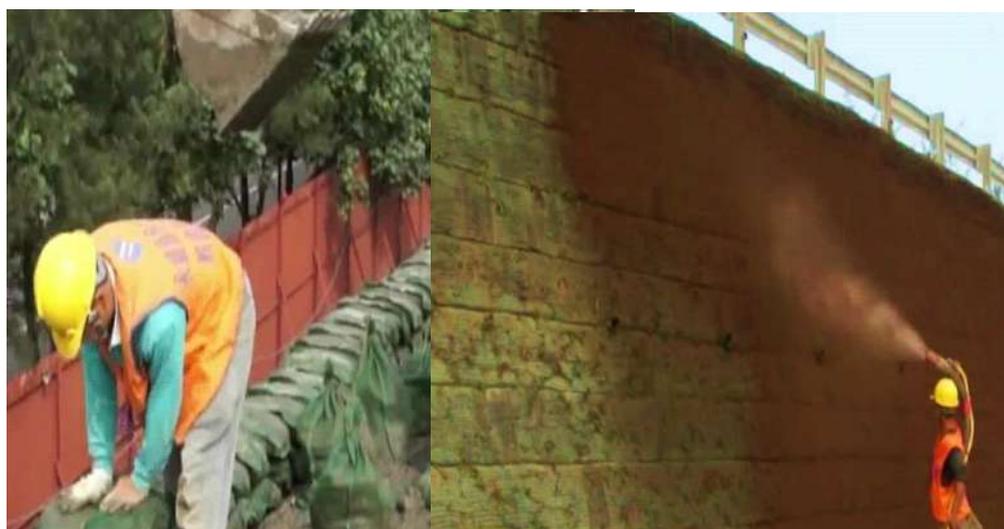


*Figura 27.* Sistema de drenaje.

Fuente: Elaboración propia

### **5.1.6.5. Construcción de la superficie del muro:**

El acabado de la fachada será vegetal, para lo cual se colocará en la cara frontal por cada capa, bolsas de tierra agrícola de 0.06 m<sup>3</sup>. Luego de terminado el proceso en toda la altura del muro, se procederá a colocar la malla ACE Grid (GEOMALLA 2XT (Res.Ult 29 kn/m)), para posteriormente realizar la hidrosiembra en toda el área expuesta. Se sembrará flores especiales para jardines verticales ya que estas florecen todo el año.



*Figura 28.* Colocación de bolsas de tierra y malla ACE Grid.

Fuente: Revista ACE Geosynthetics.

## **5.2. Aspectos ingenieriles económicos**

### **5.2.1. Presupuesto y comparación económica de los muros de contención en análisis.**

Se desarrolló los metrados respectivos de cada partida que contempla cada tipo de muro (mecánicamente estabilizado con geosintéticos, concreto armado y concreto ciclópeo). Luego de ello se procedió al análisis de costo unitario, para de esta manera poder determinar los presupuestos de cada tipo de estructura de contención; el mismo que contempla los gastos por costos directos e indirectos (gastos generales 10%, utilidad 8%). Cabe mencionar que se le afectó el IGV= 18%. En la Tabla 8 se detalla lo mencionado.

Tabla 8.  
*Comparación económica*

Tipos de muro de contención	Muro de tierra mecánicamente estabilizado con geosintéticos 550X – T2100				Muro de concreto armado			Muro de concreto ciclópeo			
	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/	Metrado	Precio S/	Parcial S/	Metrado	Precio S/	Parcial S/
<b>Obras provisionales</b>					<b>5,496.67</b>			<b>5,496.67</b>			<b>5,496.67</b>
Cartel de obra	glb	1.00	789.63		789.63	1.00	789.63	789.63	1.00	789.63	789.63
Servicios higiénicos provisionales	glb	1.00	990.00		990.00	1.00	990.00	990.00	1.00	990.00	990.00
Cerco provisional	m	51.95	12.07		627.04	51.95	12.07	627.04	51.95	12.07	627.04
Instalaciones eléctricas provisionales	pto	3.00	30.00		90.00	3.00	30.00	90.00	3.00	30.00	90.00
Instalaciones sanitarias provisionales	pto	2.00	25.00		50.00	2.00	25.00	50.00	2.00	25.00	50.00
Seguridad de obra	glb	1.00	2,950.00		2,950.00	1.00	2,950.00	2,950.00	1.00	2,950.00	2,950.00
<b>Obras preliminares</b>					<b>577.12</b>			<b>568.75</b>			<b>736.03</b>
Trazo y replanteo durante toda la obra	m2	179.23	3.22		577.12	176.63	3.22	568.75	228.58	3.22	736.03
<b>Movimiento de tierras</b>					<b>78,900.66</b>			<b>46,784.82</b>			<b>55,068.01</b>
Excavación de terreno semirocoso para muros de contención con maquinaria	m3	871.20	5.53		4,817.74	760.55	5.53	4,205.84	954.84	5.53	5,280.27
Relleno y compactado de capas del muro de contención con material seleccionado (capas de 0.35 - 0.37m c/u)	m3	714.31	79.67		56,909.08	464.95	79.67	37,042.57	537.68	79.67	42,836.97
Eliminación de material excedente+ 30% esponjamiento.	m3	1,132.56	6.33		7,169.10	874.63	6.33	5,536.41	1,098.07	6.33	6,950.78
Relleno con material filtrante (piedra chancada de 2")	m3	145.46	68.78		10,004.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Muros de contención - MSE</b>					<b>44,428.51</b>						
Encofrado y desencofrado en muro	m2	440.02	42.27		18,599.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tendido y fijado de geosintético 550X - T2100	m2	811.30	8.63		7,001.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Colocado de bolsas de tierra agrícola en cara frontal de muro (bolsas de 0.02 m3)	und	1,450.00	3.87		5,611.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Colocado de geosintético NT 4000 en cara posterior del muro	m2	267.54	9.28		2,482.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Suministro y colocado de manto verde para vegetación en cara frontal del muro	m2	415.60	15.10		6,275.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Suministro y colocado de tubería PVC SAL diámetro 4" perforado en el tercio	m	53.00	26.17		1,387.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Suministro y colocado de tubería PVC SAL diámetro 2" perforado para lloraderos	m	138.00	22.25		3,070.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Concreto simple</b>								<b>4,140.57</b>			<b>124692.05</b>
Solado de concreto C:H 1:8 de 4"	m2	0.00	0.00		0.00	129.88	31.88	4,140.57	181.83	31.88	5796.74
<b>Muros de contención concreto ciclópeo</b>											
Concreto ciclópeo f'c=140kg/cm2 +70% P.G	m3	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	333.00	298.03	99243.99
Encofrado y desencofrado en muro	m2	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	464.90	42.27	19651.32

*Continúa...*

(Continuación)

Tipos de muro de contención	Muro de tierra mecánicamente estabilizado con geosintéticos 550X – T2100				Muro de concreto armado			Muro de concreto ciclópeo			
	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/	Metrado	Precio S/	Parcial S/	Metrado	Precio S/	Parcial S/
<b>Concreto armado</b>							<b>140,665.64</b>				
<b>Muros de contención concreto armado</b>											
Concreto “f’c=210 kg/cm2” en muros	m3	0.00	0.00	0.00	161.05	495.46	79,793.83	0.00	0.00	0.00	
“Encofrado y desencofrado”, en muro	m2	0.00	0.00	0.00	481.40	42.27	20,348.78	0.00	0.00	0.00	
Acero “fy=4,200 kg/cm2. Grado 60”	kg	0.00	0.00	0.00	6,962.72	5.82	40,523.03	0.00	0.00	0.00	
<b>Pruebas y ensayos de control y calidad</b>				<b>1,250.00</b>			<b>1,250.00</b>			<b>600.00</b>	
Densidad de campo	und	25.00	50.00	1,250.00	25.00	50.00	1,250.00	12.00	50.00	600.00	
<b>Varios</b>				<b>7,903.99</b>			<b>1217.79</b>			<b>1253.11</b>	
Limpieza final de obra	m2	179.23	0.68	121.88	176.63	0.68	120.11	228.58	0.68	155.4344	
Áreas verdes - hidrosiembra	m2	299.75	22.30	6,684.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mitigación e impacto ambiental	glb	1.00	1,097.68	1,097.68	1.00	1097.68	1097.68	1.00	1097.68	1097.68	
<b>C.D</b>				<b>138,556.95</b>			<b>200,124.24</b>			<b>187,845.88</b>	
G.G 10%				13,855.70			20,012.42			18784.59	
UTI 8%				11,084.56			16,009.94			15027.67	
SUB TOTAL				163,497.21			236,146.60			221,658.13	
IGV (18%)				29,429.50			42,506.39			39898.46	
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>192,926.71</b>			<b>278,652.99</b>			<b>261,556.60</b>	

Fuente: Trabajo de gabinete.

## **Capítulo VI**

### **Análisis costo/beneficio**

#### **6.1. Beneficios no financieros**

##### **6.1.1. Beneficios de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100:**

La implementación de este tipo de muro, vendría hacer un beneficio cualitativo; ya que es un nuevo sistema alternativo de muros de contención que se propone en el Jr. Milagro Sur de la ciudad de Tarma.

#### **6.2. Evaluación del impacto ambiental**

##### **6.2.1. Descripción de etapas del proyecto:**

Para el análisis ambiental se tendrá en cuenta diferentes etapas del proyecto; las que se evidencian en la Tabla 9.

Tabla 9.

*Descripción de etapas y actividades del proyecto.*

Etapas	Actividades del proyecto
Etapa de instalación	Obras provisionales Trabajos preliminares
Etapa de construcción	Estructura Movimiento de tierra Concreto simple Muro de contención Sistema de drenaje Varios Programa de medida preventiva Programa de capacitación Plan de manejo ambiental De contingencia De monitoreo ambiental
Etapa de abandono	Abandono de depósito de tierra excedente Abandono de almacén y área de maquinarias

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.2. Factores ambientales:

Se consideraron los principales, los que tienen relación con la investigación que se presenta.

Tabla 10.

*Factores ambientales.*

Subsistema ambiental	Factores ambientales
	Aire
Medio físico	Agua Suelo Procesos geodinámicas
Medio biológico	Flora Fauna
Medio socioeconómico	Características sociales Salud y seguridad Empleo

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.3. Descripción de impactos ambientales:

Se presenta la matriz, en el que se evaluó la correlación de los factores ambientales y las actividades planteadas.

Tabla 11.

*Matriz de identificación de impactos ambientales.*

Etapas del proyecto		Etapa de instalación		Etapa de construcción		Etapa de abandono
Factores ambientales		Obras provisionales	Trabajos preliminares	Estructura	Plan de manejo ambiental	Plan de abandono
Medio físico	Calidad del aire	■	■	■	■	■
	Agua Superficial	■	■	■	■	■
	Calidad de suelo	■	■	■	■	■
	Procesos Geodinámicas			■		■
Medio biológico	Flora	■	■	■	■	■
	Fauna					
Medio socioeconómico	Aspecto Sociales					■
	Salud y seguridad	■	■	■		■
	Empleo	■	■	■	■	■

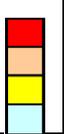
Fuente: Trabajo de gabinete.

### 6.2.4. Evaluación de impactos ambientales identificados:

Se determinó la importancia ambiental para cada etapa, Tabla 12.

Tabla 12.

Matriz de evaluación de impactos ambientales identificados.

N°	Impactos Ambientales y Sociales	Proyecto									
		Naturaleza (NAT)	Extensión (EX)	Grado de perturbación (GP)	Reversibilidad (RV)	Importancia ambiental ( I )	Naturaleza (NAT)	Extensión (EX)	Grado de perturbación (GP)	Reversibilidad (RV)	Importancia ambiental ( I )
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p><b>Importancia Ambiental ( I):</b></p> <p><math>I \geq 48</math>    <b>Muy alta</b></p> <p><math>16 \leq I &lt; 32</math>    <b>Alta</b></p> <p><math>8 \leq I &lt; 16</math>    <b>Moderada</b></p> <p><math>I &lt; 8</math>    <b>Baja</b></p> </div>  </div>											
<b>1.0</b>	<b>Etapas de instalación</b>										
<b>1.1</b>	<b>Obras provisionales y trabajos preliminares</b>										
1.1.1.	<b>Físico</b>	Cambio en la concentración de gases y de partículas en el aire	(-)	1	1	1	6				
1.1.2.		Aumento en los niveles sonoros	(-)	1	1	1	6				
1.1.3.		Posible contaminación del suelo	(-)	1	1	1	6				
1.1.4.		Posible contaminación de agua superficial	(-)	1	1	1	6				
1.1.5.		Compactación de suelo	(-)	1	1	1	6				
1.1.6.		Incremento de proceso de erosión hídrica.	(-)	1	1	1	6				
1.1.7.		Generación de zona inestable	(-)	1	1	1	6				
1.1.8.		Posible afectación de las aguas subterráneas	(-)	1	1	1	6				
1.1.9.		Lenta regeneración de vegetación	(-)	1	1	1	6				
1.1.10.		<b>Biológico</b>	Alteración del paisaje	(-)	1	1	1	6			
1.1.11.	Afectación de la vegetación		(-)	1	1	1	6				
1.1.12.	<b>Social, cultural y de seguridad</b>	Posibilidad de divergencias por uso de terrenos privados	(-)	1	1	1	6				
1.1.13.		Expectativas de mejoras en infraestructura	(+)	1	1	1	6				
1.1.14.		Posible generación de expectativas de empleo	(+)	2	2	2	12				
<b>2.0</b>	<b>Etapas de construcción</b>										
<b>2.1</b>	<b>Estructura</b>										
2.2.1.	<b>Físico</b>	Cambio en la concentración de gases y de partículas en el aire	(-)	1	1	1	6				
2.2.2.		Aumento en los niveles sonoros	(-)	1	1	1	6				
2.2.3.		Posible contaminación del suelo	(-)	1	1	1	6				
2.2.4.		Posible contaminación de agua superficial	(-)	1	1	1	6				
2.2.5.		Compactación de suelo	(-)	1	1	1	6				
2.2.6.		Generación de zona inestable	(-)	1	1	1	6				
2.2.7.		<b>Biológico</b>	Alteración del paisaje	(-)	1	1	1	6			
2.2.8.	Afectación de la vegetación		(-)	1	1	1	6				
2.2.9.	<b>Social, cultural y de seguridad</b>	Posible generación de expectativas de empleo	(+)	8	4	2	30				
2.2.10.		Expectativas de mejoras en infraestructura	(+)	2	4	4	20				
<b>3.0</b>	<b>Etapas de abandono</b>										
3.1.1.	<b>Físico</b>	Cambio en la concentración de gases y de partículas en el aire	(-)	1	1	1	6				
3.1.2.		Aumento en los niveles sonoros	(-)	1	1	1	6				
3.1.3.		Posible contaminación del suelo	(-)	1	1	1	6				
3.1.4.		Compactación de suelo	(-)	1	1	1	6				
3.1.5.	<b>Biológico</b>	Lenta regeneración de vegetación	(-)	1	1	1	6				
3.1.6.	<b>Social y de seguridad</b>	Expectativas de mejoras en infraestructura	(+)	2	4	4	20				
3.1.7.		Posible generación de perspectivas de empleo	(+)	4	2	1	15				

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.5. Resultados de la evaluación de impactos ambientales identificados:

En la etapa de instalación, ejecución y abandono, en el aspecto físico se tuvo un valor de  $I=6$ ; lo que resulta de importancia ambiental baja; debido a que los trabajos durante su ejecución se realizarán en la parte baja del Jr. Milagro Sur; por lo que las partículas en la atmósfera y niveles sonoros, serán puntuales y de corto plazo. En cuanto al aspecto biológico se afectará el paisaje en el área de intervención temporalmente ya que el muro de contención propuesto tiene fachada verde, el que aportará en este aspecto. En cuando al aspecto social, cultural y de seguridad; la generación de empleo dio un valor de  $I=30$ ; el que resulta de importancia alta.

### 6.2.6. Medidas de prevención y mitigación

Se proponen mencionadas medidas en la Tabla 13.

Tabla 13.

#### *Medidas de prevención y mitigación.*

Fase del proyecto	Medidas de prevención y/o mitigación
Acciones preliminares del proyecto	Considerar la topografía y las características del suelo del área a construir.
	No excavar más de lo indicado en los planos
	Para esa fase se recomienda lo siguiente: Programa de capacitación. - Del valor del medio ambiente y su correlación con los seres vivos. Debiendo realizar charlas para la comunidad beneficiaria. Medios de concientización. - Distribución de boletines educativos.
Construcción o implementación	Protección de áreas sensibles. - Construcción de un micro relleno sanitario.
	Reposición forestal. - La fachada del muro se diseñó con la técnica de hidrosiembra, por lo que será verde con flores para jardín vertical, el que es ecológico y contribuirá a la identificación de Tarma, la ciudad de las flores.

Fuente: Trabajo de gabinete

### **6.3. Evaluación económica - financiera**

#### **6.3.1. Metodología de evaluación:**

La metodología que se empleó es la de costo efectividad considerando que los beneficios del proyecto son de tipo social y por ende de carácter cualitativo, no siendo posible representarlos en términos monetarios.

##### **6.3.1.1. Beneficios sociales**

Dadas las condiciones de la investigación, se consideró valorizar como beneficio directo, la cobertura que el proyecto alcance en torno a los objetivos planteados.

- 250 personas serán las beneficiadas directamente.
- Viviendas aseguradas de los deslizamientos de taludes.
- Estabilidad de taludes de las áreas de riesgo.
- Mejoramiento de la imagen urbana.
- Recuperación de las zonas abandonadas.
- Aumento del valor de las propiedades beneficiadas.

##### **6.3.1.2. Impacto Social**

El impacto social está centrado en dar protección a las familias asegurando las viviendas de deslizamiento de taludes, asimismo con la estabilización de taludes podrán tener una vía amplia y segura para el tránsito vehicular y peatonal; de esta manera dotar de una infraestructura de protección integral para los pobladores del Jr. Milagro Sur.

Asimismo, se generará 25 empleos directa e indirectamente:

- 01 Consultor de obra.
- 01 Contratista de obra.
- 01 Supervisor de obra

- 01 Residente de obra
- 03 Operarios especializados
- 01 Topógrafo
- 04 Oficiales
- 08 Peones

### **6.3.2. Evaluación de costo social de inversión**

La determinación de los costos sociales está dada por eliminar las distorsiones de los diversos precios dados en el mercado como impuestos, subsidios, entre otros; los mismos que no muestran el valor de los bienes en forma total para la sociedad. Para corregir las distorsiones del mercado se utiliza los factores de corrección, determinados por el Ministerio de Economía y Finanzas, para bienes importados, bienes nacionales, combustible, mano de obra calificada y no calificada.

#### **6.3.2.1 Costos sociales de inversión y mantenimiento:**

Los costos de inversión y mantenimiento también son corregidos por un factor “Factor de inversión = 0.79 y Factor de operación y mantenimiento = 0.75” que los convierte a costos sociales, como se muestra en la Tabla 14.

#### **6.3.2.2 Flujo de costos sociales incrementales:**

Se elaboraron sobre la base de la “comparación de los costos sociales”, como se muestra en la Tabla 14.

### **6.3.3. Evaluación costo efectividad**

Se ha identificado un indicador de efectividad que en el caso del presente es el número de beneficiarios directos, para luego calcular la razón “costo – efectividad”, el que está conformado por “ $CE = \frac{VACS}{Población\ beneficiaria}$ ”. En la Tabla 14 se presenta el cotejo de los resultados de mencionada evaluación, de cada una de las alternativas.

Tabla 14.

*Evaluación costo efectividad.*

Año	Muro de tierra mecánicamente estabilizado con geosintéticos 550X – T2100			Muro de concreto armado			Muro de concreto ciclópeo		
	Inversión	Costo de mantenimiento y operación	Flujo de costos	Inversión	Costo de mantenimiento y operación	Flujo de costos	Inversión	Costo de mantenimiento y operación	Flujo de costos
0	160,794.77		160,794.77	232,243.33		232,243.33	217994.35		217994.35
1		-824,993.26	-824,993.26		-824993.26	-824993.26		-824993.26	-824993.26
2		12,408.23	12,408.23		12408.23	12408.23		12408.23	12408.23
3		1,535,181.98	1,535,181.98		1535181.98	1535181.98		1535181.98	1535181.98
4		-824,993.26	-824,993.26		-824993.26	-824993.26		-824993.26	-824993.26
5		12,408.23	12,408.23		12408.23	12408.23		12408.23	12408.23
6		1,535,181.98	1,535,181.98		1535181.98	1535181.98		1535181.98	1535181.98
7		-824,993.26	-824,993.26		-824993.26	-824993.26		-824993.26	-824993.26
8		12,408.23	12,408.23		12408.23	12408.23		12408.23	12408.23
9		1,535,181.98	1,535,181.98		1535181.98	1535181.98		1535181.98	1535181.98
10	-16,079	-824,993.26	-841,072.73	-29280.29	-824993.26	-848,217.59	-21799.43	-824993.26	-846792.69
		<b>VACT</b>	845,293.39		<b>VACT</b>	913,723.89		<b>VACT</b>	900,076.80
		<b>C/E</b>	<b>3,364.47</b>		<b>C/E</b>	<b>3,636.84</b>		<b>C/E</b>	<b>3,582.53</b>
		C/E (US\$)	1,001.33		C/E (US\$)	1,082.39		C/E (US\$)	1,066.23
<b>Tasa de descuento:</b>	9.00%								

Fuente: Elaboración propia

De la evaluación del costo social de las alternativas planteadas, se determinó que la alternativa N°1 es la que presenta mejores indicadores de rentabilidad social, contando con un valor de Costo/Efectividad de S/ 3,364.47 soles por beneficiario, respecto a la alternativa 2 de S/ 3,636.84 y la alternativa 3 de S/ 3,582.53 soles.

## **Capítulo VII**

### **Determinación de la viabilidad del proyecto**

#### **7.1. Declaración de la viabilidad económica**

Se determinó que el muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 presenta bajos costos de inversión en relación a los muros de concreto armado y ciclópeo, teniendo como presupuesto la suma de S/ 192,926.71 en comparación a S/ 278,652.99 del muro de concreto armado y de S/ 261,556.60 del de concreto ciclópeo.

#### **7.2. Declaración de la viabilidad técnica**

Al reforzar el suelo con geosintéticos entre capas, se alcanzó mayor aguante a la “tensión y al corte”, dado por la fricción en el intervalo “suelo-refuerzo”, aumentando la capacidad de soporte de carga del terreno y cumpliendo con los factores de seguridad: contra vuelco con 4.34 de 3.00; contra deslizamiento con 2.22 de 1.50 y de capacidad de carga con 4.41 de 3.00.

### **7.3. Declaración de la viabilidad social**

La alternativa 1 presentó mejores indicadores de rentabilidad social, contando con un valor de Costo/Efectividad de S/ 3,364.47 soles por beneficiario, respecto a la alternativa 2 (muro de concreto armado) de S/ 3,636.84 y la alternativa 3 (muro de concreto ciclópeo) de S/ 3,582.53 soles.

### **7.4. Declaración de la viabilidad ambiental**

El muro de tierra mecánicamente estabilizada cuenta con un diseño de ingeniería ecológica, ya que en la fachada del muro se aplicó la técnica de hidrosiembra (fachada verde con flores para jardín vertical); de esta manera contribuir a la identificación de Tarma, la ciudad de las flores.

## **Capítulo VIII**

### **Resultados, conclusiones y recomendaciones**

#### **8.1. Resultados**

##### **8.1.1. Resultados técnicos:**

Se realizó el diseño del muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 del que los resultados están descritos en la tabla 15 y figura 17 de este informe.

Tabla 15.

*Resultados de los cálculos de diseño*

Descripción	Simbología	Resultado
Coefficiente de presión activa de Rankine	$K_a =$	0.25
Resistencia permisible a la tensión	$T_{per} =$	9.00 KN/m
Separación vertical	$S_v =$	0.35 m
Ancho de muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintético.	$L =$	3.00 m
Longitud de traslape	$L_l =$	1.00 m

Fuente: Cálculos de diseño, Anexo 1.

Asimismo, se realizó la verificación de la estabilidad interna, estática y dinámica del muro, cuyos resultados se encuentran descritos en tabla 16, figura 29 y 30 del presente informe.

Tabla 16.

*Resultados de las verificaciones de la estabilidad interna*

Descripción	Simbología	Resultado	Factor permisible	Pasa
Factor de seguridad contra vuelco.	FS vuelco =	4.34	> 3.00	Si
Factor de seguridad contra deslizamiento.	FS deslizamiento =	2.22	> 1.50	Si
Factor de seguridad contra falla de la capacidad de carga.	FS capacidad carga =	4.41	> 3.00	Si

Fuente: Cálculos de verificación de la estabilidad interna, Anexo 2.

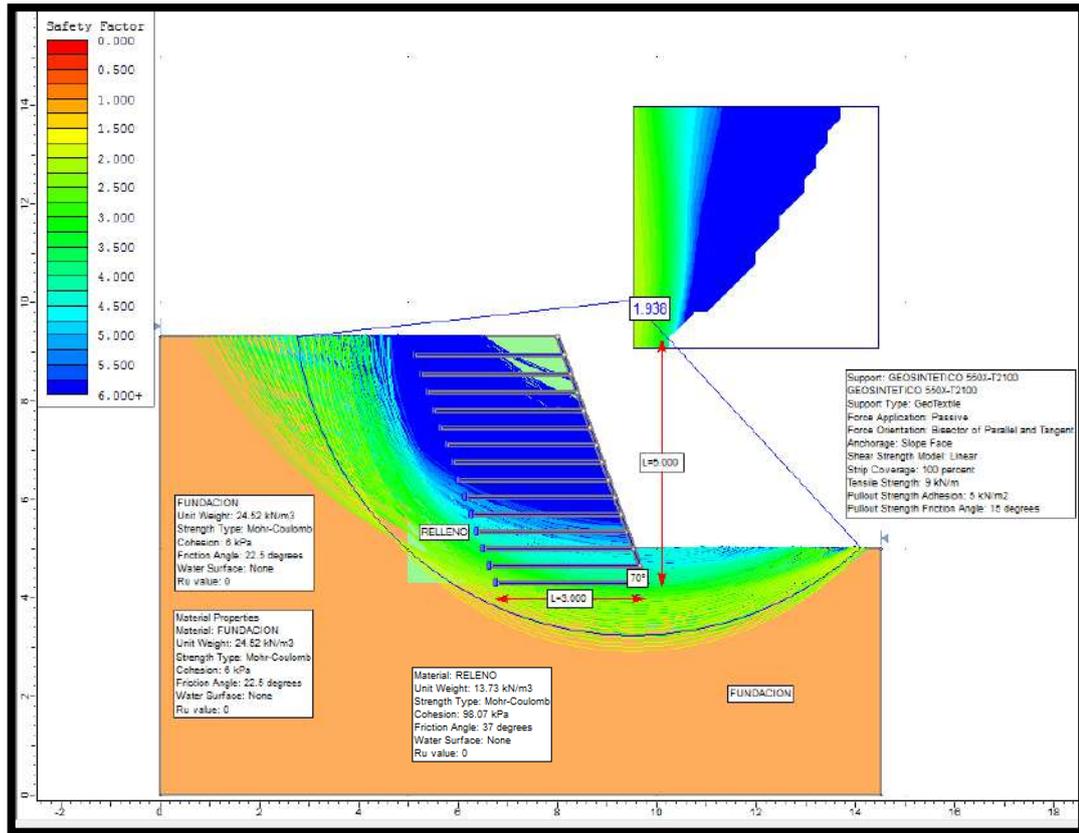


Figura 29. Verificación de la estabilidad global en su condición estática en el MSE del Jr. Milagro Sur, Tarma.

Fuente: Trabajo de gabinete de acuerdo a los cálculos del Anexo 1.

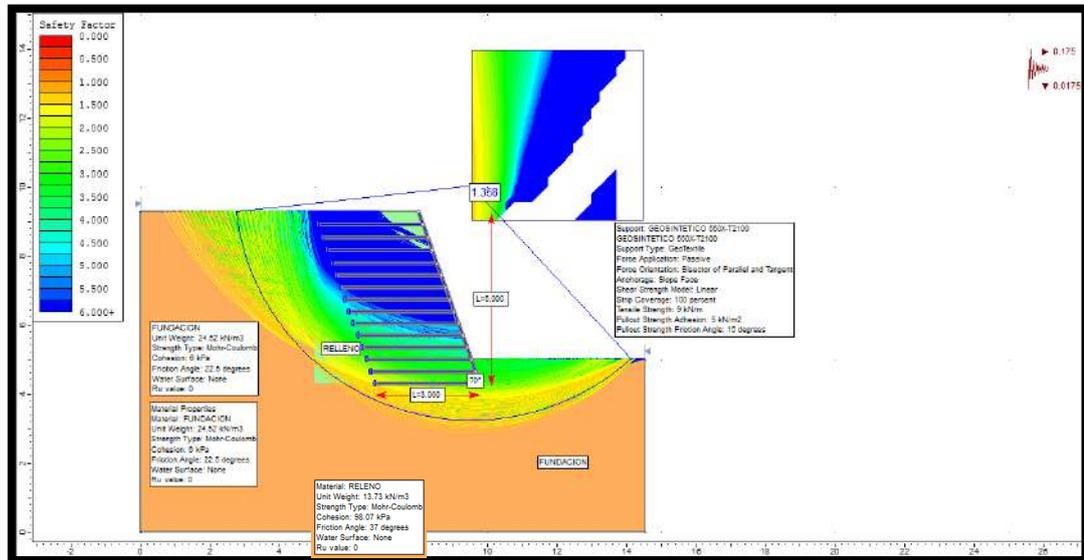


Figura 30. Verificación de la estabilidad global en su condición dinámica en el MSE del Jr. Milagro Sur, Tarma.

Fuente: Trabajo de gabinete de acuerdo a los cálculos del Anexo 1.

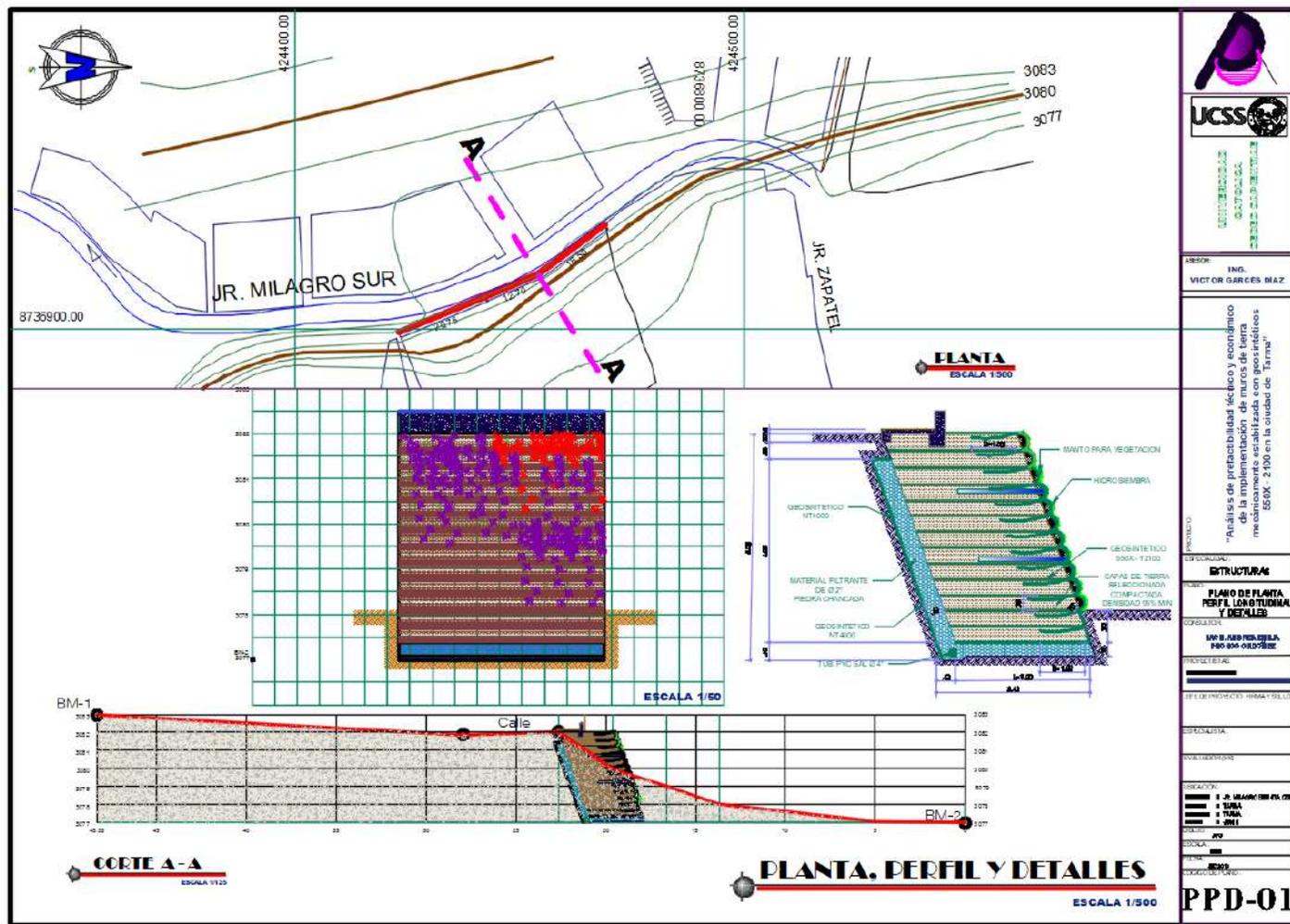
Se obtuvo en su condición estática un factor de seguridad de  $1.938 > 1.3$  (valor mínimo especificado por AASHTO) cumpliendo satisfactoriamente Figura 29. En su condición dinámica se alcanzó un factor de seguridad para análisis sísmico de  $1.358 > 1.1$  (valor mínimo especificado por AASHTO) por lo que el resultado fue favorable Figura 30. Con la verificación de la estabilidad global se afirma que el geosintético 550X-T2100 aportó a la estabilidad completa del relleno, disminuyendo cargas y de esta manera garantizando el incremento de la capacidad portante del terreno de fundación que soporta la estructura, así también disminuyendo los posibles asentamientos diferenciales.

Cabe mencionar que se realizó el diseño del drenaje tipo subdrén chimenea con espaldón filtrante de 0.40 m en toda la altura del muro; ello para “mitigar la generación de la presión hidrostática”, dicho drenaje está constituido por piedra chancada de 2”, así también en la cara posterior se colocará geotextil NT4000 el que lo impermeabilizará; en la parte inferior se colocará una tubería PVC SAL Ø 4” y se colocarán lloraderos a una distancia vertical y horizontal de 1.50 m con tubería PVC SAL Ø 2”; los resultados se mencionan en la figura 18,19, 20, 27 y tabla 7.

A continuación, se presenta el plano de planta, perfil y detalles que demandan los diseños realizados.

## Plano 4.

Plano de planta, perfil y detalles.



Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.2. Resultados económicos:

Se desarrolló el presupuesto de la alternativa 1, de la alternativa 2 y de la alternativa 3.

Tabla 17.

*Resumen de presupuesto de las alternativas.*

Descripción	Alternativa 01	Alternativa 02	Alternativa 03
Muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100	<b>192,926.71</b>		
Muro de concreto armado		278,652.99	
Muro de concreto ciclópeo			261,556.60

Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.3. Discusión de resultados:

Los cálculos y diseños dieron como solución más óptima la construcción de muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100, ya que se tiene un ahorro del 45% en comparación con el muro de concreto armado y de 36% con respecto al de concreto ciclópeo.

Este tipo de muro al reforzarse en capas por geosintéticos, aumenta la capacidad de soporte de carga por tener mayor resistencia a la tensión y corte del suelo; garantizando su estabilidad.

Cabe mencionar que el presente muro, permite la construcción de una fachada verde, el que aparte de ser estético y de armonía con la naturaleza, contribuirá con la identidad de Tarma, la ciudad de las flores.

Tabla 18.

*Comparación de la investigación*

<b>Objetivos</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>Bases teóricas</b>	<b>Normas</b>	<b>Resultados</b>	<b>Comentarios</b>
<p><b>O. General:</b></p> <p>Evaluar la prefactibilidad técnica y económica de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en el Jr. Milagro Sur – Tarma.</p>	<p>(Espinoza, 2014) en su tesis, cuyo objetivo fue cotejar 2 técnicas de contención: MSE y concreto armado; dio a conocer que la opción que presenta menores costos, reduce partidas de movimiento de tierras y que su geometría favorece la comodidad para los trabajos de colocado de armaduras, es el MSE (muro mecánicamente estabilizado con mallas metálicas).</p>	<p><b>Muro de tierra estabilizada o suelo reforzado:</b> Estructura de contención que llevan como relleno estratos, los que son instalados por capas, en la que cada una lleva una armadura.</p>	<p><b>AASHTO – HB 17, capítulo 5, sección 5.8;</b> menciona que: los muros mecánicamente estabilizados son aquellos que como refuerzo llevan geosintéticos u otro material.</p>	<p>El muro mecánicamente estabilizado con geosintéticos 550X-T2100 cumple con la verificación de estabilidad global y es más económico con referencia a los muros de concreto armado y ciclópeo.</p>	<p>Al cumplir con la verificación de estabilidad global, se afirma que el geosintético 550X-T2100, está aportando a la estabilidad total del relleno, incrementó la capacidad portante del terreno de fundación.</p>
<p><b>O. Especifico 1:</b></p> <p>Determinar un sistema constructivo de muros de contención económico y que no limite en altura.</p>	<p>(Vásquez, 2014) en su tesis, dio a conocer como objetivo, valor los sistemas constructivos de muros de retención de tierras: de tierra con refuerzo y hormigón armado; en el que concluyó que el muro de hormigón armado es más costoso que el de tierra con refuerzo.</p>	<p><b>Geosintético:</b> El geosintético es un material polímero no biodegradable, siendo un refuerzo del tipo sintético.</p>	<p><b>AASHTO – HB 17, capítulo 5, sección 5.8;</b> indica que: relativamente no hay límite, en la altura de muros mecánicamente estabilizados.</p>	<p>El muro mecánicamente estabilizado con geosintéticos 550X-T2100, presenta bajos costos de inversión, de 45% en comparación con el muro de concreto armado y 36% con el de concreto ciclópeo.</p>	<p>En el antecedente, obtuvo que el muro de suelo reforzado con malla de acero es económico en 40.1%, mientras que en la investigación que tiene como refuerzo al geosintético, se obtuvo un 45% de economía; ambos en comparación al muro de concreto armado.</p>

<p><b>O. Especifico 2:</b> Diseñar el drenaje de aguas para muros de contención.</p>	<p><b>(Orozco, 2007; Izquierdo &amp; Niño, 2012)</b> en sus tesis indicaron que tuvieron como fin realizar un manuscrito que contenga datos técnicos del diseño de diversas técnicas de drenajes y llegaron a la conclusión que en toda estructura de contención prima la proyección de una técnica eficaz de drenaje de aguas (acumuladas por filtración) que consienta avalar la solidez, servicio y garantía de estructuras a preservar.</p>	<p><b>Subdrén Chimenea:</b> Filtro vertical que se ubica en el espaldón del muro, conformado por material granular, protegido con geotextil no tejido; cuyo fin es impedir que se produzcan presiones hidrostáticas.</p>	<p><b>AASHTO – HB 17, capítulo 5, sección 5.8;</b> los muros mecánicamente estabilizados deberán construirse con colchones de drenaje en la parte de atrás y por debajo de la zona reforzada.</p>	<p>El diseño del subdrén chimenea dio como resultado: un espaldón filtrante:0.40 m de ancho; material de drenaje: piedra chancada de 2” y geotextil impermeabilizante: NT4000.</p>	<p>Las características del subdrén chimenea diseñado, cumple con todos los parámetros técnicos y normativos.</p>
--	---	--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia.

## **8.2. Conclusiones**

### **8.2.1. Conclusión general:**

La evaluación de la prefactibilidad técnica y económica de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en el Jr. Milagro Sur – Tarma, determinó que presenta mejores características técnicas ya que los geosintéticos colocados entre capas del suelo le dan resistencia a la tensión, aumentando la capacidad de soporte de carga del suelo; de esta manera asegurando su estabilidad. Así también presenta bajos costos de inversión en relación a los muros de concreto armado y ciclópeo, teniendo un ahorro del 45% al 36% en comparación con las otras alternativas.

### **8.2.2. Conclusiones específicas:**

1. Se determinó que el sistema constructivo de muros de contención económico y que no limita en altura es el muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100, ya que este puede sobrepasar mayores alturas en comparación a los de concreto ciclópeo que llegan hasta 5 m; asimismo los de concreto armado pueden sobrepasar los 10 m, pero llegan a ser muy costosos. La evaluación de costo efectividad también lo respaldan porque presenta mejores indicadores, con un valor de S/ 3,364.47 soles por beneficiario, respecto al de concreto armado de S/ 3,636.84 y el de concreto ciclópeo que muestra un importe de S/ 3,582.53 soles.
2. Se estableció que el tipo de diseño eficaz de drenaje para el muro de tierra mecánicamente estabilizados con geosintéticos 550X – T2100, es el tipo subdrén chimenea con espaldón filtrante, el que evacuará las aguas acumuladas por filtración y evitará que se genere presión hidrostática; de esta manera asegurando la estabilidad del muro.

### **8.3. Recomendaciones**

1. Se recomienda la construcción del estudio para su propagación en la ciudad de Tarma y distritos, ya que cumple con todos los indicadores de viabilidad, los que están enfocados a una ingeniería ecológica del que urge el conocimiento y sensibilización en los futuros profesionales para de esta manera minimizar los efectos negativos a la naturaleza.
2. Tener en cuenta a la alternativa 1 como un sistema constructivo alternativo más que se pueden ejecutar para la contención de tierras en la ciudad de Tarma, de esta manera dejar el mito de que solo contamos con dos tipos de muros (muro de concreto armado y ciclópeo).
3. Se recomienda que al diseñar una estructura de contención cuente además de su verificación de estabilidad interna, la de estabilidad global tanto estática y dinámica, de esta manera garantizar un diseño óptimo y eficiente.
4. Existen muchas opciones para el diseño de sistema de drenaje en muros, se recomienda evaluar el que se adapte al proyecto de acuerdo a sus características y naturaleza en estudio, de esta manera no elegir uno empíricamente.

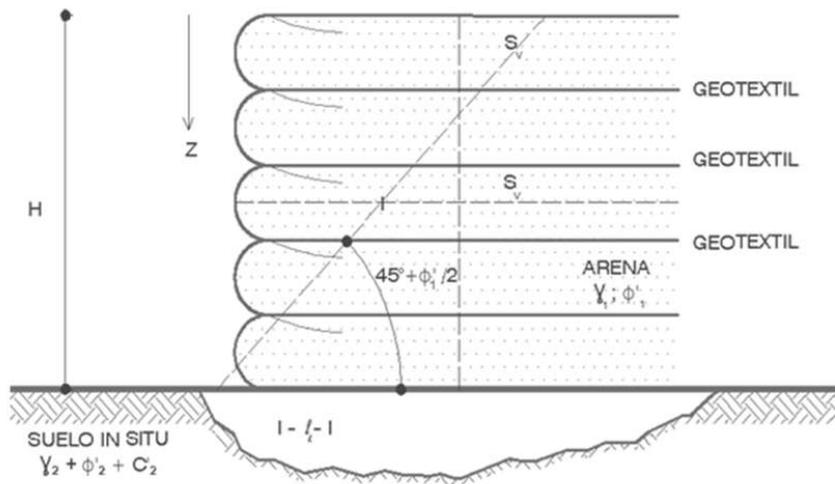
## Fuentes de información

- Álvarez, D. & Saurith, C. (2010). *Estudio Comparativo entre Sistemas de Muros de Contención de Tierra Mecánicamente Estabilizada con Geosintéticos y Muros de Concreto Reforzado*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Barrera, P. (2008). *Métodos constructivos para muros de tierra mecánicamente estabilizada*. Universidad Andrés Bello, Chile.
- Braja, D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México: Cengage Learning.
- Cárdenas, J. & Osorio, A. (2011). *Análisis de la factibilidad técnico económica de un sistema de anclaje para muros en tierra armada*. Universidad del Valle, Santiago de Cali.
- Castillo, Y. & Nieves, J. (2018). *Propuesta de proceso constructivo de tierra armada con geotextiles en muros de contención para estabilización de taludes en playa la encontrada – Cañete 2016*. Universidad Privada del Norte, Perú.
- DGIP-MEF. (2014). *Curso de formulación y evaluación de estudios de preinversión en el marco del sistema nacional de inversión pública*. Perú. Recuperado de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/capacidades/cursos\\_2014/set/atenci\\_medic\\_17\\_09/Capacitacion\\_Modulo\\_2-Formulacion.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacidades/cursos_2014/set/atenci_medic_17_09/Capacitacion_Modulo_2-Formulacion.pdf)
- Espinoza, J. (2014). *Comparación de dos Sistemas de Retención de Tierras en zona de Lomas*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Guerra, M. (2010). *Manual de publicaciones de la American Psychological Association*. México: El Manual Moderno.
- Gutiérrez, L. & Manco, M. (2006). *Características Sísmicas de las Construcciones de Tierra en el Perú. Contribución a la enciclopedia mundial de vivienda*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Herrera, J. (2009). *Implementación de una herramienta para diseño de muros de contención con contrafuertes y de tierra armada para el laboratorio virtual de ingeniería geotécnica*. Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta ed.). McGRAW-HILL.

- Izquierdo, L. & Niño, W. (2012). *Drenaje subterráneo de estructuras de contención*. Universidad Católica de Colombia Facultad de Ingeniería Civil especialización de recursos hídricos Bogotá, Colombia.
- Jara Mori, G. A. (2008). *Estudio de la aplicabilidad de materiales compuestos al diseño de estructuras de contención de tierras y su interacción con el Terreno, para su empleo en obras de Infraestructura viaria*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Jiménez, L. (2006). *Los Geosintéticos como solución a la estabilidad de Taludes*. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí.
- Mihelcic, J. (2016). *Ingeniería ambiental: Fundamentos, sustentabilidad y diseño*. España: Alfaomega.
- Ostos, R. (2004). *Construcción de un muro mecánicamente estabilizado con el proceso de tierra armada*. Instituto Tecnológico de la Construcción, México.
- Rojas, S. (2009). *Diseño de muros de contención sector la aguada comuna de corral*. Universidad Austral de Chile, Chile.
- Rosero, D. (2010). *Estudio comparativo del muro de hormigón armado y del muro reforzado con geosintéticos para la estabilidad del talud en el sitio crítico de la vía Zhud-Cochancay –El triunfo de la Prov. Cañar kilómetro 44+680*. Escuela superior politécnica del litoral, Ecuador.
- Tierra armada Perú S.A.C. (2012). *La técnica original de la tierra estabilizada mecánicamente (TEM)*. Perú. Recuperado de <http://www.tierra-armada.pe/nosotros.html>
- Vásquez, Y. (2014). *Evaluación de los muros de contención con concreto armado y suelo reforzado (Terramesh), en la carretera San Marcos – Cajabamba*. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Vera, L. (2004). *Muros de retención de suelos con sistema de tierra armada*. Universidad Austral de Chile, Chile.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Diseño de muro de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X - T2100



### 1.- DETERMINAR LA DISTRIBUCION DE LA PRESION ACTIVA SOBRE EL MURO

$$\sigma'_a = K_a \sigma'_o = k_{ay} 1z$$

- a) Coeficiente de presión activa de Rankine

$$k_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{Q_1}{2} \right)$$

$$Q_1 = 37$$

$$45 - Q_1/2 = 26.5$$

$$K_a = 0.24858362$$

### 2.- DETERMINACION DE Sv

- a) Resistencia permisible a la tensión

$$T_{per} = \frac{T_{ult}}{(RF_{id} \times RF_{CR} \times RF_{cbd})}$$

$$T_{ult} = 34 \text{ KN/m}$$

$$RF_{id} = 1.2$$

$$RF_{cr} = 2.5$$

$$RF_{cbd} = 1.25$$

$$T_{per} = 9 \text{ KN/m}$$

- b) Considerando un factor de seguridad: FS = 1.5 en Z= 5m

$$S_v = \frac{T_{per}}{(\gamma_1 z K_a) [FS_{(B)}]}$$

$$T_{per} = 9 \text{ KN/m}$$

$$\gamma_1 = 13.73 \text{ KN/m}^3$$

$$Z = 5 \text{ m}$$

$$K_a = 0.2486$$

$$S_v = 0.35$$

≈

$$S_v = 0.35$$

3.- DETERMINACION DEL

$$l_r = \frac{H - Z}{\tan\left(45 + \frac{\phi'_1}{2}\right)} + \frac{S_v \times K_a (F.S)}{2 \tan \phi'_F}$$

$$\tan \phi'_F = \tan\left(\frac{2}{3}\right)(\phi'_1)$$

$$\tan \phi'_F = 0.46$$

Para z = 0.35

Para H = 5.00 m

$$L = 2.5 \text{ m}$$

$$L = 3.0 \text{ m}$$

Para z = 2.50

Para H = 5.00 m

$$L = 1.4 \text{ m}$$

4.- DETERMINACION DEL

$$l_l = \frac{S_v \times \sigma'_a \times F.S}{4 \times \sigma'_o \times \tan \phi'_F}$$

$$\sigma'_a = \gamma'_1 \times z \times k_a \quad \sigma'_o = \gamma'_1 \times z \quad \sigma'_f = \frac{2}{3} \phi'_1$$

$$l_l = \frac{S_v \times \gamma'_1 \times z \times k_a \times F.S}{4 \times \gamma'_1 \times z \times \tan \phi'_F}$$

$$l_l = \frac{S_v \times k_a \times F.S}{4 \times \tan \phi'_F}$$

$$l_l = \frac{S_v \times k_a \times F.S}{4 \times \tan \frac{2}{3}} \quad (37)$$

$$\sigma'_f = 24.67$$

$$l_l = 0.07 \leq 1.00$$

$$\therefore l_l = 1.00 \text{ m}$$

## Anexo 2. Verificación de diseño

**1.- VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD**

1.1 Factor de seguridad contra vuelco

$$FS_{VUELCO} = \frac{W_1 * X_1}{P_a * H/3}$$

X1 = **1.50** m

W1 = **205.95** KN/m

Pa = **42.66** KN/m

$FS_{VUELCO} = 4.34$ 
 $\geq 3.00$ 
OK

**2.- VERIFICACION POR DESLIZAMIENTO** ✔ 4.34

2.1 Factor de seguridad contra deslizamiento

$$FS_{DESLIZAMIENTO} = \frac{W_1 * \tan \phi'_{F1}}{P_a}$$

$\sigma'_f = 24.67$

Pa = **42.66** KN/m

$FS_{DESLIZAMIENTO} = 2.22$ 
 $\geq 1.50$ 
OK

**3.- VERIFICACION CONTRA FALLA DE LA CAPACIDAD DE CARGA** ✔ 2.22

2.1 Factor de seguridad contra falla de la capacidad de carga

$$q_u = C'_2 * N_c + \frac{1}{2} \gamma_2 * L_2 * N_\gamma$$

C'2 = **6.00** KN/m2

Nc = **17.45**

Nq = **8.23**

N $\gamma$  = **5.39**

$\gamma_2 = 24.52$  KN/m3

$q_u = 302.94$ 
KN/m2

$FS_{cap} = \frac{q_u}{\sigma'_{o(H)}}$

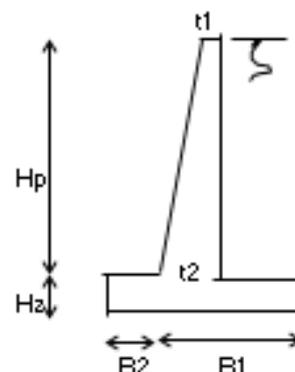
$FS_{cap} = \frac{q_u}{\gamma_1 * H_{cap}}$

$FS_{capacidad\ de\ carga} = 4.41$ 
 $\geq 3.00$ 
OK
✔ 4.41

## Anexo 3. Diseño de muro de concreto armado

### DATOS :

FSD=		1.50	
FSV=		1.75	
ANGULO FRIC. INTERNO =		37.00	grados
COEF. EMP. ACTIVO $K_a$ =		0.249	
COEF. FRICCION DESL. $f$ =		0.60	
PESO RELLENO $\gamma$ =		1.90	ton/m <sup>3</sup>
PESO MURO CONCRETO		2.40	ton/m <sup>3</sup>
SOBRECARGA $wstc$ =		0.00	ton/m <sup>2</sup>
ALTURA EQUIV. SIC $H_o$ =		0.00	m.
ALTURA PANTALLA $H_p$ =		4.60	m.
CAPACID. PORTANTE $G_t$		1.98	kg/cm <sup>2</sup>
CONCRETO	$f_c$ =	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
ACERO	$f_y$ =	4,200.00	kg/cm <sup>2</sup>



### 1.00 DIMENSIONAMIENTO DE LA PANTALLA

$$t_1 = 0.25 \text{ m.}$$

$$M = K_a \gamma \frac{H_p^3}{6} + K_a \gamma H_o \frac{H_p^2}{2}$$

$$M = 7.66 \text{ ton-m ( en la base)}$$

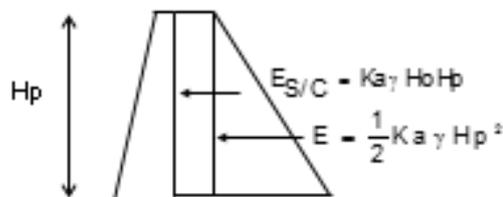
$$M_u = 1.7 * M = 13.03 \text{ ton-m}$$

$$\text{cuantía} = 0.0040 \text{ (cuantía asumida)}$$

$$d = 0.30 \text{ m.}$$

$$t_2 = 0.35 \text{ m. usar: } t_2 = 0.5 \text{ m.}$$

$$d = 0.452 \text{ m. (recubrimiento 4 cm. y acero 5/8")}$$



### 2.00 VERIFICACION POR CORTE

$$V_d = 4.06 \text{ ton. (Cortante a una altura: } H_p - d)$$

$$V_{du} = 1.7 * V_d = 6.91 \text{ ton. (Cortante ultimo)}$$

$$t_d = 0.43 \text{ m. peralte a una distancia "d"}$$

$$V_c = \phi 0.5 \sqrt{f_c} b t_d$$

$$V_c = 27.91 \text{ ton. (Cortante admisible)}$$

$$V_{ce} = 2/3 * V_c = 18.60 \text{ ton. (Cortante admisible efectivo, por traslape en la base)}$$

$$V_{ce} > V_{du} \quad \text{BIEN}$$

### 3.00 DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

$$H_z = t_2 + 0.05 = 0.55 \text{ m. Usar: } 0.55 \text{ m.}$$

$$H = H_z + H_p = 5.15 \text{ m.}$$

$$H_e = H_z + H_p + H_o = 5.15 \text{ m.}$$

$$\text{PESO PROMEDIO } \gamma_m = 2.00 \text{ ton/m}^3 \text{ (del concreto y suelo)}$$

### DIMENSIONAMIENTO POR ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

$$B_1 \geq FSD \frac{K_a \gamma H_e}{2 f \gamma_m} = 1.52 \text{ m. USAR: } 2.00 \text{ m.}$$

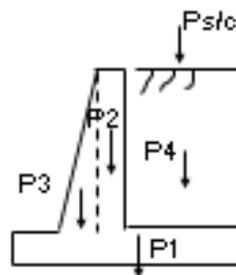
## DIMENSIONAMIENTO POR ESTABILIDAD AL VOLTEO

$$B \geq \left[ \frac{f}{3} \frac{FSV}{FSD} - \frac{B_1}{2 He} \right] He = 0.20 \text{ m. USAR: } 0.50 \text{ m. (Hz mínimo)}$$

### 4.00 VERIFICACION DE ESTABILIDAD

#### FUERZAS RESISTENTES

Pi	PESO ton.	BRAZO m.	MOMENTO ton-m.
P1	3.30	1.25	4.13
P2	2.76	0.88	2.42
P3	1.38	0.67	0.92
P4	13.11	1.75	22.94
P <sub>slc</sub>	-	1.75	-
TOTAL	20.55		30.40



#### FUERZAS ACTUANTES

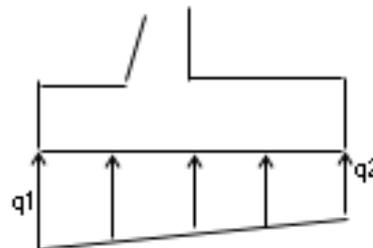
Ha=	6.26	ton.	
Ma=	10.75	ton-m.	
FSD=	1.97	>	1.50 <b>BIEN</b>
FSV=	2.83	>	1.75 <b>BIEN</b>

### 5.00 PRESIONES SOBRE EL TERRENO

Xo=	0.96	m.
e=	0.29	m.
B/6=	0.42	m.
B/6 > e	¡BIEN! RESULTANTE DENTRO DEL TERCIO CENTRAL	

q1=	1.40	kg/cm <sup>2</sup>
q2=	0.242	kg/cm <sup>2</sup>

q1 < Gt	BIEN
q2 < Gt	BIEN



### 6.00 DISEÑO DE LA PANTALLA (Método de la Rotura)

#### 6.01 REFUERZO VERTICAL

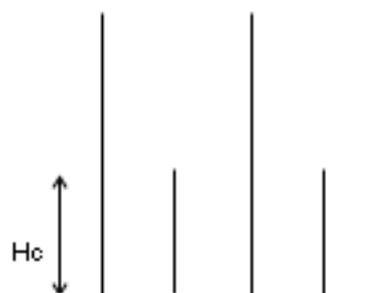
##### ARMADURA PRINCIPAL EN LA BASE (cara interior)

Mu=	13.03	ton-m.
t2=	50.00	cm.
d=	45.22	cm.
b=	100.00	cm.
F'c=	210.00	kg/cm <sup>2</sup>
Fy=	4,200.00	kg/cm <sup>2</sup>

$$w = 0.034$$

$$As = 7.78 \text{ cm}^2/\text{m. USAR ACERO } 1/2'' \text{ a } 16 \text{ cm.}$$

$A_{smin} = 0.0018 \cdot b \cdot d$		
$A_{smin} =$	8.14 cm <sup>2</sup> /m.	en la base
$A_{smin} =$	3.64 cm <sup>2</sup> /m.	en la corona
Altura de corte para $M_u/2$ :		
$H_{corte} =$	1.40 m. usar	1.40 m.



### ARMADURA SECUNDARIA (cara exterior)

Armadura de montaje (3/8" o 1/2")

$$S = 36\phi \leq 45 \text{ cm}$$

USAR ACERO 3/8" cada 34 cm.

### 6.02 REFUERZO HORIZONTAL

$A_{st} = 0.0020bt$  (contracción y temperatura)

$A_{st}$ arriba:	5.00 cm <sup>2</sup> /m.		
$2/3 A_{st} =$	3.33 3/8" cada	21	cm cara en contacto con intemperie
$1/3 A_{st} =$	1.67 3/8" cada	43	cm cara en contacto con suelo
$A_{st}$ intermed	7.50 cm <sup>2</sup> /m		
$2/3 A_{st} =$	5.00 3/8" cada	14	cm cara en contacto con intemperie
$1/3 A_{st} =$	2.50 3/8" cada	28	cm cara en contacto con suelo
$A_{st}$ abajo:	10.00 cm <sup>2</sup> /m		
$2/3 A_{st} =$	6.67 3/8" cada	11	cm cara en contacto con intemperie
$1/3 A_{st} =$	3.33 3/8" cada	21	cm cara en contacto con suelo

### 7.00 DISEÑO DE LA ZAPATA (Método de la Rotura)

CARGAS POR MT. DE ANCHO

$W_{relleno} =$	8.74 ton/m. (peso del relleno)
$W_{pp} =$	1.32 ton/m. (peso propio)
$W_{s/c} =$	- ton/m. (peso sobrecarga)

### ZAPATA ANTERIOR (izquierda)

$W =$	1.32 ton/m
$W_u =$	22.64 ton/m
$M_u =$	2.83 ton-m
$d =$	46.70 cm. (recubrimiento 7.5 cm. y 1/2 acero 5/8")
$b =$	100 cm.
$F'_c =$	210.00 kg/cm <sup>2</sup>
$F_g =$	4,200.00 kg/cm <sup>2</sup>

$W = 0.007$

$A_s = 1.61 \text{ cm}^2/\text{m}.$

$A_{smin} = 0.0018 \cdot b \cdot d$

$A_{smin} = 8.41 \text{ cm}^2/\text{m}$  Usar: 1/2" cada 15 cm.

### ZAPATA POSTERIOR (derecha)

qb=	9.38 ton/m
q2=	2.42 ton/m
W=	10.06 ton/m
Wu=	14.08 ton/m
M=	5.98 ton-m
Mu=	8.37 ton-m
d=	49.20 cm.
b=	100 cm.
F'c=	210.00 kg/cm <sup>2</sup>
Fy=	4,200.00 kg/cm <sup>2</sup>

W= 0.019

As= **4.55 cm<sup>2</sup>**

Asmin= 8.86 cm<sup>2</sup> Usar: 1/2" cada 14 cm.

#### VERIFICACION POR CORTANTE

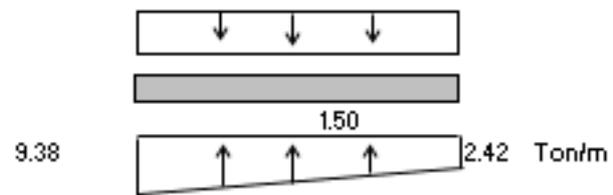
q'd=	7.54 ton/m
Vdu=	8.35 ton
Vc=	32.12 ton

**BIEN**

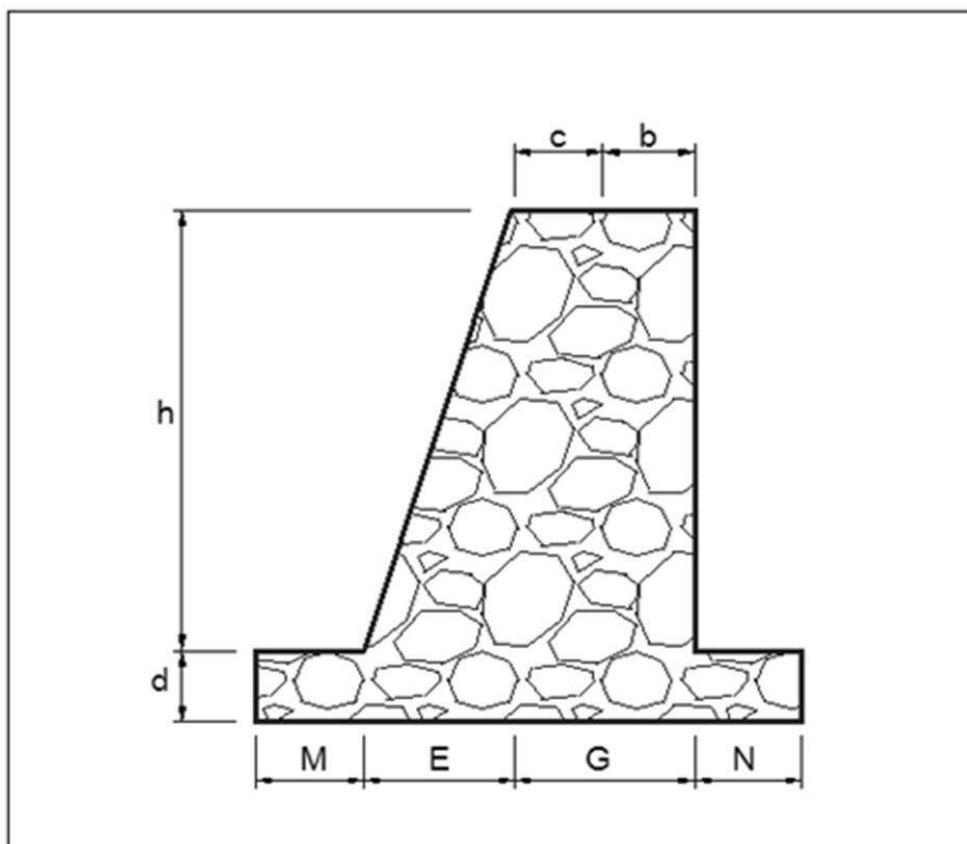
Armadura de montaje (3/8" o 1/2")

S = 36  $\phi$  ≤ 45 cm.

Asmontaje USAR: 3/8" cada 34 cm.



## Anexo 4. Diseño de muro de concreto ciclópeo



### DATOS:

ALTURA DE ZAPATA CIMENTACION (m)	$d =$	0.65	0.63
RESISTENCIA DEL TERRENO	(Kg/c $\delta =$	1.98	
ALTURA DEL MURO (m)	$H =$	5.00	
	$h =$	4.35	
	$r2 =$	0.70	
ANGULO DE FRICCION INTERNA (grados)	$\phi =$	37.00	
ALTURA EQUIV. DE SOBRE CARGA (m)	$h' =$	0.00	
PESO ESPECIF. RELLENO (Tn/m <sup>3</sup> )	$\gamma1 =$	1.40	
PESO ESPECIF. CONCRETO (Tn/m <sup>3</sup> )	$\gamma2 =$	2.20	
	$M =$	1.30	
	$N =$	0.80	
	$E =$	0.90	
	$G =$	0.50	
	$a =$	0.00	
	$b =$	0.20	
	$c =$	0.30	
	$B =$	3.50	

$$C = \text{TAN } 2(45 - \phi/2) = 0.25$$

## ANALISIS DE ESTABILIDAD EN LA SECCION SUPERIOR

### Empuje del terreno:

$$\begin{aligned}
 H &= 5.00 \\
 C &= 0.25 \\
 E &= 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot H^2 \cdot C = & \mathbf{4.350 \text{ Tn}} \\
 E_v &= E \cdot \text{Sen}(\alpha/2) = & 1.380 \text{ Tn} \\
 E_h &= E \cdot \text{Cos}(\alpha/2) = & 4.125 \text{ Tn}
 \end{aligned}$$

Punto de aplicación de empuje  $E_a$ :

$$D_h = H / 3 = 1.67 \text{ m}$$

### Fuerzas verticales actuantes:

	Pi(tn)	Xi(m)	Mi(Tn-m)
P1	1.914	1.3	2.488
P2	2.871	1.05	3.015
P3	4.307	0.60	2.584
P5	0.784	2.85	2.234
P6	12.441	0.40	4.976
$E_v$	1.380	1.67	2.301
Total	23.697		17.598

$$\begin{aligned}
 X_v &= M_t / P_t = 0.74 \text{ m} & \text{Esfuerzo a compresión del concreto } F_c = 0,4(F_c) \\
 Z &= E_h \cdot D_h / P_t = 0.29 \text{ m} & F_c = 560 \text{ Tn/m}^2 \\
 e &= b/2 - (X_v - Z) = 0.25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### VERIFICACIONES:

#### 1.- Verificación de compresión y tracción

$$P = F_v (1 + 6e/b) / (a \cdot b) \quad 34.88 < F_c \quad \text{CONFORME}$$

#### 2.- Chequeo al volteo

$$FSV = M_t / (E_h \cdot D_h) \quad 2.56 > 2 \quad \text{CONFORME}$$

#### 3.- Chequeo al Deslizamiento

$$FSD = P_t \cdot f / E_h \quad 4.02 > 2 \quad \text{CONFORME}$$

## ANALISIS DE ESTABILIDAD EN LA SECCION INFERIOR

$$\begin{aligned}
 B &= 3.5 \\
 H &= 5.00 \\
 h' &= 0.00 \\
 C &= 0.25 \\
 E &= 0,5 \cdot W \cdot h (h + 2h') \cdot C = & \mathbf{4.350} \\
 E_v &= E \cdot \text{Sen}(\alpha/2) = & \mathbf{1.380} \\
 E_h &= E \cdot \text{Cos}(\alpha/2) = & \mathbf{4.125}
 \end{aligned}$$

Punto de aplicación de empuje  $E_a$ :

$$D_h = h \cdot (h + 3h') / (h + 2h') / 3 = 1.67$$

**Fuerzas verticales actuantes:**

	Pi(tn)	Xi(m)	Mi(Tn-m)
P1	1.914	2.6	4.976
P2	2.871	2.35	6.747
P3	4.307	1.90	8.182
P4	5.005	1.75	8.759
P5	0.784	2.85	2.234
P6	12.441	0.40	4.976
Ev	1.380	3.50	4.831
<b>Total</b>	<b>28.702</b>		<b>40.706</b>

$$X_v = M_t / P_i \quad 1.418 \text{ m}$$

$$Z = E_h * D_h / P_i \quad 0.240 \text{ m}$$

$$e = b/2 - (X_v - Z) \quad 0.571 \text{ m}$$

$$> b/6$$

$$b/6 = 0.583$$

$$e < b/6,$$

**CONFORME****VERIFICACIONES:****1.- Verificación de compresión y tracción**

$$P = F_v ( 1 + 6e/b ) / ( a * b )$$

$$16.23 < \delta$$

**CONFORME****2.- Chequeo al volteo**

$$FSV = M_i / ( E_h * D_h )$$

$$5.92 > 2$$

**CONFORME****3.- Chequeo al Deslizamiento**

$$FSD = P_i * f / E_h$$

$$4.87 > 2$$

**CONFORME**

## Anexo 5. Planilla de metrados

**UCSS**



### METRADO - MSE CON GEOSINTETICO 550X - T2100

**PROYECTO:** Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en la ciudad de Tarma

**PROPIETARIO:** UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE

**FECHA:** SEPTIEMBRE DEL 2019

**01.00.00 MURO DE TIERRA MECANICAMENTE ESTABILIZADA CON GEOSINTETICOS 550X - T2100**

#### 01.01.00 OBRAS PROVISIONALES

<i>PART. 01.01.01</i> <b>CARTEL DE OBRA (4.80 X 2.40)</b>	
DESCRIPCION	CANTIDAD
GIGANTOGRAFIA CON MARCO Y PARANTES DE ROLLIZO DE EUCALIPTO	1
<b>TOTAL (GLB)</b>	<b>1</b>

<i>PART. 01.01.02</i> <b>SERVICIOS HIGIENICOS PROVISIONALES</b>	
DESCRIPCION	CANTIDAD
DE TRIPLAY Y PARANTES DE MADERA TORNILLO	1
<b>TOTAL (GLB)</b>	<b>1</b>

<i>PART. 01.01.03</i> <b>CERCO PROVISIONAL</b>	
DESCRIPCION	(UND)
LADO JR. MILAGRO SUR (CERCO CON LONA DE RAFIA Y PARANTES DE EUCALIPTO)	51.95
<b>TOTAL (ML)</b>	<b>51.95</b>

<i>PART. 01.01.04</i> <b>INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES</b>	
DESCRIPCION	CANTIDAD (PUNTO)
PUNTO TOMACORRIENTES	3
<b>TOTAL (PUNTOS)</b>	<b>3</b>

<i>PART. 01.01.05</i> <b>INSTALACIONES SANITARIAS PROVISIONALES</b>	
DESCRIPCION	CANTIDAD (PUNTO)
PUNTOS SALIDAS DE AGUA	2
<b>TOTAL (PUNTOS)</b>	<b>2</b>

<i>PART. 01.01.06</i> <b>SEGURIDAD DE OBRA</b>	
DESCRIPCION	CANTIDAD (GLB)
SEGURIDAD EN OBRA	1
<b>TOTAL (GLOBAL)</b>	<b>1</b>

#### 01.02.00 OBRAS PRELIMINARES

<i>PART. 01.02.01</i> <b>TRAZO Y REPLANTEO Y NIVELACION</b>	
DESCRIPCION	AREA(m2)
TRAZO Y REPLANTEO DURANTE TODA LA OBRA	179.23
<b>TOTAL (m2)</b>	<b>179.23</b>

**UCSS**  **METRADO - MSE CON GEOSINTETICO 550X - T2100**

PROYECTO: Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X - T2100 en la ciudad de Tarma  
 PROPIETARIO: UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2019  
 01.00.00 MURO DE TIERRA MECANICAMENTE ESTABILIZADA CON GEOSINTETICOS 550X - T2100

**01.03.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

PART. 01.03.01 EXCAVACION DE TERRENO SEMIROCOSO PARA MUROS DE CONTENCION CON MAQUINARIA					
DESCRIPCION	Nº DE VECES	LONGITUD(ml)	ANC. ZANJA	ALT. ZANJA PROMED.	VOLUMEN (M³)
MURO DE CONTENCION	1	51.95	1.00	AREA	871.20
<b>VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACION DE ZANJAS PARA MUROS DE CONTENCION (M³)</b>					<b>871.20</b>

PART. 01.03.02 RELLENO Y COMPACTADO DE CAPAS DEL MURO DE CONTENCION CON MATERIAL SELECCIONADO (capas de 0.35 - 0.37m c/u)					
DESCRIPCION	Nº DE VECES	LONG	ANCHO	ALTURA RELLENO	SUBTOTAL
MURO DE CONTENCION			AREA		
	10.00	51.95	1.05	1.00	545.475
	2.00	51.95	1.13	1.00	117.407
	1.00	51.95	0.99	1.00	51.431
<b>VOLUMEN TOTAL A RELLENAR EN MUROS DE CONTENCION(M³)</b>					<b>714.31</b>

PART. 01.03.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE+ 15%Exponj.			
DESCRIPCION	VOLUMEN (M³)	EXPONJ(30%)	SUBTOTAL (M³)
MATERIAL SOBRANTE DE CORTES Y EXCAVACIONES DE TERRENO	871.20	261.36	1132.562
<b>ELIMINACION DE MATERIAL SOBRANTE (M³)</b>			<b>1132.56</b>

PART. 01.03.04 RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE (PIEDRA CHANCADA DE 2")			
DESCRIPCION	AREA RELLENO	LONG. ALT.	SUBTOTAL (M³)
MURO DE CONTENCION	2.8	51.95	145.46
<b>TOTAL VOLUMEN DE RELLENO(M³)</b>			<b>145.46</b>

**01.04.00 MUROS DE CONTENCION**

PART. 01.04.01 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MURO				
DESCRIPCION	Nº DE VECES	LONGITUD(ml)	ALTURA ENCOF.	AREA ENCOF. (M²)
VEREDA				
LADO POSTERIOR	1	51.95	4.30	223.39
CARA FRONTAL	1	51.95	4.17	216.63
<b>AREA TOTAL DE ENCOFRADO EN VEREDAS Y RAMPAS (M²)</b>				<b>440.02</b>

PART. 01.04.02 TENDIDO Y FIJADO DE GEOSINTETICO 550X - T2100				
DESCRIPCION	Nº DE VECES	LONGITUD	ANCHO	AREA (M²)
EN CAPAS DE BASE	2	51.95	4.38	227.54
EN CAPAS DE 0.35ML	8	51.95	4.59	238.45
EN CAPAS DE 0.38ML	3	51.95	4.61	239.49
				705.48
% POR DESPERDICIO DE MATERIAL			15%	811.30
<b>AREA TOTAL DE TENDIDO DE PLANCHAS DE GEOSINTETICO 550X - T2100 (M²)</b>				<b>811.30</b>

PART. 01.04.03 COLOCADO DE BOLSAS DE TIERRA AGRICOLA EN CARA FRONTAL DE MURO (BOLSAS DE 0.02 M3)		
DESCRIPCION	UND	TOTAL DE BOLSAS
MURO DE CONTENCION	1450	1450.00
<b>TOTAL DE BOLSAS (UND)</b>		<b>1450.00</b>

PART. 01.04.04 COLOCADO DE GEOSINTETICO NT 4000 EN CARA POSTERIOR DEL MURO				
DESCRIPCION	Nº DE VECES	LONGITUD(ml)	ALTURA	AREA ENCOF. (M2)
EN LADO POSTERIOR DEL MURO PARA IMPERMEABILIZAR TALUD	1	51.95	5.15	267.54
<b>LONGITUD TOTAL (M2)</b>				<b>267.54</b>

PART. 01.04.05 SUMINISTRO Y COLOCADO DE MANTO VERDE PARA VEGETACION EN CARA FRONTAL DEL MURO				
DESCRIPCION	Nº DE VECES	LONGITUD(ml)	ALTURA	AREA ENCOF. (M2)
MURO DE CONTENCION CARA FRONTAL	1	51.95	8.00	415.60
<b>LONGITUD TOTAL (M2)</b>				<b>415.60</b>

PROYECTO: Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en la ciudad de Tarma  
 PROPIETARIO: UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
 FECHA: SETIEMBRE DEL 2019  
 01.00.00 MURO DE TIERRA MECANICAMENTE ESTABILIZADA CON GEOSINTETICOS 550X - T2100

PART. 01.04.06 SUMINISTRO Y COLOCADO DE TUBERIA PVC SAL DIAM 4" PERFORADO EN EL TERCIO INFERIOR PARA DRENAJE			
DESCRIPCION	Nº DE VECES	LONGITUD(ml)	AREA ENCOF. (M2)
TUBO INTERNO DE DREN	1	53.00	53.00
<b>LONGITUD TOTAL (M)</b>			<b>53.00</b>

PART. 01.04.07 SUMINISTRO Y COLOCADO DE TUBERIA PVC SAL DIAM 2" PERFORADO PARA LLORADEROS			
DESCRIPCION	Nº DE VECES	LONGITUD(ml)	AREA ENCOF. (M2)
LLORADEROS	69	2.00	138.00
<b>LONGITUD TOTAL (M)</b>			<b>138.00</b>

01.07 PRUEBAS Y ENSAYOS DE CONTROL Y CALIDAD

PART. 01.07.02 DENSIDAD DE CAMPO	
UBICACIÓN	UNIDAD
CAPAS DEL MURO DE CONTENCIÓN	25
<b>TOTAL (UND)</b>	<b>25</b>

01.08 VARIOS

PART. 01.07.02 LIMPIEZA FINAL DE OBRA	
UBICACIÓN	AREA(m²)
AREA DE MURO DE CONTENCIÓN	179.23
<b>TOTAL (M²)</b>	<b>179.23</b>

PART. 01.07.03 AREAS VERDES - HIDROSIEMBRA	
UBICACIÓN	AREA(m²)
HIDROSENBRADO	299.75
<b>TOTAL (M²)</b>	<b>299.75</b>

PART. 01.07.04 MITIGACION AMBIENTAL	
UBICACIÓN	Global(Glbm²)
MITIGACION AMBIENTAL	1.00
<b>TOTAL (Glb)</b>	<b>1.00</b>

<b>PROYECTO:</b>		Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en la ciudad de Tarma							
<b>RESPONSABLE:</b>		<b>REGION:</b>		JUNIN					
<b>FECHA:</b>		<b>PROVINCIA:</b>		TARMA					
<b>FORMULA</b>		<b>DISTRITO:</b>		TARMA					
PART.	DESCRIPCION	# DE VECES	MEDIDAS			PARCIAL	TOTAL	UNIDAD	
			LARGO	ANCHO	ALTO				
02.00.00	MURO DE CONCRETO ARMADO								
02.01.00	OBRAS PROVISIONALES								
02.01.01	CARTEL DE OBRA (4.80X2.40)						1.00	GLB	
	CARTEL DE OBRA	1.00				1.00			
02.01.02	SERVICIOS HIGIENICOS PROVISIONALES						1.00	GLB	
	SS.HH PROMCIONALES	1.00				1.00			
02.01.03	CERCO PROVISIONAL						51.95	ML	
	LADO JR. MILAGRO SUR	1.00	51.95			51.95			
02.01.04	INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES						3.00	PTO	
	PUNTO TOMACORRIENTES	3.00				3.00			
02.01.05	INSTALACIONES SANITARIAS PROVISIONALES						2.00	PTO	
	PUNTOS DE SALIDA DE AGUA	2.00				2.00			
02.01.06	SEGURIDAD DE OBRA						1.00	GLB	
	SEGURIDAD EN OBRA	1.00				1.00			
02.02.00	OBRAS PRELIMINARES								
02.02.01	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE TODA LA OBRA						176.63	M2	
	EN EL AREA DE TRATAMIENTO	1.00	51.95	3.40		176.63			
02.03.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
02.03.01	EXCAVACION DE TERRENO SEMIROCOSO PARA MUROS DE CONTENCIÓN CON MAQUINARIA						760.55	M3	
	En muro de contención	1.00	51.95	AREA	14.64	760.55			
02.03.02	RELLENO Y COMPACTADO DE CAPAS DEL MURO DE CONTENCIÓN CON MATERIAL SELECCIONADO						464.95	M3	
	Area de relleno	1.00	51.95	AREA	8.67	450.41			
		1.00	51.95	AREA	0.28	14.55			
02.03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE+ 15% Exporj.						874.63	M3	
	A Volumen excavación	1.00	Volumen:	760.55		760.55			
				15% ESPONJAMIENTO		114.08			
						874.63			
02.04.00	CONCRETO SIMPLE								
02.04.01	SOLADO DE CONCRETO C:H 1:8 DE 4"						129.88	M2	
	Para muro de contención	1.00	51.95	2.50		129.88			
02.05.00	CONCRETO ARMADO								
02.05.01	MUROS DE CONTENCIÓN						161.05	M3	
	CONCRETO EN MUROS FC= 210 KG/CM2	1.00	51.95	AREA	3.10	161.05			
02.05.02	ENCOFRADO Y DESENOF. EN MUROS						481.40	M2	
	Caras laterales muro	2.00	51.95		4.60	477.94			
	Tapas muro	2.00	1.00	AREA	1.73	3.46			
02.05.03	ACERO Fy=4,200 KG/CM2. GRADO 60, EN MUROS						6962.72	KG	
			ver cuadro adjunto de metrado de acero						
02.06.00	PRUEBAS Y ENSAYOS DE CONTROL Y CALIDAD							UND	
02.06.01	DENSIDAD DE CAMPO						25.00		
	CAPAS DE RELLENO	25.00				25.00			
02.07.00	VARIOS								
02.07.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA						176.63	M2	
	CAPAS DE RELLENO	1.00	51.95	3.40		176.63			
02.07.02	MITIGACION AMBIENTAL						1.00	GLB	
		1.00				1.00			

PROYECTO:	Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en la ciudad de Tarma							
RESPONSABLE:		REGION:	JUNIN					
FECHA:	Set-18	PROVINCIA:	TARMA					
FORMULA	ESTRUCTURAS	DISTRITO:	TARMA					
PART.	DESCRIPCION	# DE VECES	MEDIDAS			PARCIAL	TOTAL	UNIDAD
			LARGO	ANCHO	ALTO			
03.00.00	MURO DE CONCRETO CICLOPEO							
03.01.00	OBRAS PROVISIONALES							
03.01.01	CARTEL DE OBRA (4.80X2.40)						1.00	GLB
	CARTEL DE OBRA	1.00				1.00		
03.01.02	SERVICIOS HIGIENICOS PROVISIONALES						1.00	GLB
	SS.HH PROVISIONALES	1.00				1.00		
03.01.03	CERCO PROVISIONAL						51.95	M
	LADO JR. MILAGRO SUR	1.00	51.95			51.95		
03.01.04	INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES						3.00	PTO
	PUNTO TOMACORRIENTES	3.00				3.00		
03.01.05	INSTALACIONES SANITARIAS PROVISIONALES						2.00	PTO
	PUNTOS DE SALIDA DE AGUA	2.00				2.00		
03.01.06	SEGURIDAD DE OBRA						1.00	GLB
	SEGURIDAD EN OBRA	1.00				1.00		
03.02.00	OBRAS PRELIMINARES							
03.02.01	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE TODA LA OBRA						228.58	M2
	EN EL AREA DE TRATAMIENTO	1.00	51.95	4.40		228.58		
02.03.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
02.03.01	EXCAVACION DE TERRENO SEMIROCOSO PARA MUROS DE CONTENCION CON MAQUINARIA						954.84	M3
	En muro de contencion	1.00	51.95	AREA	18.38	954.84		
02.03.02	RELLENO Y COMPACTADO DE CAPAS DEL MURO DE CONTENCION CON MATERIAL SELECCIONADO						537.68	M3
	Area de relleno	1.00	51.95	AREA	9.57	497.16		
		1.00	51.95	AREA	0.78	40.52		
02.03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE+ 15% Exponj.						1098.07	M3
	A Volumen excavación	1.00	Volumen:	954.84		954.84		
			15% ESPONJAMIENTO			143.23		
						1098.07		
02.04.00	CONCRETO SIMPLE							
02.04.01	SOLADO DE CONCRETO C:H 1:8 DE 4"						181.83	M2
	Para muro de contencion	1.00	51.95	3.50		181.83		
02.04.02	MUROS DE CONTENCION							
02.04.02.01	CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 +70% P.G						333.00	M3
		1.00	51.95	AREA	6.41	333.00		
02.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOF. EN MUROS						464.90	M2
	Caras laterales muro	1.00	51.95		4.44	230.66		
		1.00	51.95		4.35	225.98		
	Tapas muro	2.00	1.00	AREA	4.13	8.26		
02.05.00	PRUEBAS Y ENSAYOS DE CONTROL Y CALIDAD							UND
02.05.01	DENSIDAD DE CAMPO						12.00	
	CAPAS DE RELLENO	12.00				12.00		
02.06.00	VARIOS							
02.06.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA						228.58	M2
	CAPAS DE RELLENO	1.00	51.95	4.40		228.58		
02.06.02	MITIGACION AMBIENTAL						1.00	GLB
		1.00				1.00		

## Anexo 6. Resultados de estudios de suelos

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA TESIS DE PREGRADO PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE: Analisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X - T2100 en la ciudad de Tarma.

SOLICITA : ANDREA EMILIA PUCHOC ORDOÑEZ

UBICACIÓN : JR. MILAGRO SUR - 4ta. CDRA

TIPO EXCV. : A cielo abierto

N.F. : No

CALICATA : C-1

FECHA : 09/07/2019

MTS	GPO	DESCRIPCION	SIMBOLO	SUCS
0.95		Material de relleno orgánico, húmedo, en estado suelto		
2.50	A-2-6	Material de arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla de color marrón gris rojizo oscuro, en estado semi compacto y semi húmedo.		SC

Muestra proporcionada por el interesado.

**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85269

**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECANICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca @registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

Calle Santo Toribio N° 180 Urb. San Antonio - Hya. (064) 636643 - 964 672 241 - 964 725 319 consedis@hotmail.com

**ANÁLISIS MATERIAL DE TERRENO NATURAL**

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA TESIS DE PREGRADO PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CÁTOLICA SERBES SAPIENTINAE Análisis de preferencias flexión y resistencia de la implementación de muros de tierra  
SOLICITA : ANIBELA EMBLIA PUCHADO GARCÍA  
UBICACIÓN : JR. MELAGRO SUR - 4ta. CDRA  
CALICATA : C-1

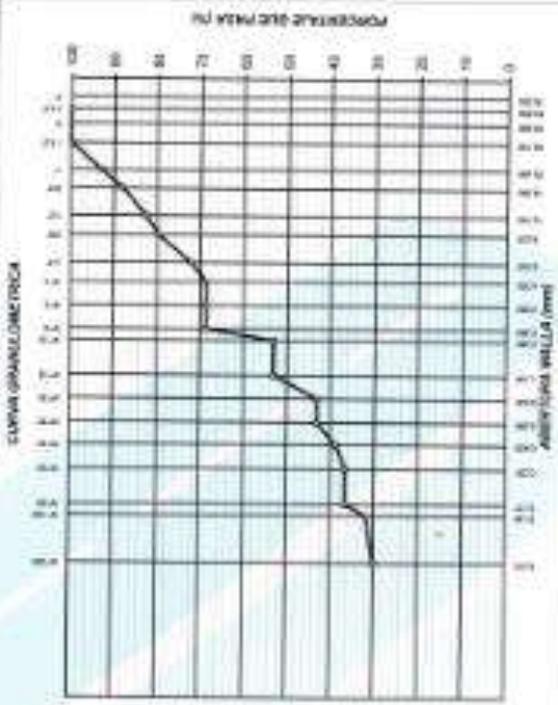
FECHA : 08/07/18

TIPO DE CLASIFICACION : MUY SUAVE

VALORES :  
LÍMITE LÍQUIDO : 31.84  
LÍMITE PLÁSTICO : 13.22  
ÍNDICE PLASTICIDAD : 18.62

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

ABERTURA (mm)	RET (%)	PASA (%)	CONTENIDO DE AGUA (%)
2	15.288		
7.5	53.593	100	
15	84.000	0	100
30	112.000	0	100
60	14.000	7	53
75	19.000	5.1	87.8
105	13.200	3.2	82.7
150	8.428	5	79.7
200	4.300	7.8	73.2
250	4.700	2.8	66.8
300	3.960	0	66.8
375	2.500	0	88.8
475	2.000	33.5	53.1
600	1.180	0	53.1
750	0.800	10	43.1
900	0.800	0	43.1
1060	0.478	4.3	38.8
1250	0.207	3.3	28.8
1500	0.177	0	26.8
1900	0.148	4.7	21.8
2500	0.114	1.8	20
3000		20	



*Suzann Ortiz Casas*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 85268

*Uncer Abraham Ortiz Jahn*  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
FARMACIUTA

Muestra proporcionada por el interesado.

Se libera la copia total o parcial de este documento; derecho de propiedad intelectual y Marca Registrada en Indecopi  
OLUCIÓN N° 015682 - 2014 /DSD

Calle Santo Toribio N° 180 Urb. San Antonio - Hys. ☎ (004) 636643 - 964 672 241 - 964 725 319 ✉ consedis@hotmail.com

**LIMITE DE CONSISTENCIA**  
LABORATORIO CONTROL DE MATERIALES

**PROYECTO** : ESTUDIO DE SUELOS PARA TESIS DE PREGRADO PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE: Analisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X T2100 en la ciudad de Tarma.

**SOLICITA** : ANDREA EMILIA PUJOC ORDÓÑEZ

**UBICACIÓN** : JR. MILAGRO SUR - 4ta CDRA

**CALICATA** : C-1

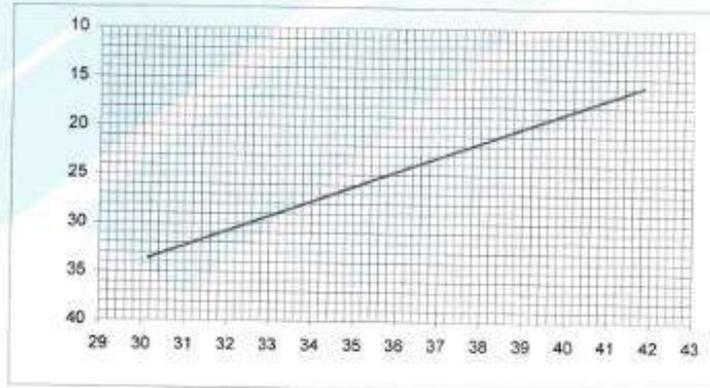
**FECHA** : 09/07/19

**LIMITE LIQUIDO**

Nº de Latas	1	5	9
Nº de Golpes	17	23	35
Peso de Lata + Suelo Humedo	43.31	44.70	45.91
Peso de Lata + Suelo Seco	38.14	39.54	41.09
Peso de Agua	5.17	5.16	4.82
Peso de Lata	25.78	24.98	25.11
Peso de Suelo Seco	12.36	14.56	15.98
% de Humedad	41.85	35.45	30.15

**LIMITE PLASTICO**

Nº de Latas	3
Peso de Lata + Suelo Humedo	38.35
Peso de Lata + Suelo Seco	36.86
Peso de Agua	1.49
Peso de Lata	25.61
Peso de Suelo Seco	11.25
Porcentaje de Humedad	13.22



**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el interesado.

L.L.	35.84	L.P.	13.22	I.P.	22.62
------	-------	------	-------	------	-------

*Susam Ortiz Casas*  
Susam Ortiz Casas  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 85288

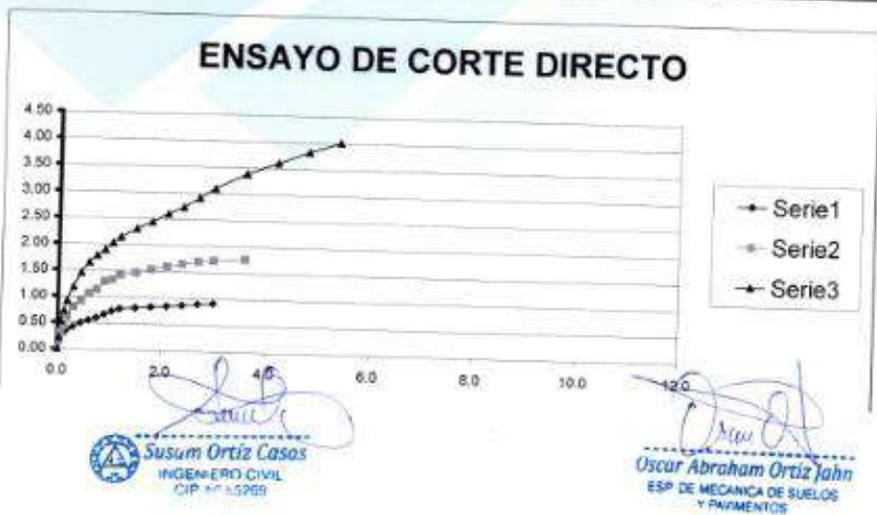
*Oscar Abraham Ortiz Jahn*  
Oscar Abraham Ortiz Jahn  
ESP DE MECANICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Prohibida la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca Registrada en Indecopi  
RESOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080**

Proyecto : ESTUDIO DE SUELOS PARA TESIS DE PREGRADO PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UN  
VERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE. Analisis de prefactibilidad técnica y económico de la implemen-  
tación de muros de tierra mecánicamente estabilizados con geosintéticos 550X - T2100 en la ciudad de  
Tarma.  
Solicitado : ANDREA EMILIA PUCHOC ORDOÑEZ  
Ubicación : JR. MLAGRO SUR - 4ta. CDRA  
Constante Dial de carga: 0.451 Área de Contacto: 36.0000  
Muestra: C-1, M-2 Prof: 0.95 - 2.50 mt.  $gd = 1.85$   
Tipo de suelo: SC (Ensayo a la matriz) Densidad de remoldeo

DATOS DE LABORATORIO			FECHA : 09/07/19						
Deformación Tangencial %	I Rígida		II Rígida		CALCULOS				
	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm <sup>2</sup>	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm <sup>2</sup>	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm <sup>2</sup>
0	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	12.00	5.94	0.16	24.00	5.64	0.15	7.50	7.88	0.22
0.06	18.00	8.79	0.24	34.50	10.82	0.30	17.50	15.04	0.53
0.12	24.00	11.05	0.31	44.50	15.54	0.43	28.00	20.16	0.73
0.18	29.00	13.08	0.36	54.00	20.86	0.58	38.00	29.52	0.91
0.3	33.00	15.11	0.42	64.00	26.15	0.71	48.00	39.36	1.10
0.45	37.00	17.91	0.49	74.00	32.70	0.91	58.00	49.68	1.40
0.9	43.00	19.82	0.54	84.00	38.80	1.06	68.00	59.52	1.65
0.15	47.00	21.43	0.59	94.00	44.82	1.25	78.00	69.36	1.91
0.9	53.00	23.90	0.66	103.00	49.81	1.42	88.00	79.20	2.18
1.2	58.00	26.16	0.73	112.00	54.77	1.57	98.00	89.04	2.44
1.5	61.00	27.74	0.77	122.00	59.25	1.65	108.00	98.88	2.70
1.8	63.00	28.64	0.80	131.00	63.21	1.72	118.00	108.72	2.96
2.1	65.00	29.54	0.82	140.00	67.17	1.79	128.00	118.56	3.22
2.4	67.00	30.32	0.84	149.00	71.11	1.85	138.00	128.40	3.48
2.7	69.00	31.12	0.86	158.00	75.05	1.92	148.00	138.24	3.74
3	71.00	31.92	0.88	167.00	78.99	2.00	158.00	148.08	4.00
3.3	73.00	32.70	0.91	176.00	82.93	2.07	168.00	157.92	4.26
3.6									
3.9									
4.2									
4.5									
4.8									
5.1									
5.4									
5.7									
6									
6.3									
6.6									
6.9									
7.2									
7.5									
7.8									
8.1									
8.4									
8.7									
9									
9.3									
9.6									
9.9									
10.2									
10.5									
10.8									
11.1									
11.4									
11.7									
12									
12.3									
12.6									
12.9									
13.2									
13.5									
13.8									
14.1									
14.4									
14.7									
15									



librada la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca @registrada en Indecopi  
OLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD



CALICATA	Ø (")	c	Nc	Nq	Ny	PROF.	ANCHO	CAPACIDAD PORTANTE KG/CM <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.0	1.0	1.12 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.0	1.2	1.23 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.0	1.6	1.45 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.0	1.8	1.58 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.0	2.0	1.69 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.0	2.4	1.92 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.5	1.0	1.16 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.5	1.2	1.28 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.5	1.6	1.51 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.5	1.8	1.62 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.5	2.0	1.74 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.5	2.4	1.97 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.8	1.0	1.19 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.8	1.2	1.30 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.8	1.6	1.53 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.8	1.8	1.65 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.8	2.0	1.76 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	1.8	2.4	1.99 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.0	1.0	1.21 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.0	1.2	1.32 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.0	1.6	1.55 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.0	1.8	1.67 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.0	2.0	1.78 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.0	2.4	2.01 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.5	1.0	1.25 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.5	1.2	1.37 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.5	1.6	1.60 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.5	1.8	1.71 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.5	2.0	1.83 kg/cm <sup>2</sup>
C-1, M-2	22.5	0.6	17.450	8.230	5.390	2.5	2.4	2.06 kg/cm <sup>2</sup>

  
**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 88266

  
**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

Se prohíbe la copia total o parcial de este documento | derecho de propiedad intelectual y Marca Registrada en U Indecopi  
SOLUCIÓN N° 015082 - 2014 /DSD

Calle Santo Toribio N° 180 Urb. San Antonio - Hya. ☎ (064) 636643 - 964 672 241 - 964 725 319 ✉ consedis@hotmail.com

PROYECTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA TESIS DE PREGRADO PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE: Analisis de prefactibilidad técnica y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X - T2100 en la ciudad de Tarma.

SOLICITA : ANDREA EMILIA PUCHOC ORDOÑEZ

UBICACIÓN : JR. MILAGRO SUR - 4ta. CDRA

FECHA : 09/07/2019

CALICATA : C-1, M-2

A	Ángulo de fricción interna (°)	22.5
B	cohesión Tn/m <sup>2</sup>	0.60
C	Porcentaje de humedad (%)	6.199
D	Peso específico de los sólidos	2.500
E	Densidad natural	2.220
F	Densidad Seca	2.090
G	Relación de Vacíos	0.20
H	Grado de Saturación	79.10
I	Densidad saturada	2.254
J	Densidad sumergida	1.254
K	Nivel de la napa freática	NO

\* CONSIDERANDO FALLA LOCAL :  NO

$\phi'$	=	22.50
$c'$	=	0.60
$Nc'$	=	17.450
$Nq'$	=	8.230
$Ny'$	=	5.390

\* PARA ZAPATA CUADRADA

Ancho	=	1.00 m
Prof.	=	2.50 m
$F_s$	=	3.0
$q_{in}$	=	59.33 tn/m <sup>2</sup>
$q_{adm}$	=	19.78 tn/m <sup>2</sup>
$q_{adm}$	=	1.98 kg/cm <sup>2</sup>

Muestra proporcionada por el interesado.

  
**Susam Ortiz Casas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 85269

  
**Oscar Abraham Ortiz Jahn**  
ESP DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS

**PANEL FOTOGRÁFICO “Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en la ciudad de Tarma”**

---



**DESCRIPCIÓN:  
EXCAVACIÓN DE CALICATAS**



**DESCRIPCIÓN:  
TOMA DE MUESTRA INSITU**

**PANEL FOTOGRÁFICO “Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en la ciudad de Tarma”**



**DESCRIPCIÓN:**

**MUESTRAS, PESADO INSITU**



**DESCRIPCIÓN:**

**TRABAJOS EN LABORATORIO**

**PANEL FOTOGRÁFICO “Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X – T2100 en la ciudad de Tarma”**

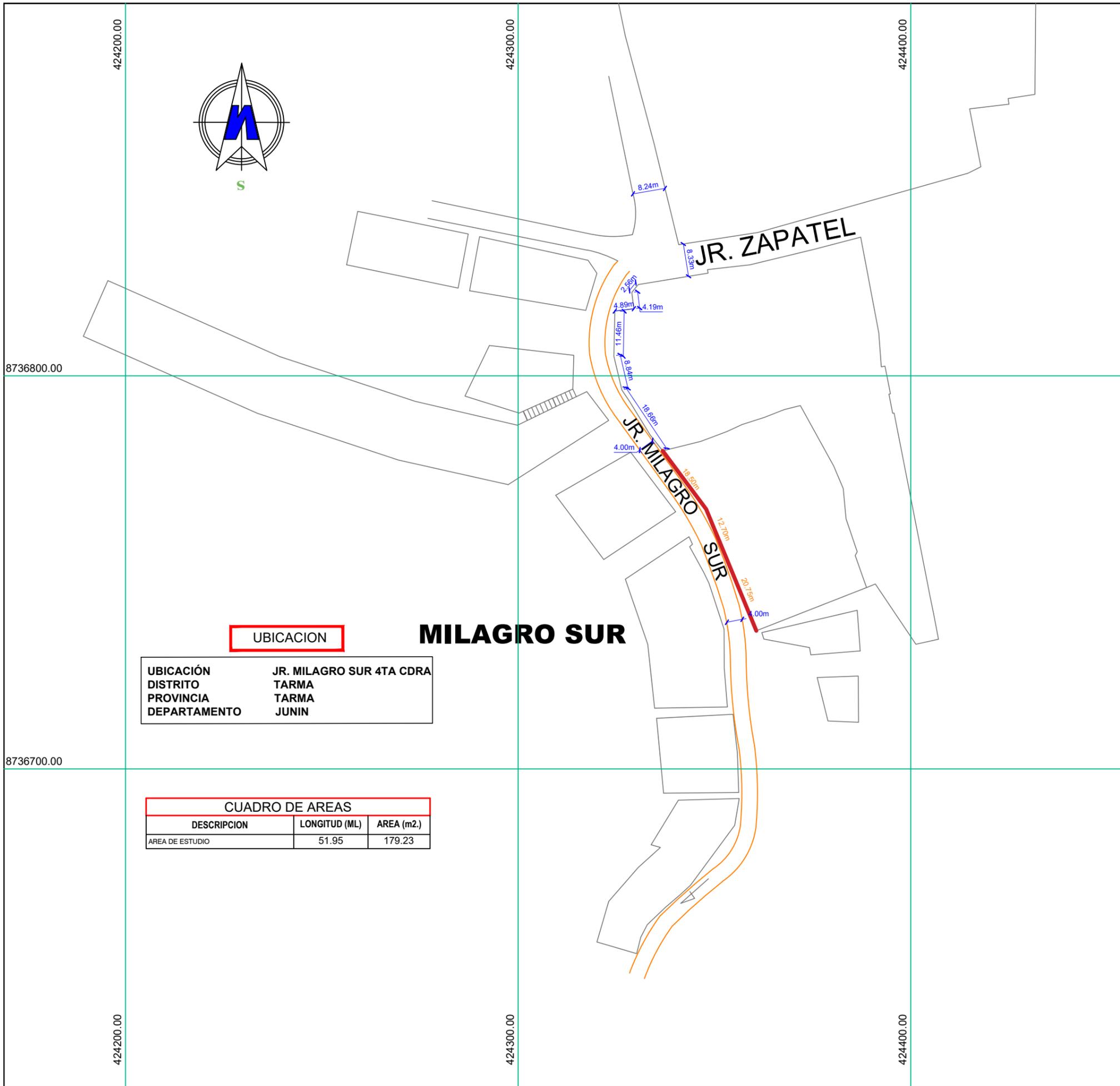
---



**DESCRIPCIÓN:**  
**TRABAJOS EN LABORATORIO**



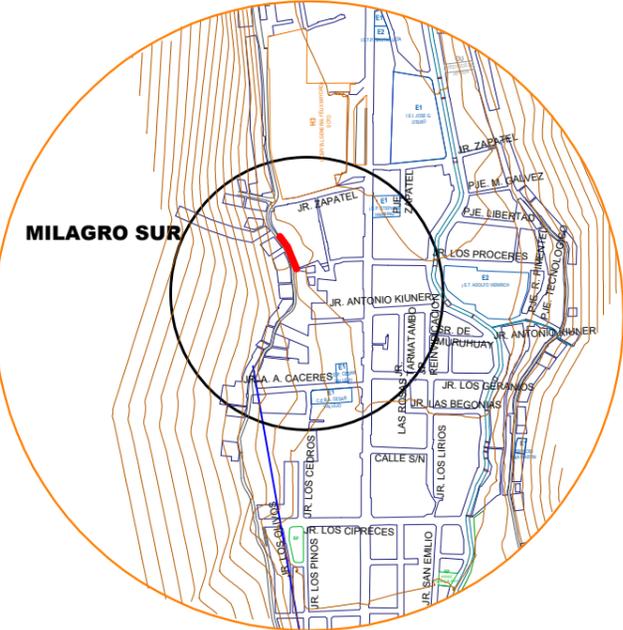
**DESCRIPCIÓN:**  
**TRABAJOS EN LABORATORIO**



**UBICACION**

UBICACIÓN	JR. MILAGRO SUR 4TA CDRA
DISTRITO	TARMA
PROVINCIA	TARMA
DEPARTAMENTO	JUNIN

CUADRO DE AREAS		
DESCRIPCION	LONGITUD (ML)	AREA (m2.)
AREA DE ESTUDIO	51.95	179.23



**LOCALIZACION**

ESCALA 1:5000

ZONIFICACION	RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA
AREA DE ESTRUCTURA	
DEPARTAMENTO	JUNIN
PROVINCIA	TARMA
DISTRITO	TARMA
URBANIZACION	
NOMBRE DE LA VIA	JIRON MILAGRO SUR 4TA CDRA
N° DEL INMUEBLE	
MANZANA	
LOTE	
SUB LOTE	

PROYECTISTA

INGENIERO  
PUCHOC ORDOÑEZ, Andrea Emilia  
CIP.

FIRMA y SELLO PROFESIONAL

PROPIETARIO

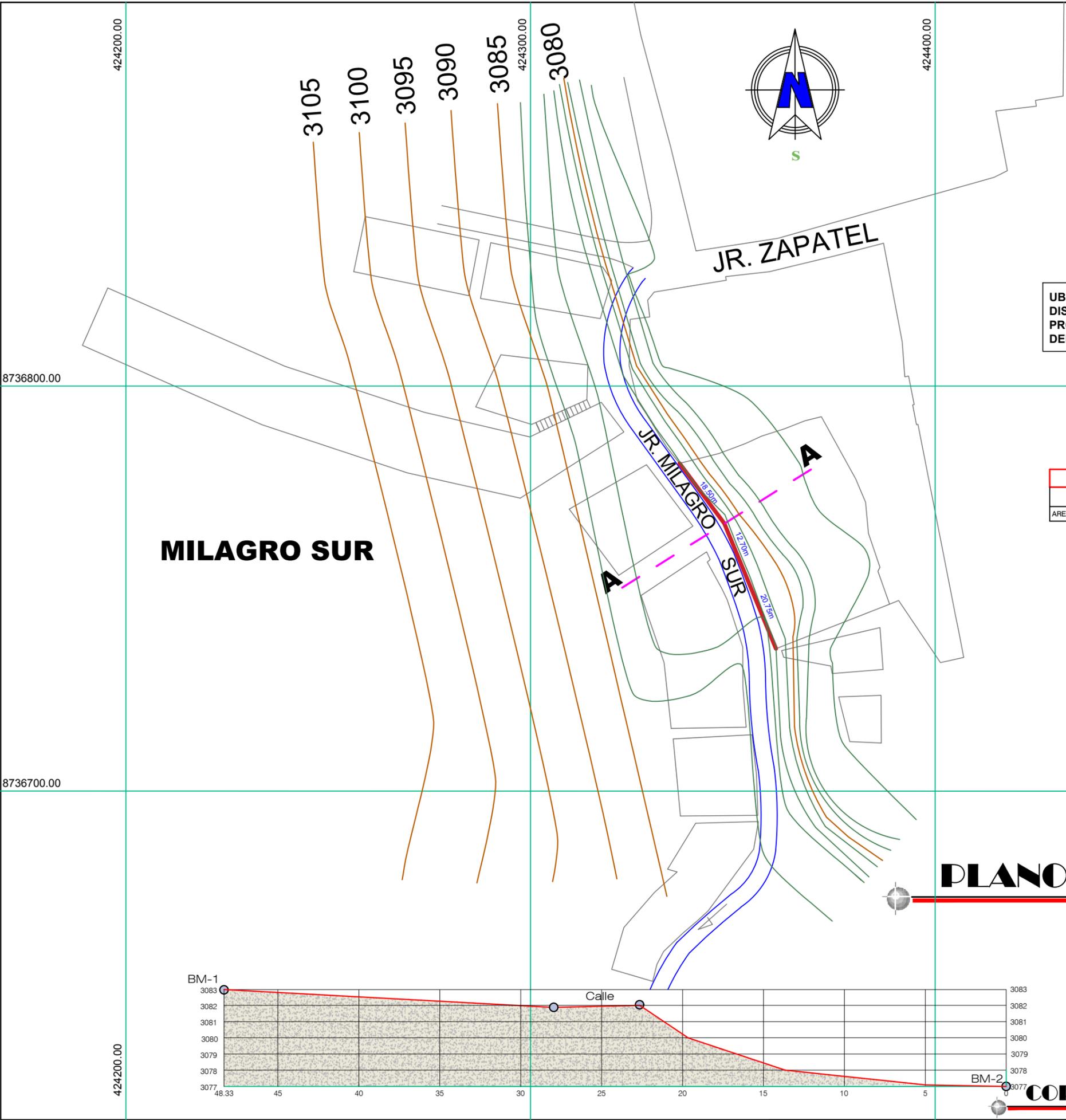
**JUNTA VECINAL MILAGRO SUR**

FIRMA PROPIETARIO

PROYECTO  
*Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X - 2100 en la ciudad de Tarma*

**UBICACION LOCALIZACION**

UBICACION	DISTRITO: <b>TARMA</b> PROVINCIA: <b>TARMA</b> DPTO: <b>JUNIN</b>	LAMINA
ESCALA	1:1000	FECHA
		MAYO 2019
		<b>UL-01</b>



**UBICACION**

UBICACIÓN	JR. MILAGRO SUR 4TA CDRA
DISTRITO	TARMA
PROVINCIA	TARMA
DEPARTAMENTO	JUNIN

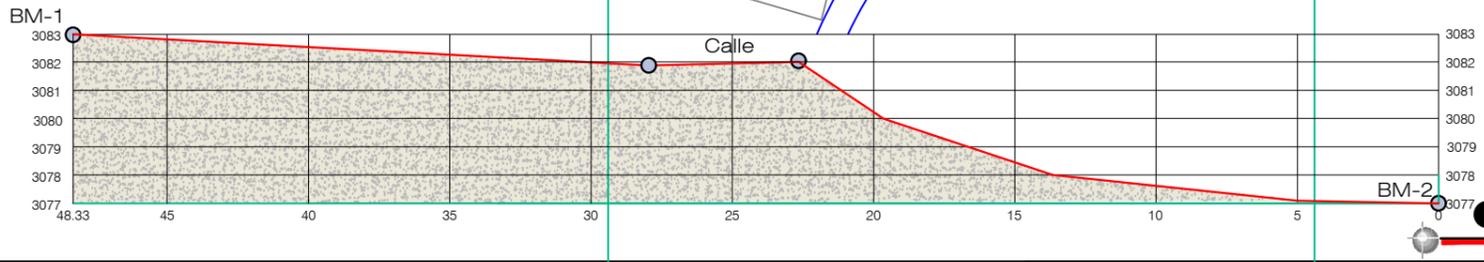
**CUADRO DE AREAS**

DESCRIPCION	LONGITUD (ML)	AREA (m2.)
AREA DE ESTUDIO	51.95	179.23

**MILAGRO SUR**

**PLANO TOPOGRAFICO**

ESCALA 1/1000



**CORTE A - A**  
ESCALA 1/125



**UCSS**  
UNIVERSIDAD  
CATOLICA  
SEDES SAPIENTIAE

ASESOR:  
**ING. VICTOR GARCÉS DÍAZ**

PROYECTO:  
"Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X - 2100 en la ciudad de Tarma"

ESPECIALIDAD:  
TOPOGRAFIA

PLANO:  
PLANO TOPOGRAFICO

CONSULTOR:  
BACH. ANDREA EMILIA PUCHOC ORDOÑEZ

PROYECTISTAS:  
JEFE DE PROYECTO :  
BACH. ANDREA EMILIA PUCHOC ORDOÑEZ

JEFE DE PROYECTO FIRMA Y SELLO:

ESPECIALISTA :

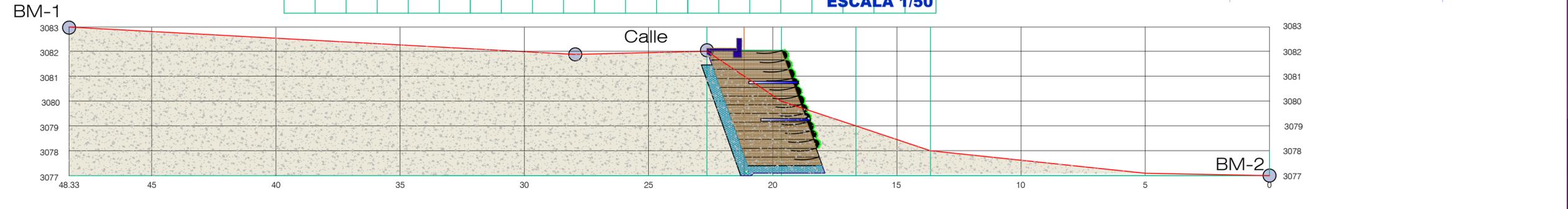
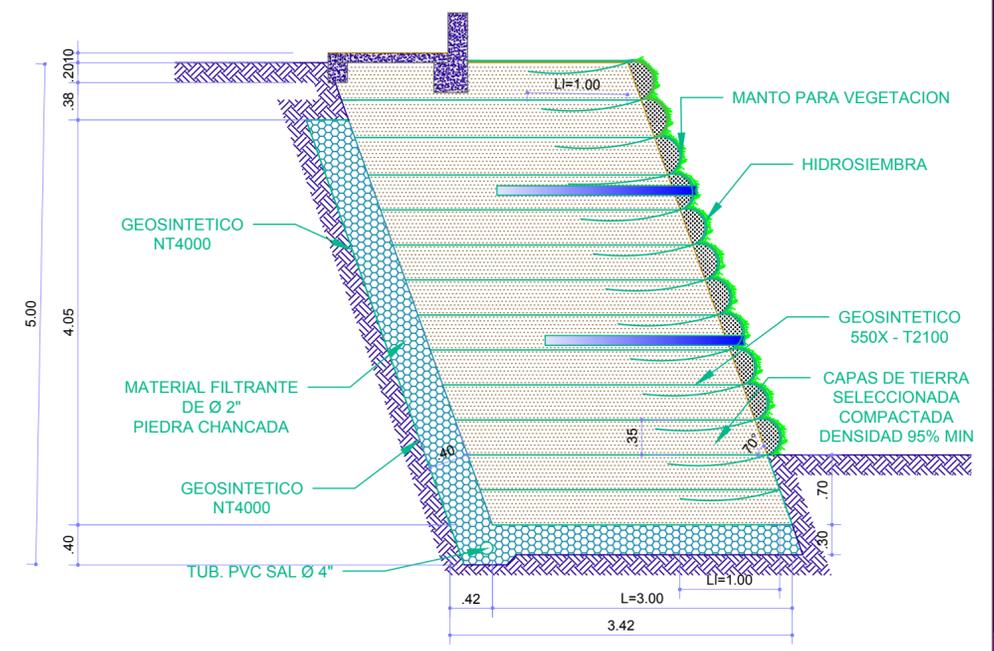
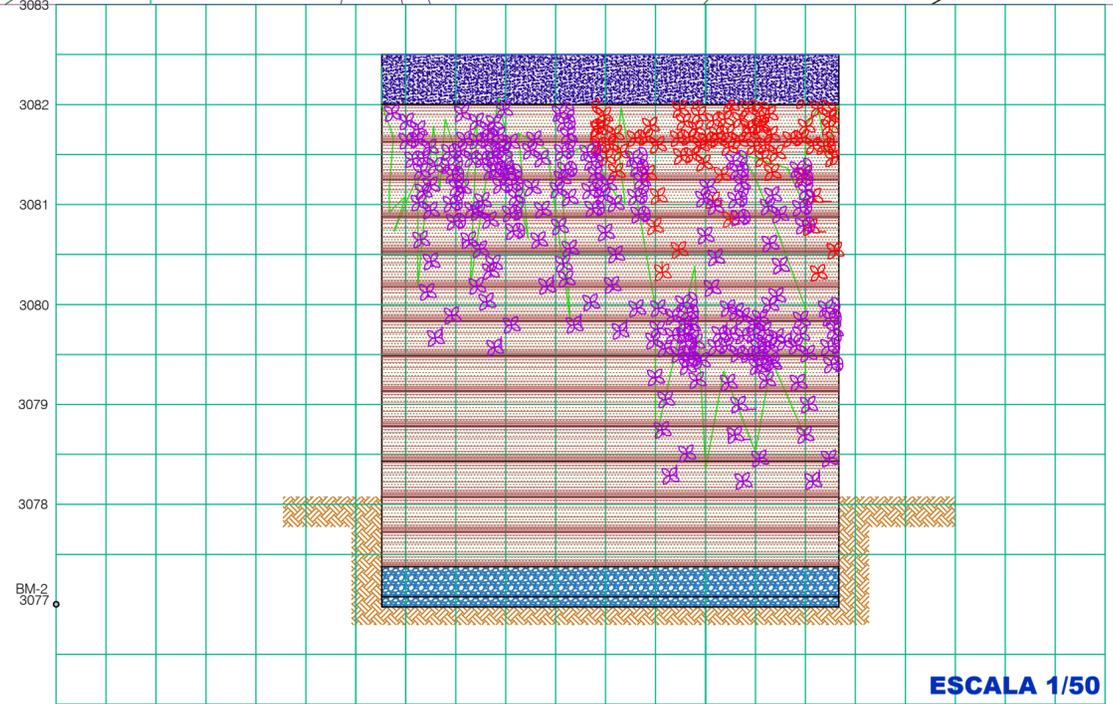
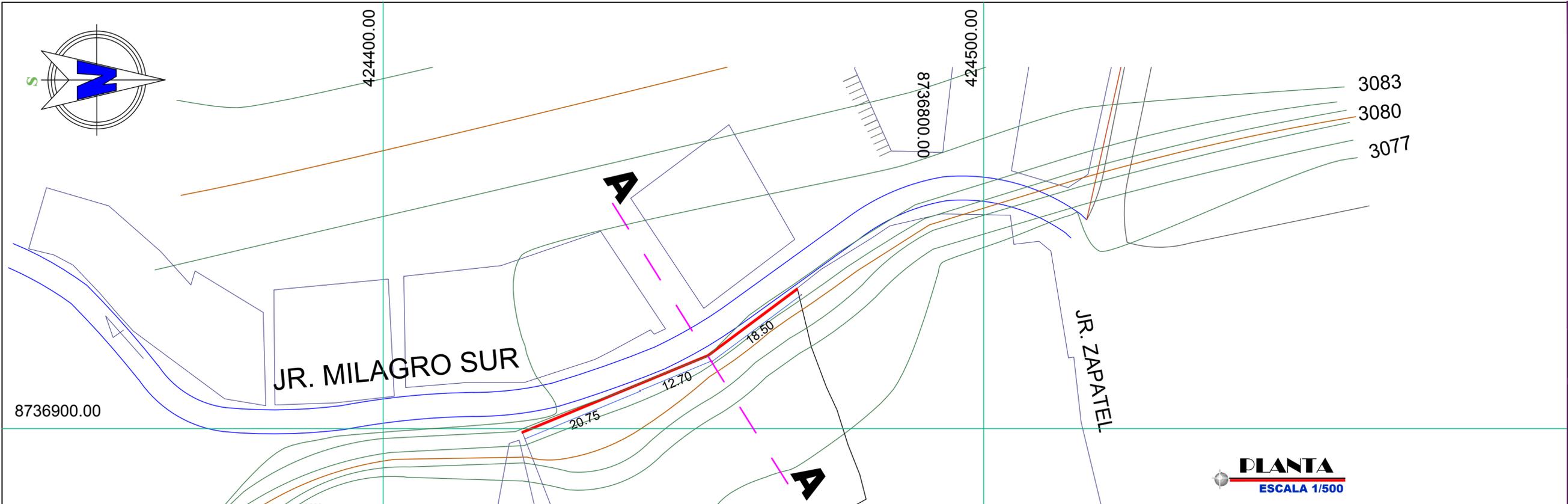
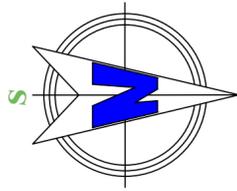
EVALUADOR (ES)

UBICACIÓN:  
LOCALIDAD : JR. MILAGRO SUR 4TA CDRA  
DISTRITO : TARMA  
PROVINCIA : TARMA  
REGION : JUNIN

DIBUJO : APO  
ESCALA : 1/1000

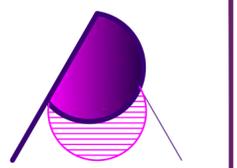
FECHA : JUNIO 2019  
COGIGO DE PLANO :

**T-01**



**CORTE A - A**  
ESCALA 1/125

**PLANTA, PERFIL Y DETALLES**  
ESCALA 1/500



**UCSS**  
UNIVERSIDAD CATORCE DE SEPTIEMBRE

UNIVERSIDAD CATORCE DE SEPTIEMBRE  
SEDES SAPIENTIAE

ASESOR:  
**ING. VICTOR GARCÉS DÍAZ**

PROYECTO:  
"Análisis de prefactibilidad técnico y económico de la implementación de muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos 550X - 2100 en la ciudad de Tarma"

ESPECIALIDAD:  
**ESTRUCTURAS**

PLANO:  
**PLANO DE PLANTA PERFIL LONGITUDINAL Y DETALLES**

CONSULTOR:  
BACH. ANDREA EMILIA PUCHOC ORDOÑEZ

PROYECTISTAS:  
JEFE DE PROYECTO : BACH. ANDREA EMILIA PUCHOC ORDOÑEZ

JEFE DE PROYECTO FIRMA Y SELLO:

ESPECIALISTA:

EVALUADOR (ES)

UBICACIÓN:  
LOCALIDAD : JR. MILAGRO SUR 4TA CDRA  
DISTRITO : TARMA  
PROVINCIA : TARMA  
REGION : JUNIN

DIBUJO: APO

ESCALA: 1/500  
FECHA: SET 2019  
COGIGO DE PLANO:

**PPD-01**