

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Evaluación de la estabilidad del muro PNEUSOL
tipo “lighweigt” como técnica de remediación
para deslizamientos en el CP Udimá – Región Cajamarca**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Abdias Nuñez Morales

Asesor:

Mg. Leonel Chahuares Paucar

Lima, noviembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

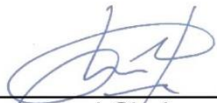
Leonel Chahuares Paucar, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL MURO PNEUSOL TIPO LIGHWEIGT COMO TÉCNICA DE REMEDIACIÓN PARA DESLIZAMIENTOS EN EL CP UDIMA – REGIÓN CAJAMARCA”** constituye la memoria que presenta el Bachiller Abdías Nuñez Morales para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 26 días del mes de agosto del año 2020



Mg. Leonel Chahuares Paucar

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **26 días** día(s) del mes de **noviembre** del año 2020 siendo las **17:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Ing. David Díaz Garamendi**, el secretario: **Ing. Ferrer Canaza Rojas**... y los demás miembros: **Ing. Miguel Ángel Galarreta Chavez**... y el asesor **Mg. Leonel Chahuares Paucar**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación de la estabilidad del muro PNEUSOL tipo "lighweig" como técnica de remediación para deslizamientos en el CP Udimá – Región Cajamarca"

.....de el(los)/la(las) bachiller/es: a)..... **ABDIAS NUÑEZ MORALES**.....
b)
conducente a la obtención del título profesional de
**INGENIERO CIVIL**.....
 (Nombre del Título Profesional)
 con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **ABDIAS NUÑEZ MORALES**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	BUENO	MUY BUENO

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente
 Ing. David Díaz
 Garamendi



 Secretario
 Ing. Ferrer Canaza
 Rojas

 Asesor
 Mg. Leonel
 Chahuares Paucar

 Miembro
 Ing. Miguel Angel
 Galarreta Chavez

 Miembro

 Candidato/a (a)
 Abdías Núñez
 Morales

 Candidato/a (b)

Dedicatoria

A mis padres Elmer Nuñez y Julia Morales, a mis hermanos Abner Nuñez y Erlin Nuñez.

Seguidamente al CP Udima mi pueblo de origen.

Agradecimientos

A mis padres Elmer y Julia, a mis hermanos Abner y Erlin por su apoyo incondicional durante todo el proceso. A los señores; Nilo Nuñez, Tony Meztanza y Lizandro Lozano por su colaboración con la mano de obra durante la ejecución.

A mi asesor Mg Leonel Chahuares Paucar y al Ing Carlos Tupia por su aporte profesional durante el proceso.

A la Universidad Peruana Unión por la formación profesional brindada.

Tabla de Contenido

Índice de tablas.....	10
Índice de Figuras.....	11
Índice de Gráficos.....	13
Índice de Anexos.....	13
Símbolos Usados.....	14
Resumen.....	15
Abstract.....	16
1. Capítulo I. Problema.....	17
1.1 Identificación del problema.....	17
1.2 Justificación.....	18
1.3 Presuposición filosófica.....	19
1.4 Objetivos de la investigación.....	19
1.4.1 Objetivo general.....	19
1.4.2 Objetivos Específicos.....	19
2. Capítulo II Revisión de la Literatura.....	20
2.1 Antecedentes.....	20
2.2 Suelos coluviales.....	22

2.3	Estabilidad de Taludes	23
2.3.1	Talud.....	23
2.3.2	Deslizamientos	25
2.3.3	Tipos de deslizamientos.....	27
2.3.4	Sistemas de remediación en deslizamientos.	29
2.3.5	Métodos de estabilización	30
2.3.6	Estructuras de Contención.....	31
2.3.7	Estructuras de Contención de gravedad.....	32
2.4	Muro de llantas usadas (Pneusol).....	34
2.4.1	Partes de un muro pneusol.....	35
2.4.2	Ventajas de un muro pneusol	36
2.4.3	Consideraciones para el diseño y construcción de un muro pneusol.....	37
2.5	Presión lateral de tierras	40
2.5.1	Presión lateral de tierra en reposo	40
2.5.2	Presión activa de tierra de Rankine	44
2.5.3	Presión pasiva de tierra de Rankine.....	47
2.6	Factores de seguridad en muros de contención.....	50
2.6.1	Factor de seguridad al volteo.....	50
2.6.2	Factor de seguridad al deslizamiento	51
2.6.3	Factor de seguridad por capacidad de soporte	51
2.7	Neumáticos.....	52
2.7.1	Fabricación de los Neumáticos	52
2.7.2	Nomenclatura	53
2.7.3	Ciclo de Vida de los Neumáticos.....	54
2.8	Especificaciones técnicas de los rociadores serie van 12.....	55

3. Capítulo III Metodología.....	56
3.1 Descripción del Lugar de Ejecución	56
3.2 Materiales	58
3.2.1 Materiales y equipos en la construcción del muro	58
3.2.2 Materiales y equipos en la saturación del relleno	58
3.2.3 Materiales y equipos para la verificación de los desplazamientos en el muro	58
3.2.4 Materiales y equipos para el ensayo de contenido de humedad.....	59
3.2.5 Materiales y equipos para el ensayo de granulometría	59
3.2.6 Materiales y equipos para el ensayo de corte directo.....	59
3.2.7 Materiales y equipos para el ensayo de relaciones gravimétricas y volumétricas....	60
3.3 Métodos.....	61
3.3.1 Dimensionamiento del muro pneusol tipo lighweigt	61
3.3.2 Construcción del muro y el relleno	62
3.3.3 Saturación del relleno	63
3.3.4 Verificación de los desplazamientos en el muro	63
3.3.5 Cálculo de los parámetros en laboratorio.....	64
3.3.6 Cálculo de los factores de seguridad	64
3.3.7 Variable dependiente.....	64
3.3.8 Variable independiente.....	64
3.4 Formulación de Hipótesis.....	66
3.4.1 Hipótesis General.....	66
3.4.2 Hipótesis Especifica.....	66
3.5 Estudio y diseño de la investigación	66
3.6 Análisis Estadístico	67

4. Capítulo IV Resultados y Discusión	68
4.1 Resultados del dimensionamiento del muro Pneusol tipo Lighweigt	68
4.2 Resultados de la construcción del muro y su relleno	69
4.3 Resultados de saturación del Relleno.....	71
4.4 Resultados de los desplazamientos en el muro	73
4.5 Resultados de los factores de seguridad.....	74
4.5.1 Resultados del factor de seguridad al volteo.....	75
4.5.2 Resultados del factor de seguridad al Deslizamiento	76
4.5.3 Resultados del factor de seguridad por capacidad de soporte.....	76
4.6 Análisis estadístico de la ocurrencia de desplazamientos en el muro	78
5. Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones.....	82
5.1 Conclusiones	82
5.2 Discusiones.....	83
5.3 Recomendaciones.....	84
Referencias.....	85
Anexos	88

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Listado de algunos métodos de remediación de las amenazas por deslizamiento (Suarez Diaz, 2013).....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 2. Restricciones del muro en base a su altura (Antúnez & Stein, 2016).</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 3. Formas comunes de aplicación en muros de llantas (Antúnez & Stein, 2016).</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 4. Variación de K_a Rankine (Das, 2012).</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 5. Movimiento tolerable del muro para condición pasiva (Das, 2012).</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 6. Variación del K_p de Rankine (Das, 2012).</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 07 Especificaciones Técnicas Boquillas de rociadores serie VAN 12.</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 08 Recomendaciones para cimentación compleja (Antúnez & Stein, 2016).</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 09 Operacionalización de variables.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 10 Diseño en bloques aleatorios para determinar los desplazamientos Δx en mm.</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 11 Pesos de los neumáticos rellenos.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 12 Resultados de desplazamientos horizontales en el muro Δx mm.</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 13 Ubicación en el muro de las alturas de relleno.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 14 Resultados de los momentos resistentes MR.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 15 Análisis de varianza del experimento.</i>	<i>79</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Falla a través de un coluvión (Suarez, 2014).</i>	22
<i>Figura 2. Nomenclatura talud artificial (corte – relleno) (Suarez, 2014).</i>	23
<i>Figura 3. Nomenclatura talud natural (Suarez, 2014).</i>	23
<i>Figura 4. Nomenclatura de un deslizamiento (Suarez, 2014).</i>	25
<i>Figura 5. Deslizamiento rotacional en laderas (Suarez, 2014).</i>	28
<i>Figura 6. Deslizamiento traslacional en la vía Tijuana - ensenada en México (Suarez, 2014).</i> .	29
<i>Figura 7. Tipos de estructuras ancladas (Suarez Diaz, 2013).</i>	31
<i>Figura 8. Tipos de estructuras enterradas (Suarez Diaz, 2013).</i>	31
<i>Figura 9. Tipos de muros rígidos (Suarez Diaz, 2013).</i>	32
<i>Figura 10. Tipos de Muros Flexibles (Suarez Diaz, 2013).</i>	33
<i>Figura 11. Esquema de muro con llantas planteado por Hausmann (Suarez Diaz, 2013).</i>	34
<i>Figura 12. Partes de un muro Pneusol (Antúñez & Stein, 2016)</i>	35
<i>Figura 13. Revisión por a) Volcamiento b) Deslizamiento c) Capacidad de soporte (Das, 2012).</i>	37
<i>Figura 14. Presión lateral de la tierra sobre un muro de contención (Das, 2012).</i>	40
<i>Figura 15. Presión lateral de tierra en reposo, donde $q=0$ y $u=0$ (Das, 2012).</i>	42
<i>Figura 16. Presión lateral de tierra en reposo con nivel freático a una profundidad $z<H$ (Das, 2012).</i>	43
<i>Figura 17. Presión activa de rankine (Das, 2012).</i>	44
<i>Figura 18. Presión pasiva de Rankine (Das, 2012).</i>	47
<i>Figura 19. Neumáticos Convencionales (CONAE, 2012).</i>	52
<i>Figura 20. Neumáticos Radiales (CONAE, 2012).</i>	52

<i>Figura 21. Nomenclatura de Neumáticos (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).</i>	53
<i>Figura 22. Ciclo de vida de los Neumáticos (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).</i>	54
<i>Figura 23. Ubicacion del Proyecto.</i>	56
<i>Figura 24. Mapa vulnerabilidad frente a ocurrencia de deslizamientos.</i>	57
<i>Figura 25. Procedimiento de la ejecución del Proyecto.</i>	61
<i>Figura 26. Distribución de los puntos de verificación de desplazamientos.</i>	63
<i>Figura 27. Ancho del neumático radial 235/75 R 17.5.</i>	68
<i>Figura 28. Cimentación compleja y drenaje interno del muro.</i>	69
<i>Figura 29. Amarre entre neumáticos con alambre galvanizado #12.</i>	69
<i>Figura 30. Pesada de los neumáticos rellenos #01 y #02.</i>	70
<i>Figura 31. Pesada de los neumáticos rellenos #03 y #04.</i>	70
<i>Figura 32. Boquilla VAN 12 – ½” (RaindBird, 2018).</i>	71
<i>Figura 33. Saturación del Relleno durante 5 horas.</i>	71
<i>Figura 34. El milímetro unidad de cómo se mide la lluvia que llega al suelo, Organización Meteorológica Mundial - OMM.</i>	72
<i>Figura 35. Elaboración del Pluviómetro casero.</i>	72
<i>Figura 36. Datos para el cálculo de los factores de seguridad.</i>	74

Índice de Gráficos

<i>Gráfico 1 Test de normalidad de datos.....</i>	<i>78</i>
<i>Gráfico 2 Análisis de varianza para el tratamiento.</i>	<i>79</i>
<i>Gráfico 3 Análisis de varianza para los Bloques.</i>	<i>80</i>
<i>Gráfico 4 Medianas para el bloque “alturas de relleno”</i>	<i>81</i>

Índice de Anexos

<i>Anexo 1 Resultados de laboratorio requeridos.</i>	<i>88</i>
<i>Anexo 2 Datos topográficos para verificación de desplazamientos en el muro.....</i>	<i>99</i>
<i>Anexo 3 Autorización de las autoridades.</i>	<i>102</i>
<i>Anexo 4 Ocurrencia de deslizamientos en el CP Udima.</i>	<i>103</i>
<i>Anexo 5 Construcción del muro Pneusol tipo Lighweigt.....</i>	<i>104</i>
<i>Anexo 6 Toma de datos con equipo topográfico.....</i>	<i>105</i>
<i>Anexo 7 Saturación del relleno.....</i>	<i>107</i>
<i>Anexo 8 Toma de muestras para laboratorio</i>	<i>108</i>
<i>Anexo 9 Desarrollo de los ensayos de laboratorio.....</i>	<i>109</i>
<i>Anexo 10 Mapa de ubicación del proyecto.....</i>	<i>110</i>

Símbolos Usados

kN = kilonewton

m³ = metro cúbico

m² = metro cuadrado

m = metro

Ø = ángulo de fricción

C = cohesión

FS = factor de seguridad

RA = región de aceptación

RR = región de rechazo

$\sum M_R$ = sumatoria de momentos resistentes

$\sum M_O$ = sumatoria de momentos actuantes

$\sum F_{Rt}$ = suma las fuerzas horizontales resistentes.

$\sum M_d$ = suma las fuerzas horizontales de empuje.

Δ_x = desplazamiento horizontal

Resumen

El Centro Poblado Udima en los meses de intensas precipitaciones presenta ocurrencia de deslizamientos los cuales a su paso dejan viviendas afectadas y personas damnificadas, por ello la presente investigación evalúa la estabilidad del muro pneusol tipo lighweigt como técnica de remediación frente a deslizamientos en depósitos coluviales del CP. Udima – Región Cajamarca. Para ello se construyó el muro con 0.83m de ancho, 1.6m de alto y 7.50m de largo y su respectivo relleno. Se sometió al relleno a tres tiempos de saturación logrando una saturación mayor al 90%.

Con los resultados de los ensayos de laboratorio se obtuvo los siguientes parámetros: Peso específico saturado del relleno (17.55 kN/m^3), ángulo de fricción del relleno (16°), cohesión del relleno (21.57 kN/m^3), peso específico del suelo de cimentación (16.86 kN/m^3), ángulo de fricción del suelo de cimentación (15.8°) y cohesión del suelo de cimentación (22.56 kN/m^3); con dichos valores el factor de seguridad al volteo resultó mayor a 3, el factor de seguridad al deslizamiento resultó mayor a 1.5 y el factor por capacidad de soporte mayor a 3.

Con la ayuda de una estación total se verifico los desplazamientos en el muro en veinte puntos de control, teniendo como resultado un desplazamiento horizontal Δ_x menor a 1.2mm.

Debido a la presunción de que podría haber variabilidad de una altura de relleno a otra se realizó el análisis estadístico utilizando un diseño en bloques completamente aleatorios. Dicho análisis demostró que los tiempos de saturación no influyen significativamente en los desplazamientos del muro, además que los desplazamientos del muro en sus distintas alturas no varían al efecto de los tiempos de saturación.

Palabras Claves: Pneusol, Ligweigt, volteo, deslizamiento, capacidad de soporte.

Abstract

The Centro Poblado Udimá in the months of intense rainfall has the occurrence of landslides which in its wake leave affected homes and people affected, so this research evaluates the stability of the lightweight-type pneusol wall as a technique of remediation against landslides in storm deposits of the CP. Udimá – Cajamarca Region. To do this, the wall was built 0.83m wide, 1.6m high and 7.50m long and its respective filling. It underwent the filling at three saturation times achieving a saturation greater than 90%.

The results of the laboratory tests obtained the following parameters: Specific saturated filler weight (17.55 kN/m^3), filler friction angle (16°), filler cohesion (21.57 kN/m^3), friction angle of the foundation floor (15.8°) and cohesion of the foundation floor (22.56 kN/m^3); with these values the safety factor at flipping was greater than 3, the slip safety factor was greater than 1.5 and the factor by support capacity greater than 3.

With the help of a total station, the movements on the wall were poured into twenty control points, resulting in a horizontal displacement Δ_x less than 6mm.

Due to the presumption that there might be variability from one fill height to another, statistical analysis was performed using a completely random block design. This analysis showed that saturation times do not significantly influence wall displacements, and the offsets of the wall at its different heights do not vary to the effect of saturation times.

Keywords: Pneusol, Lightweight, flipping, sliding, support capacity.

Capítulo I. Problema

1.1 Identificación del problema

Los deslizamientos son un peligro geológico latente que han generado innumerables pérdidas humanas y materiales, en el Perú el INDECI a través de su oficina de Estadística y Telemática registró para el periodo 2003-2009 un total de 61 personas fallecidas, 2611 viviendas destruidas, 13065 personas damnificadas y 146 527 personas afectadas (MINAN, 2015). Cabe resaltar que este peligro concurrente en la cordillera occidental del Perú, especialmente en las regiones de Cajamarca, la Libertad, Áncash, lima y el noroeste de Huancavelica, tiene como detonante principal a las intensas precipitaciones pluviales (PCM, 2019).

El CENEPRED a través del Sistema de Información de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación (SIMSE) en su pronóstico de lluvias del 25 – 28 de diciembre del 2018, determinó un nivel de riesgo muy alto para determinadas zonas de la región Cajamarca, entre las cuales se encuentra el CP. Udimá (CENEPRED, 2019). Lamentablemente las autoridades y la población local no adoptaron medidas de prevención, por ende, ocurrieron los deslizamientos. Como consecuencia de ello aproximadamente el 15% de viviendas quedaron afectadas, más de 60 personas damnificadas y taludes inestables exponiendo a un 60% de la población a posibles deslizamientos.

Para Suarez (2014) los suelos coluviales resultan muy susceptibles a los deslizamientos ya que son producto de desprendimiento o desplazamiento de roca o suelo. En el CP Udimá el 70% de las viviendas se encuentran posicionadas sobre depósitos coluviales procedente de la unidad estratigráfica de Huambos (Wilson, INGEMET, & Guevara, 2015) lo cual confirma el peligro geológico al cual está expuesto este centro poblado.

A través del tiempo, muchos países han venido implementando distintas soluciones al problema de la inestabilidad de taludes; las estructuras de contención y en específico el muro de gravedad tipo PNEUSOL es una de ellas. Una investigación realizada en Rio de Janeiro pudo demostrar que el Muro PNEUSOL o Muro con neumáticos, es eficaz, de fácil ejecución y tiene costo bajo en relación a las técnicas convencionales de estabilización de taludes (Sieira, Sayão, Medeiros, & Gerscovich, 2013).

Al estudiar la inestabilidad de un talud, se pretende diseñar y comprobar medidas correctivas suficientes para mitigar los riesgos y peligros que esté presente (Suarez Diaz, 2013). Por lo tanto, la presente investigación pretende dar solución al problema “deslizamiento de taludes inestables en depósitos coluviales del CP. Udimá - región Cajamarca”.

1.2 Justificación

Los muros de retención deben estar lo suficientemente seguros contra un volcamiento, deslizamiento y presiones que superen la capacidad de soporte de su suelo de cimentación (Suarez Diaz, 2013); este país carece de un estudio que corrobore el cumplimiento de estos parámetros en un muro tipo PNEUSOL, motivó más que suficiente para el desarrollo de esta investigación.

Así mismo, el CP. Udimá es una localidad donde la mayoría de su población habita en condiciones de pobreza y extrema pobreza (Ramirez, 2016); por lo tanto, un muro pneusol resulta una técnica pertinente para remediar deslizamientos en estas zonas vulnerables; ya que, su construcción no requiere mano especializada y tiene un costo económico bajo comparado a otros muros de retención.

1.3 Presuposición filosófica

El conocimiento a lo largo de la historia de la humanidad se ha visto ligado a desigualdades, exclusiones y conflictos sociales (Portafolio, 2017), por lo cual difundir y realizar investigaciones en las profundidades del territorio peruano resulta un reto muy importante.

La Biblia en Deuteronomio 15:11, ordena a la humanidad entera colaborar en tu lugar de origen con el necesitado y el pobre según las posibilidades y lo que esté al alcance de la mano. En ese sentido, las investigaciones que busquen mejorar su calidad de vida de estas personas, resultarían una forma de cumplir con esa ordenanza.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la estabilidad del muro pneusol tipo lighweigt como técnica de remediación frente a deslizamientos en depósitos coluviales del CP. Udimá – Región Cajamarca 2019.

1.4.2 Objetivos Específicos

Identificar los factores de seguridad al volcamiento, deslizamiento y capacidad de soporte del muro pneusol tipo lighweigt frente a suelo saturado en depósitos coluviales del CP. Udimá – Región Cajamarca 2019.

Analizar el efecto de los tres tiempos de saturación sobre los desplazamientos del muro pneusol tipo lighweigt en depósitos coluviales del CP. Udimá – Región Cajamarca 2019.

Capítulo II Revisión de la Literatura

2.1 Antecedentes

Entre las investigaciones realizadas a nivel internacional sobre el uso de muro PNESUOL para estabilizar taludes, se muestran las siguientes:

Rodríguez (2016) en su investigación “Estandarización de técnicas de diseño y construcción de muros de tierra reforzada con llantas de desecho”, realizó la construcción de un equipo de corte directo a gran escala determinando el ángulo de fricción y cohesión del contacto entre capas de material del relleno y la llanta de desecho. Según los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que el incremento en las propiedades mecánicas del material suelo-llanta es favorable para el diseño de los muros y no requiere el uso de muchos conectores para aumentar la resistencia al corte del sistema analizado, por consiguiente, permite que estos muros resulten económicamente viables.

Criollo y León (2017) en su tesis “construcción y análisis de un modelo experimental de muro de contención, fabricado con llantas recicladas usando suelo in situ”, tomaron como base una relación causa-efecto para construir un muro con llantas sometiendo a cargas del propio relleno y cargas externas (causas) con la finalidad de simular empuje lateral sobre este y posteriormente medir el efecto (desplazamientos) para lo cual hicieron uso de una estación total. Con los resultados de dicho experimento, llegaron a la conclusión que el muro construido es inestable ante las cargas actuantes debido al bajo peso específico del suelo insitu, por lo tanto, para garantizar su estabilidad se debería usar suelo-cemento o un relleno granular al interior de las llantas.

Escobar (2017) en su investigación “evaluación de la alternativa para la estabilización de taludes mediante la implementación de llantas en la montaña la ponderosa”, realizó un diseño de muro con llantas según la metodología de un gavión, para lo cual concluyó que las estructuras formadas con gaviones debido a su flexibilidad, durabilidad y economía resultan una solución confiable y efectiva para la estabilización de taludes.

Torres (2016) en su tesis “estabilización de taludes con neumáticos usados”, realizó una revisión a los métodos de estabilización de taludes con neumáticos, en dicha revisión encontró que al cortarles una cara lateral a los neumáticos, permite una mejor compactación al momento de rellenarlos, por consiguiente son más efectivos que aquellos que tenían las dos caras. Los resultados para los factores de seguridad al deslizamiento, volteo y capacidad de soporte cumplen en ambos casos.

Sieira, Sayão, V. de Medeiros y Gerscovich (2013), en su investigación “estabilización de taludes con muros de neumáticos”, realizaron la construcción de un muro con 60m de longitud y 4m de altura donde los neumáticos eran atados con cuerda de polipropileno o alambre. Según los resultados de la comparación entre estos dos tipos de atados, el atado con alambre obtuvo una rigidez ($E=3.0$ MPa) mayor con relación al atado con cuerda ($E=2.5$ MPa). Además, demostraron que la técnica es efectiva, fácil de ejecutar y tiene un costo bajo en comparación a las técnicas comunes de estabilización de taludes.

Barón y Sánchez (2006) en su investigación “Estabilización de taludes por medio de muros de llantas en el barrio la capilla-Soacha Cundinamarca”, realizaron un modelamiento del muro con llantas para tener la certeza de poder implementarlo. Según los resultados obtenidos llegaron a la conclusión que están presentando un diseño de estabilización de taludes que compite técnicamente con las obras civiles comúnmente utilizadas.

2.2 Suelos coluviales

Los depósitos de laderas coluviales o también llamados coluviones son producto de desprendimientos y deslizamientos de rocas o suelos. Un coluvión normalmente está constituido por pequeñas partículas de arcilla hasta rocas de varios metros de diámetro, se ubica en la parte baja de los valles o a la mitad de un talud formando superficies de topografía ondulada, su espesor varía desde unos centímetros a capas de más de 20 metros, este tipo de material usualmente se encuentra muy propenso a los deslizamientos en masa (Suarez, 2014).

Para Bates y Jackson (1980) el coluvión es una masa de materiales sueltos y heterogéneos que han sido depositados en la base de las laderas por efectos del lavado de la lluvia, reptación o deslizamientos (Suarez, 2014).

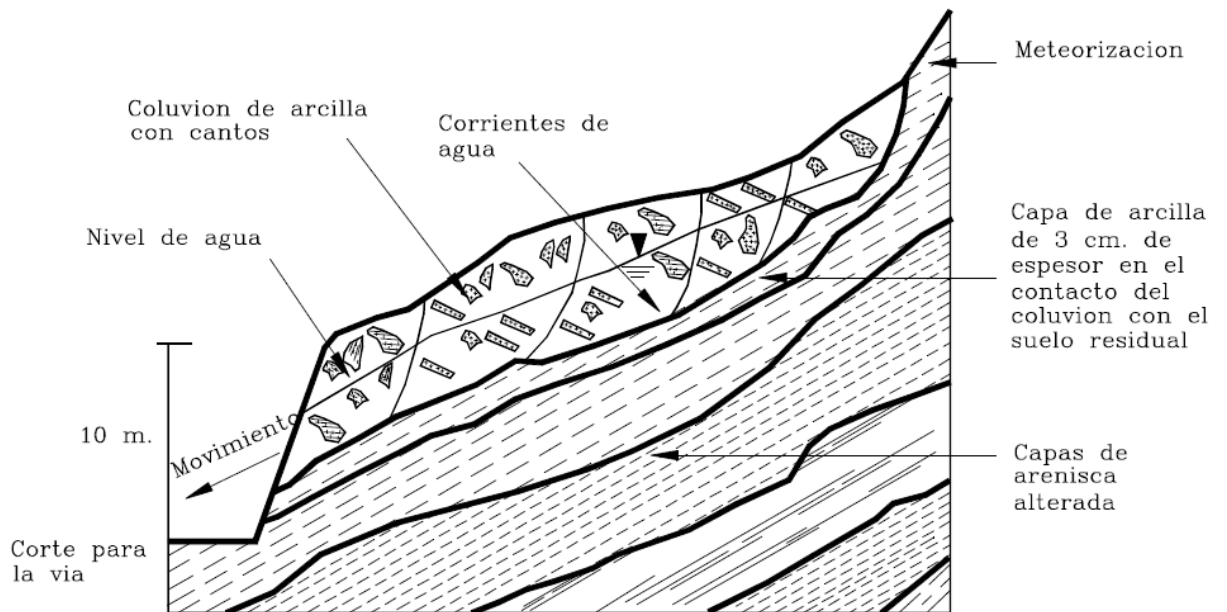


Figura 1. Falla a través de un coluvión (Suarez, 2014).

2.3 Estabilidad de Taludes

2.3.1 Talud

Un talud es una masa de suelo con determina pendiente significativa producto de un proceso ya sea natural (ladera) o artificial (talud). En las figuras 2 y 3 se puede observar las partes básicas de un talud según su origen (Suarez, 2014).

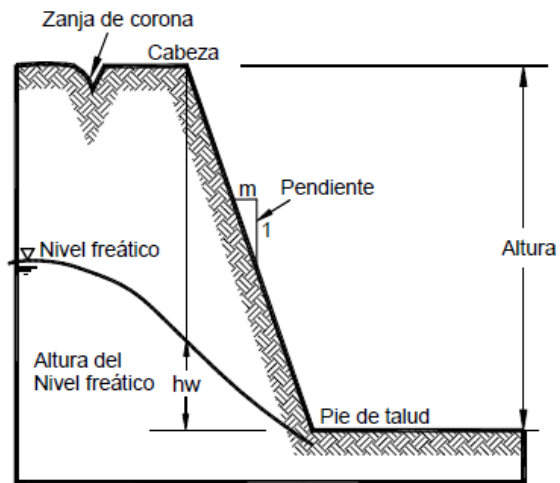


Figura 2. Nomenclatura talud artificial (corte – relleno) (Suarez, 2014).

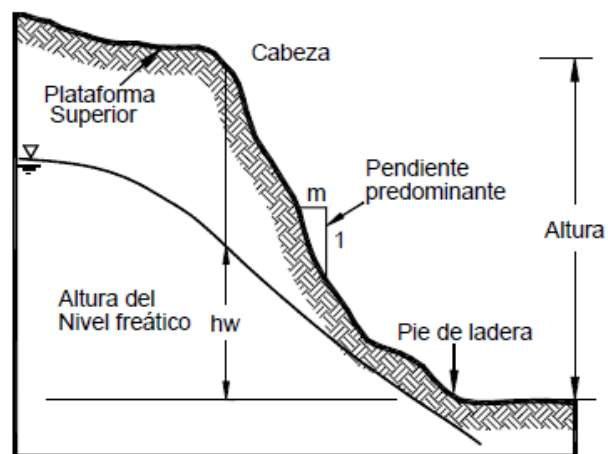


Figura 3. Nomenclatura talud natural (Suarez, 2014).

Altura: distancia correspondiente desde el pie hasta la cabeza, su medición resulta un tanto difícil en los de origen natural.

Pie: punto ubicado en la parte inferior del talud donde la pendiente cambia significativamente.

Cabeza: punto ubicado en la parte superior del talud donde la pendiente cambia significativamente.

Altura del nivel freático: Distancia entre el pie del talud y el nivel del agua en dirección hacia la cabeza.

Pendiente: Es la inclinación del talud, se obtiene de la división entre la altura y la distancia horizontal medida desde la cabeza hasta el pie, se puede expresar en valor porcentual %.

Muchas de las laderas que se han mantenido permanentemente estables durante décadas pueden fallar de forma sorpresiva debido a diversos cambios físicos, meteorológicos o por factores humanos que cambien su estado natural. Es decir, un talud estable puede convertirse en un “deslizamiento” (Suarez, 2014).

2.3.2 Deslizamientos

Es un movimiento que desplaza masa(s) de suelo a lo largo de una o varias superficies de falla de manera progresiva, estos movimientos pueden ocurrir debido a procesos naturales o artificiales (cortes, rellenos, deforestación) (Suarez, 2014).

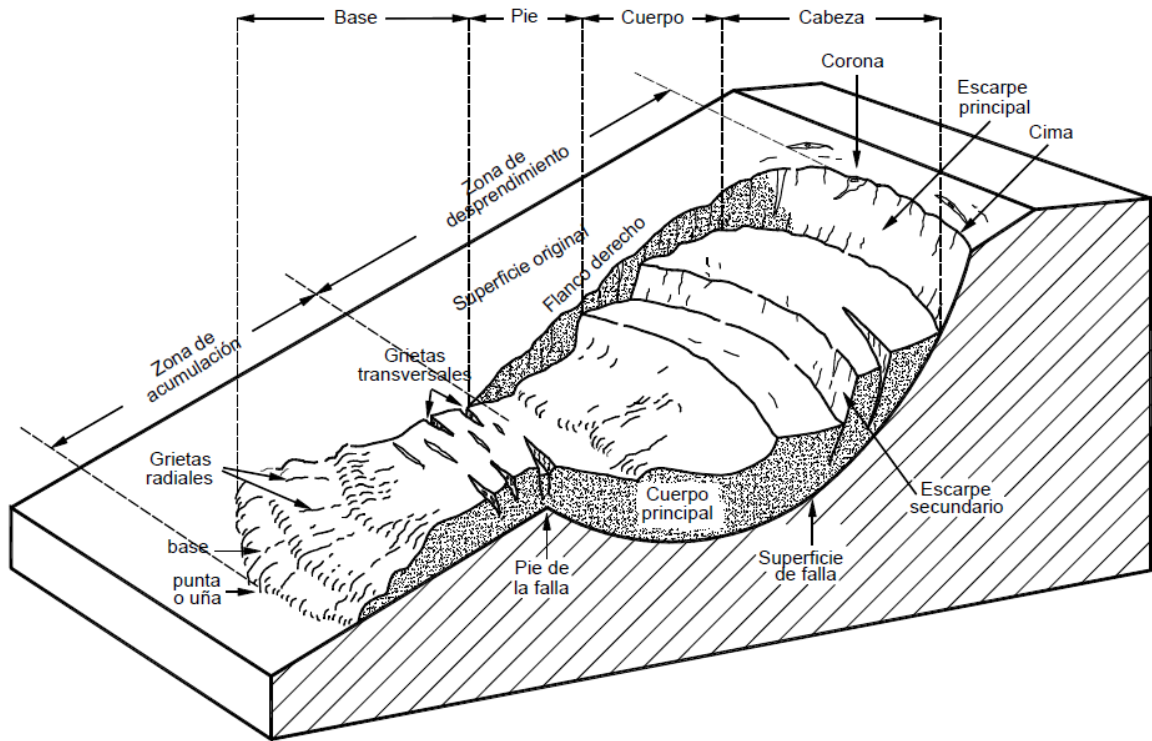


Figura 4. Nomenclatura de un deslizamiento (Suarez, 2014).

Escarpe Principal: Superficie inclinada originada por el desplazamiento de la masa fuera de su posición original, se ubicada en la parte superior perimetral de la masa en movimiento.

Escarpe Secundario: Superficie inclinada producto de desplazamientos dentro de la masa en movimiento.

Cabeza: Es la parte superior de la masa en movimiento que limita con el escarpe principal.

Cima: Punto de encuentro más alto entre el escarpe principal y la masa en movimiento, es decir el punto más alto de la cabeza.

Corona: Material que no fue arrastrado por la masa en movimiento y limita con la parte superior del escarpe principal.

Superficie de falla: Superficie que diferencia y delimita la masa en movimiento del suelo inalterado.

Pie de la superficie de falla: Línea de contacto entre la parte inferior de la masa en movimiento y el terreno inalterado, también delimita la zona de desprendimiento de la zona de acumulación.

Base: Zona por debajo de pie de la superficie de falla donde se ha ubicado la masa en movimiento.

Punta o ña: Punto más lejano entre la cima y la base.

Costado o flanco: Superficie a un lado de la masa en movimiento (derecha e izquierda).

Superficie original del terreno: Superficie existente antes de que ocurra el deslizamiento.

2.3.3 Tipos de deslizamientos

Los deslizamientos responden a dos tipos: los rotacionales y los traslacionales o planares. Saber reconocer los tipos de deslizamientos permitirá definir con claridad el tipo de estabilización a utilizar en cada caso (Suarez, 2014).

2.3.3.1 Deslizamientos rotacionales

En este deslizamiento el movimiento es rotacional respecto al eje de la superficie de falla y transversal a la masa alterada, esta superficie de falla se genera por una curva convexa en forma de “cuchara” cuyo centro de giro se ubica por sobre el centro de gravedad del cuerpo en movimiento. Usualmente el escarpe principal adopta una pendiente semivertical facilitando posibles movimientos retrogresivos (Suarez, 2014).

Los deslizamientos rotacionales comúnmente se desarrollan en suelos arcillosos blandos que presentan un perfil profundo, así mismo en suelos residuales con perfiles meteorizados (Suarez, 2014).

Skemton y Hutchison (1969) determinaron una relación D_r/L_r entre 0.15 y 0.33 para los deslizamientos rotacionales (Suarez, 2014).

Donde:

D_r = Profundidad máxima de la superficie de falla medido perpendicularmente desde la superficie original.

L_r = mínima distancia que se puede alcanzar desde la corona hasta el pie de la superficie de falla.

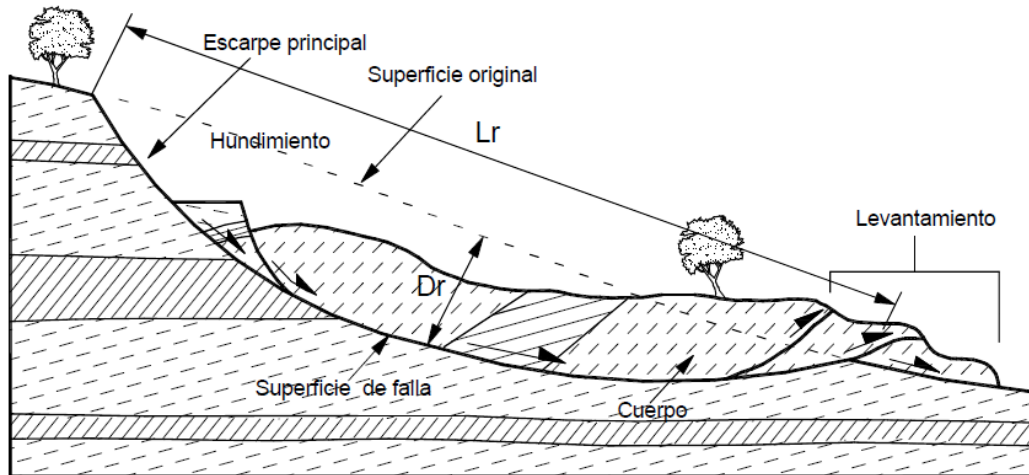


Figura 5. Deslizamiento rotacional en laderas (Suarez, 2014).

Es importante señalar que los deslizamientos estrictamente rotacionales se dan en suelos homogéneos y debido a las facilidades que presenta son el tipo de deslizamientos más estudiados (Suarez, 2014).

2.3.3.2 Deslizamientos traslacionales o planares

En este tipo de deslizamientos las masas se desplazan hacia afuera o hacia abajo sobre la superficie de falla, esta superficie tiene forma un poco plana y levemente ondulada, aquí los movimientos de rotación y volteo son casi nulos. La relación Dr/Lr es menor a 0.1 (Suarez, 2014).

En los suelos residuales los deslizamientos traslacionales son acelerados y pueden desencadenar flujos (Suarez, 2014).

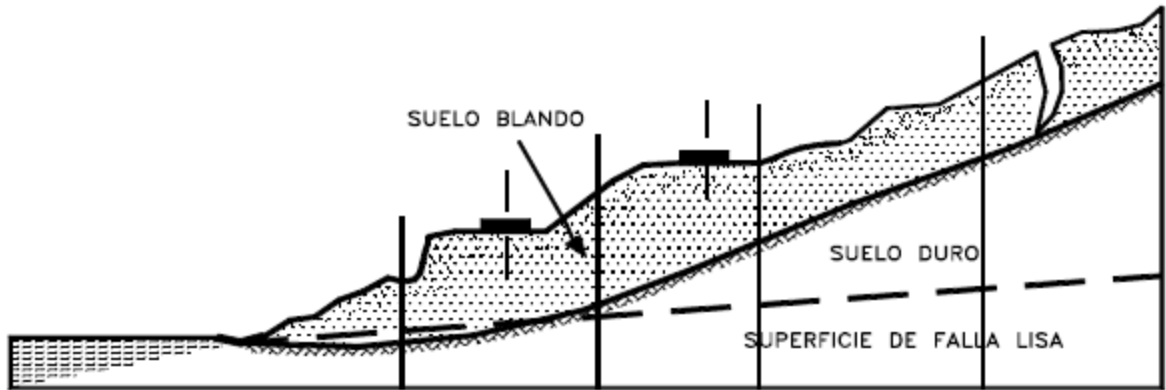


Figura 6. Deslizamiento traslacional en la vía Tijuana - ensenada en México (Suarez, 2014).

En los deslizamientos rotacionales la masa en movimiento pretende auto-estabilizarse, entre tanto en los traslacionales, se desarrolla sin dificultad a lo largo de la ladera (Suarez, 2014).

2.3.4 Sistemas de remediación en deslizamientos.

Según el análisis del talud, el mecanismo de falla, los riesgos y peligros que el problema presente, existen diversos métodos para resolverlo. La técnica que se use dependerá mucho de factores técnicos, sociales, económicos y políticos (Suarez Diaz, 2013).

Suarez (2013) muestra alternativas generales de sistemas de remediación tales como:

- Prevenir para evitar que ocurra la amenaza.
- Eludir la amenaza para evitar que ésta genere riesgos.
- Controlar los movimientos para disminuir la vulnerabilidad.
- Estabilización para disminuir la probabilidad de ocurrencia de la amenaza aumentando el factor de seguridad.

2.3.5 Métodos de estabilización

Los métodos de estabilización de taludes se dividen en dos grandes grupos, los que están llamados a reducir las fuerzas actuantes y los llamados a incrementar las fuerzas resistentes. En algunos casos será necesario utilizar una combinación de ambos debido a la complejidad del problema (Suarez Diaz, 2013).

Tabla 1. Listado de algunos métodos de remediación de las amenazas por deslizamiento
(Suarez Diaz, 2013)

Sistema de Remediación	Opciones de algunos métodos Específicos
Prevención de la amenaza o el riesgo	Concientización de la comunidad Aviso o alarma Normas y códigos técnicos
Elusión del problema	Relocalización de la obra Remoción de los materiales inestables Instalación de un puente o un túnel Construir variantes
Reducción de las fuerzas actuantes	Cambio del alineamiento para disminuir las alturas Conformación de la superficie del terreno Drenaje de la superficie Drenaje internamente Reducción del peso del material
Incremento de las fuerzas resistentes	Colocación de un contrapeso Construcción de estructuras de contención Colocación de llaves de cortante en la superficie de falla
Aumento de la resistencia del suelo	Tratamiento químico (inyecciones) Tratamiento térmico Compactación profunda Columnas de Piedra

2.3.6 Estructuras de Contención

Tienen como objetivo colocar fuerzas adicionales que sumen a las fuerzas resistentes sin disminuir las actuantes. Las estructuras de gravedad, estructuras ancladas y estructuras enterradas son los tipos de estructuras de contención existentes (Suarez Diaz, 2013).

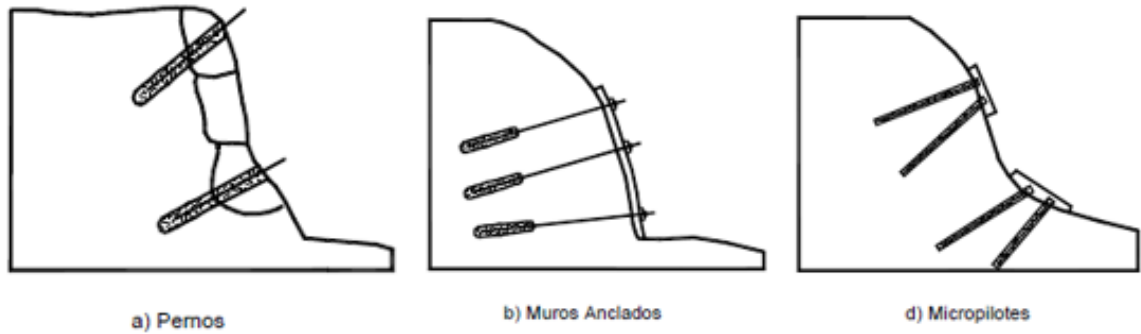


Figura 7. Tipos de estructuras ancladas (Suarez Diaz, 2013).

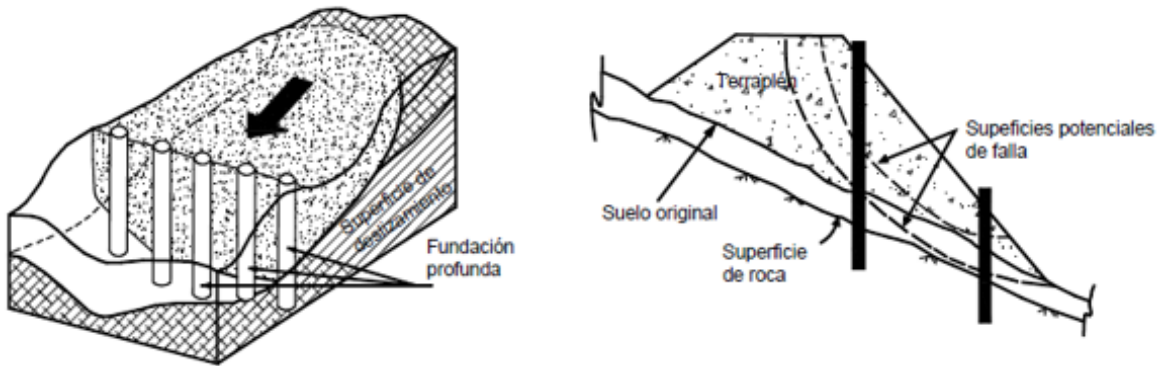


Figura 8. Tipos de estructuras enterradas (Suarez Diaz, 2013).

2.3.7 Estructuras de Contención de gravedad

Los muros de gravedad son estructuras pasivas capaces de soportar por la acción de su propio peso cargas laterales de los suelos con tendencia a moverse. Comúnmente se utilizan para prevenir y solucionar problemas de deslizamientos (Suarez Diaz, 2013).

Los muros de gravedad se subdividen en muros rígidos y muros flexibles.

2.3.7.1 Muros de gravedad rígidos

Se les considera rígidos porque no permiten fuertes deformaciones antes de romperse. Son eficaces para estabilizar en los deslizamientos de traslación, sin embargo, resultan un fracaso al intentar contener desplazamientos rotacionales (Suarez Diaz, 2013).

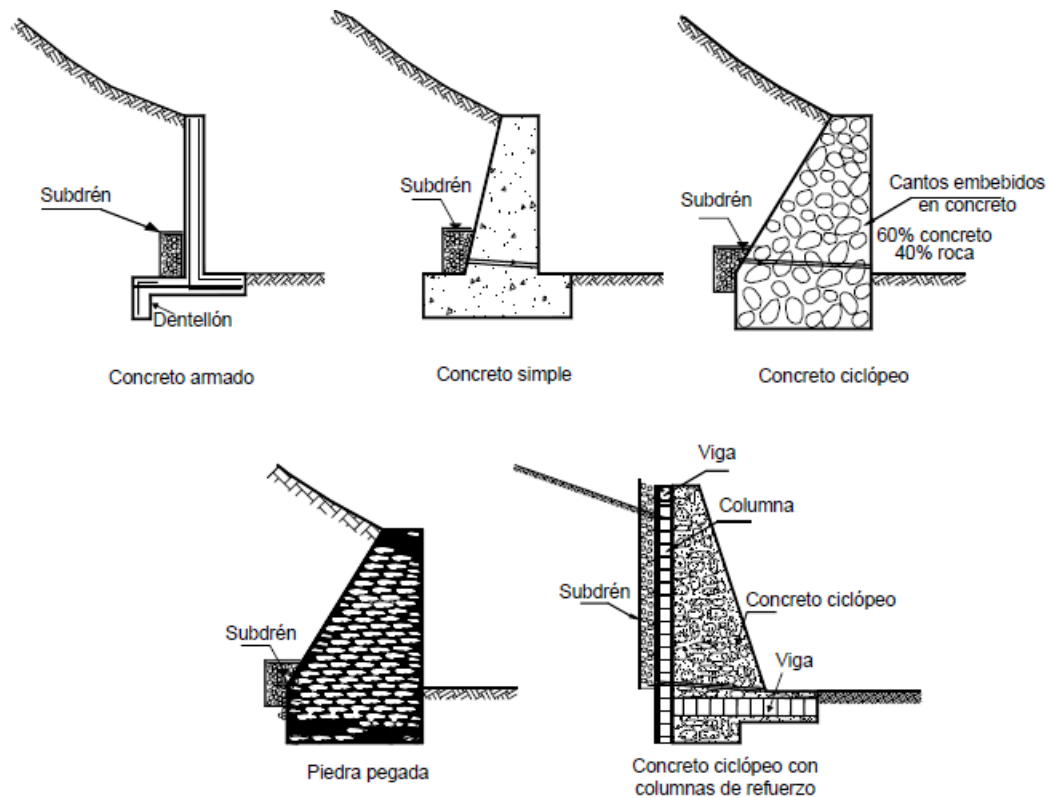


Figura 9. Tipos de muros rígidos (Suarez Diaz, 2013).

2.3.7.2 Muros de Gravedad Flexibles

Son muros capaces de amoldarse a los movimientos del suelo, cuando entran en contacto con las presiones de tierra se deforman con facilidad. Su eficacia depende de su peso y la suficiencia de soportar deformaciones notables sin romperse (Suarez Diaz, 2013).

Entre los muros flexibles tenemos: Gaviones, criba, llantas (pneusol), bolsacreto, enrocados, etc.

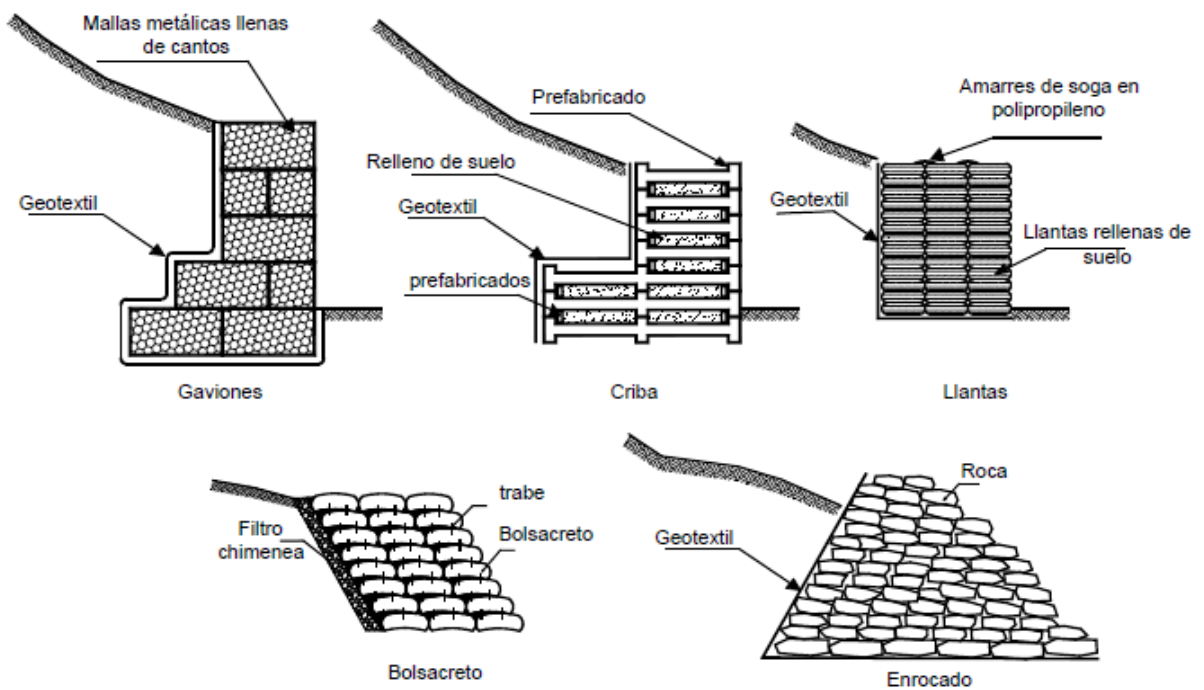


Figura 10. Tipos de Muros Flexibles (Suarez Diaz, 2013)

2.4 Muro de llantas usadas (Pneusol)

Los muros pneusol consiste en rellenar con suelo los neumáticos usados, unirlos entre sí y apilar continuamente hasta alcanzar la altura requerida (Suarez Diaz, 2013). El atado de los neumáticos puede ser con cuerda de polipropileno o alambre, considerando que este último da mayor rigidez al muro (Sieira, Sayão, Medeiros, & Gerscovich, 2013).

Hausmann (1990) planteo un esquema de un muro con llantas usadas que se muestra en la figura 11.

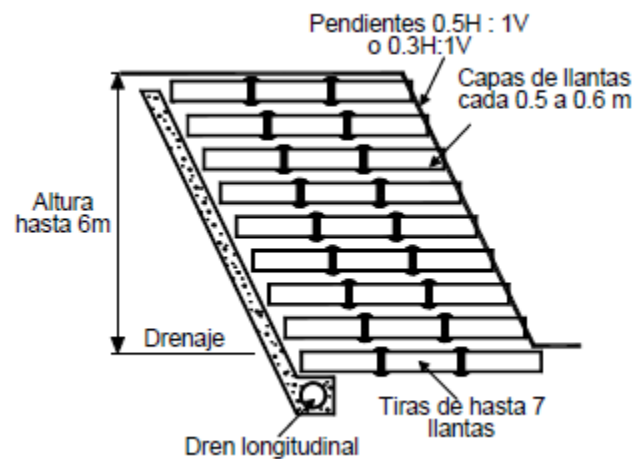


Figura 11. Esquema de muro con llantas planteado por Hausmann (Suarez Diaz, 2013).

Los muros Pneusol se distingues en dos grupos:

Pneusol Lighweigt: también llamados de peso ligero, en estos muros se usan los neumáticos enteros (Torres, 2016).

Pneusol heavy: también llamados pesados, a diferencia de los ligeros aquí a los neumáticos se les corta una de sus caras laterales lo cual permite más relleno, por consecuente adquieren mayor peso (Torres, 2016).

2.4.1 Partes de un muro pneusol

Un muro pneusol esencialmente está compuesto por tres partes:

Base: en esta parte se encuentra ubicada la cimentación del muro, para determinar la profundidad y el tipo, es imprescindible conocer el tipo de suelo que soportará el peso del muro (Antúnez & Stein, 2016).

Cuerpo del Muro: Está compuesto por las filas y columnas de las llantas unidas entre sí, aquí se forman las paredes interiores y exteriores las cuales retienen el talud y/o relleno (Antúnez & Stein, 2016).

Cierre: También llamado corona, está compuesto por las últimas filas de llantas que no entran en contacto con el talud o relleno, la parte superior determina la altura total del muro (Antúnez & Stein, 2016).

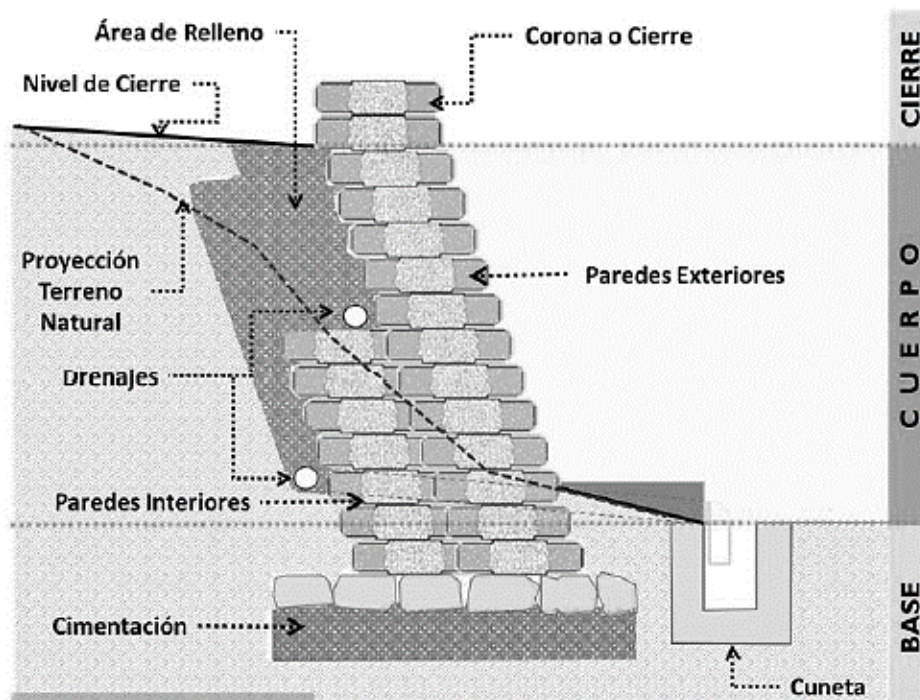


Figura 12. Partes de un muro Pneusol (Antúnez & Stein, 2016)

2.4.2 Ventajas de un muro pneusol

Esta técnica adquiere algunas ventajas que otros muros de contención no presentan.

- El muro es resistente a los empujes del terreno y se adapta con facilidad a ellos. Tiene una durabilidad y una funcionalidad alta debido a las características del material de las llantas (Antúnez & Stein, 2016).
- Su proceso de construcción resulta fácil para la población en general (Antúnez & Stein, 2016).
- Es muy resistente a las fuertes precipitaciones y al impacto de los rayos solares (Antúnez & Stein, 2016).
- Si por algún motivo presentará fallas, su reparación resulta sencillo porque se puede usar los mismos materiales del que está hecho (Antúnez & Stein, 2016).
- Por su colaboración con el reciclaje y el reúso de los neumáticos, representa una técnica amigable con el medio ambiente (Antúnez & Stein, 2016).
- Tiene un costo económico bajo en comparación a otros muros de contención. (Barón & Sánchez, 2006).

2.4.3 Consideraciones para el diseño y construcción de un muro pneusol

Suarez (2013) define algunos aspectos a considerar en el diseño de muros de contención:

- Los elementos estructurales del muro de contención deben ser capaces de soportar los esfuerzos de corte y momentos internos que generan las presiones del suelo y otras cargas.
- Garantizar que el muro estará seguro contra un posible deslizamiento, volcamiento y las presiones no deben sobrepasar la capacidad de soporte del suelo de fundación (ver figura 13).
- La presencia de presiones de agua detrás del muro debe eliminarse como posibilidad.
- Se debe cimentar al pie del talud por debajo del suelo inestable.
- Los cuerpos de agua y las lluvias son los principales detonantes para provocar erosión en los muros, por lo tanto, la protección debe realizarse por debajo y delante de este.

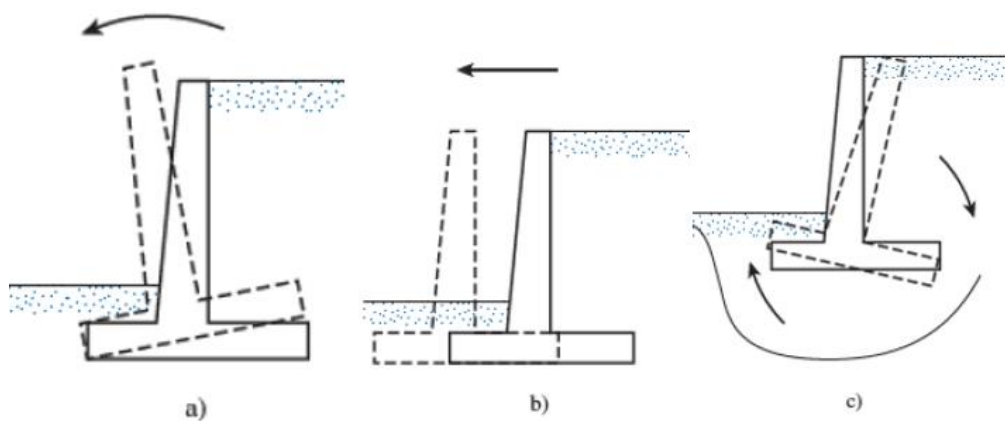


Figura 13. Revisión por a) Volcamiento b) Deslizamiento c) Capacidad de soporte (Das, 2012).

2.4.3.1 Consideraciones en base a la altura

En un muro de llantas es muy importante considerar la altura, en la tabla 2 se muestra algunas restricciones.

Tabla 2. Restricciones del muro en base a su altura (Antúnez & Stein, 2016).

Altura de muro (m)	Cimentación		Refuerzo (suelo cemento)	Drenaje	
	Simple	Compleja		Superficial	Interna
1.00 - 2.50	✓	✗	✗	✓	✗
2.50 - 4.00	✗	✓	✓	✓	✓
4.00 - 6.00	✗	✓	✓	✓	✓

Cimentación simple: con las mismas llantas se arma la cimentación.

Cimentación compleja: Compleja, necesita cimienta corrido, armado o mampostería

Refuerzo (suelo—cemento): en los muros de 2.50-4.00m se puede usar a cada cuatro o seis hiladas.


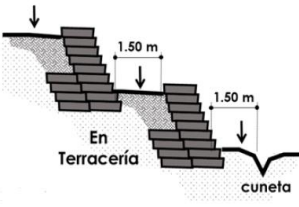




Drenaje superficial: considera realizar un trabajo en la parte superficial del muro.

Drenaje Interno: significa un drenaje francés.

2.4.3.2 Formas de colocación de muro de llantas para distintos casos

La tabla 3 muestra las formas más comunes de aplicación y colocación de muros pneusol.

Tabla 3. Formas comunes de aplicación en muros de llantas (Antúnez & Stein, 2016).

Aplicación	Observación	Aplicación	Observación
<p>1)</p>  <p>Muros al pie de viviendas</p>	<p>Entre el muro y la vivienda debe existir por lo menos 2.00m de distancia.</p>	<p>2)</p>  <p>En Terracería</p> <p>cuneta</p>	<p>Se recomienda construir de abajo hacia arriba. No se recomienda usar alturas mayores de 1.50m. Los cortes en el talud no deben de ser muy pronunciados.</p>
<p>3)</p>  <p>Muros atrás de vivienda</p>	<p>Entre el muro y la vivienda debe existir por lo menos 1.00 a 2.00m de distancia.</p>	<p>4)</p>  <p>Espacios habitables sobre el muro</p>	<p>Espacios Habitables como cocinas, salas, etc. Se debe de reforzar el muro independientemente de la altura igual que el caso #05.</p>
<p>5)</p>  <p>Para Estacionamiento</p>	<p>Entre el muro y el bordillo donde descansan las llantas del vehiculó debe haber mínimo 1.50m de distancia. Independientemente de la altura se recomienda usar refuerzo a cada 4 hiladas de llantas.</p>	<p>6)</p>  <p>Cercos o Muros sobre el Muro?</p>	<p>No hacer muros de material como ladrillo o bloque sobre el muro. Recuerda el muro de llantas se va adaptando al terreno, por lo que no se debe imponer peso sobre este. Si es necesario, la construcción de un cerco, se recomienda hacerlo detrás del muro y de madera.</p>

2.5 Presión lateral de tierras

Para poder realizar un adecuado diseño y garantizar un buen funcionamiento de los muros de contención, es necesario realizar el cálculo de la presión lateral de la tierra que este soporta (Das, 2012).

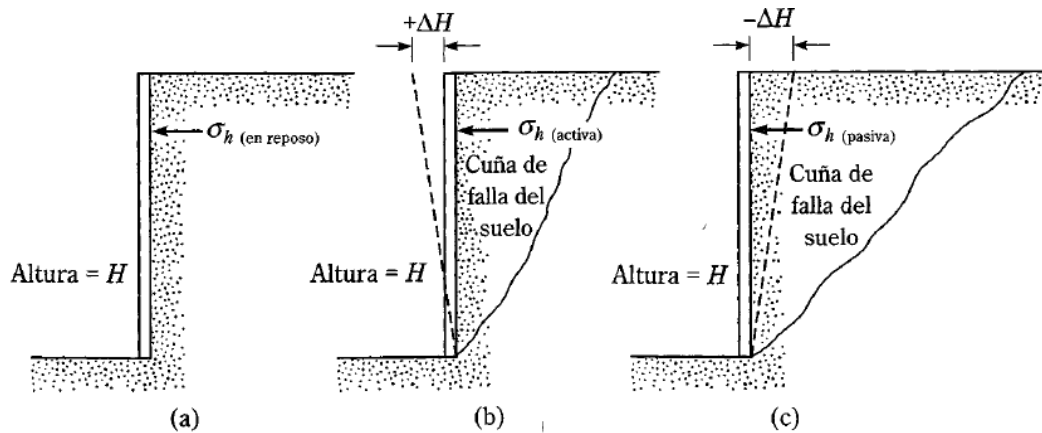


Figura 14. Presión lateral de la tierra sobre un muro de contención (Das, 2012).

2.5.1 Presión lateral de tierra en reposo

Se le llama presión de la tierra en reposo a la presión lateral de la tierra a cualquier profundidad sobre un muro restringido a movimientos (Das, 2012).

La resistencia cortante del suelo es igual a (Das, 2012):

$$s = c + \sigma' \tan \phi$$

s = resistencia cortante del suelo

c = cohesión

ϕ = ángulo de fricción

σ' = esfuerzo normal efectivo

El esfuerzo vertical a cualquier profundidad es igual a (Das, 2012):

$$\sigma_v = q + \gamma z$$

q = sobrecarga sobre el suelo

γ = peso específico del suelo

z = profundidad del suelo

La presión lateral u horizontal a cualquier profundidad será (Das, 2012):

$$\sigma_h = K_0 \sigma_v' + u$$

u = presión de poro de agua

K_0 = coeficiente de presión de tierra en reposo

Jaky (1994) determinó que para un suelo normalmente consolidado que K_0 es igual a (Das, 2012):

$$K_0 \approx 1 - \sin \phi$$

Brooker y Ireland (1965) determinaron según experiencias la siguiente relación para arcillas pre consolidadas (Das, 2012):

$$K_0 (\text{preconsolidadas}) \approx K_0 (\text{normalmente consolidadas}) \sqrt{OCR}$$

OCR = tasa de pre consolidación

Presión lateral de tierra en reposo sin sobrecarga y sin presión de poros:

Si se tiene una sobrecarga $q=0$ y la presión de poros $u=0$, la ecuación para el cálculo de presión sería (Das, 2012):

$$P_0 = P_1 + P_2 = qK_0H + \frac{1}{2}\gamma H^2 K_0$$

$P_1 = \text{área del rectángulo 1}$

$P_2 = \text{área del triángulo 2}$

La ubicación de la fuerza resultante P_0 estará dada por la siguiente ecuación:

$$z = \frac{P_1 \left(\frac{H}{2}\right) + P_2 \left(\frac{H}{3}\right)}{P_0}$$

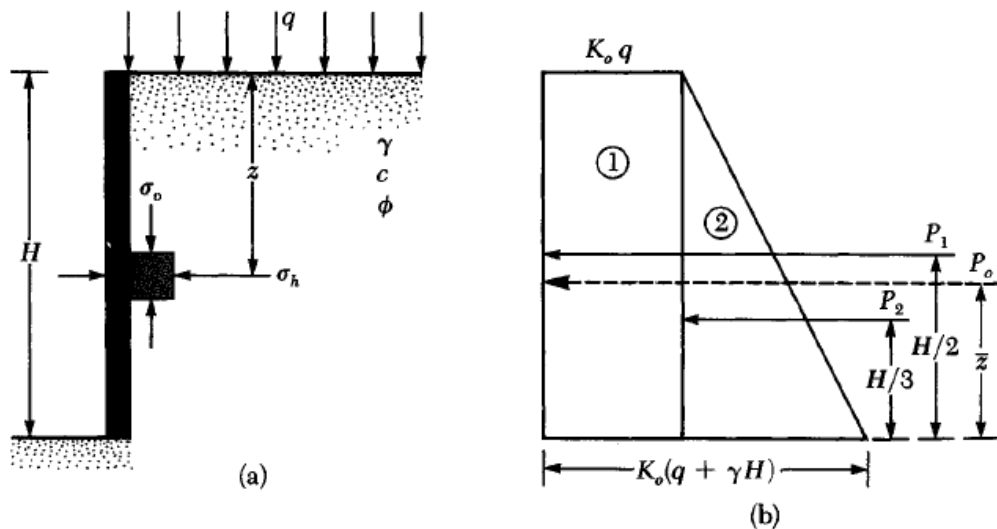


Figura 15. Presión lateral de tierra en reposo, donde $q=0$ y $u=0$ (Das, 2012).

Presión lateral de tierra en reposo cuando el nivel freático está a una profundidad $z < H$:

Cuando el nivel freático se encuentre a una profundidad $z < H$ la presión en reposo será calculada de la siguiente manera (Das, 2012):

$$P_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

A = área del diagrama de presión

Entonces P_0 será igual a:

$$P_0 = K_0 q H_1 + \frac{1}{2} K_0 \gamma H_1^2 + K_0 (q + \gamma H_1) H_2 + \frac{1}{2} K_0 \gamma' H_2^2 + \frac{1}{2} K_0 \gamma_w H_2^2$$

γ' = peso específico efectivo ($\gamma_{sat} - \gamma_w$)

γ_w = peso específico del agua

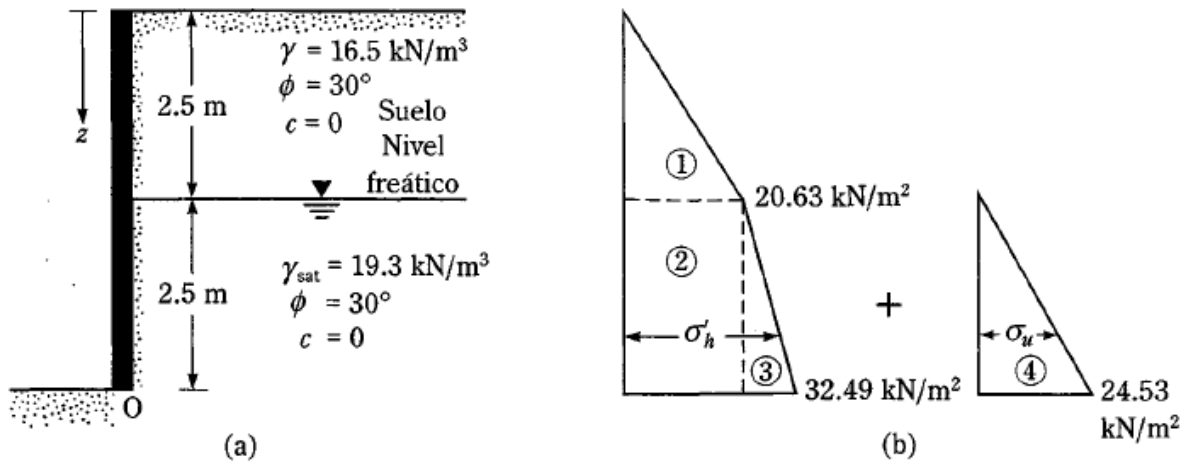


Figura 16. Presión lateral de tierra en reposo con nivel freático a una profundidad $z < H$

(Das, 2012).

Tabla 4. Variación de K_a Rankine (Das, 2012).

Ángulo de fricción ϕ de suelo (grados)	$K_a = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2})$
20	0.490
21	0.472
22	0.455
23	0.438
24	0.422
25	0.406
26	0.395
27	0.376
28	0.361
29	0.347
30	0.333
31	0.320
32	0.307
33	0.295
34	0.283
35	0.271
36	0.260
37	0.249
38	0.238
39	0.228
40	0.217
41	0.208
42	0.198
43	0.189
44	0.180
45	0.172

Un muro entra en condiciones de presión activa cuando el desplazamiento hacia afuera cumple ciertas condiciones. Para rellenos de suelo granular debe ser entre $0.001H - 0.004H$ y en rellenos de suelos cohesivos entre $0.01H - 0.04H$ (Das, 2012).

La presión activa antes de que ocurra la grieta de tensión es (Das, 2012):

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a - 2cH\sqrt{K_a}$$

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

K_a = coeficiente de presión activa de Rankine

La presión activa después de que ocurre la grieta de tensión es (Das, 2012):

$$P_a = \frac{1}{2}(H - z_c)(\gamma H K_a - 2c\sqrt{K_a})$$

$$z_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

z_c = profundidad de la grieta de tensión

2.5.3 Presión pasiva de tierra de Rankine

Cuando el muro es empujado en dirección al relleno el esfuerzo horizontal aumenta en relación al estado en reposo, si este desplazamiento Δx aumenta el esfuerzo alcanzará la envolvente de falla de Mohr-Coulomb generando una falla en el suelo detrás del muro siendo empujado hacia arriba. El esfuerzo horizontal en esta condición se le conoce como presión pasiva de Rankine (Das, 2012).

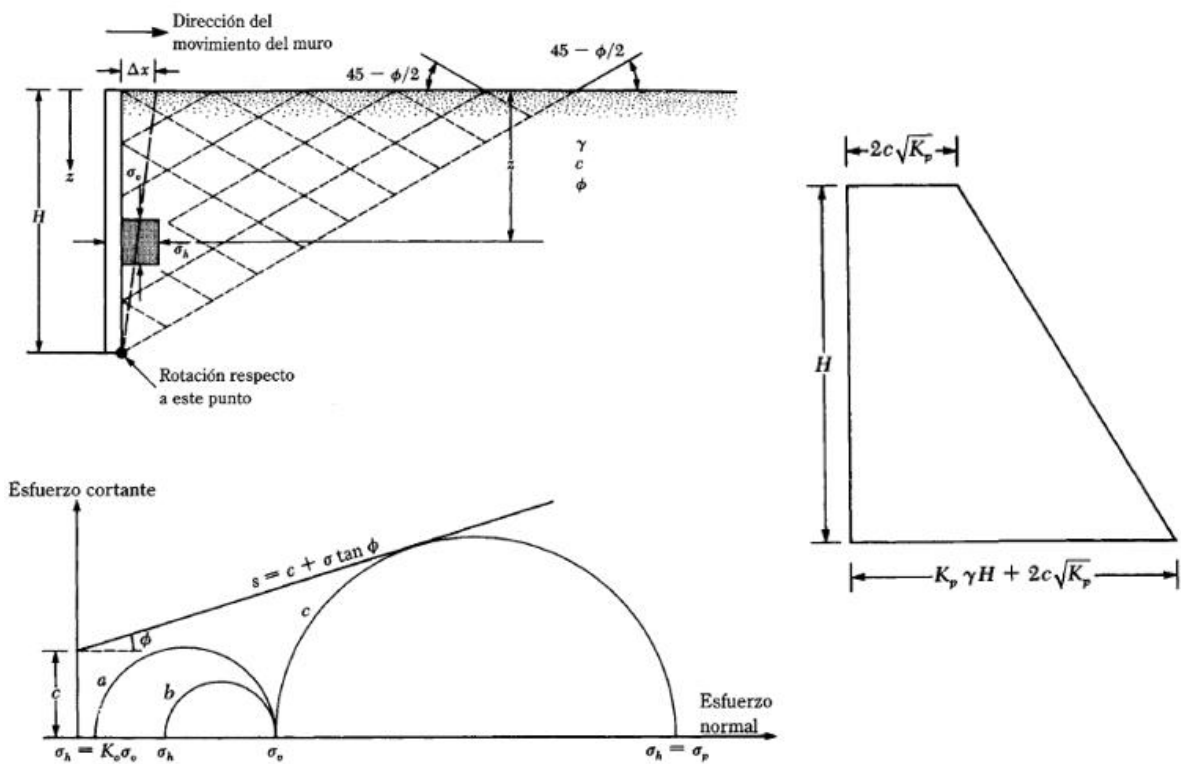


Figura 18. Presión pasiva de Rankine (Das, 2012).

La presión pasiva se determina por la siguiente formula (Das, 2012):

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2cH\sqrt{K_p}$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

K_p = coeficiente de presión pasiva de Rankine

Un muro entra en condiciones de presión pasiva cuando el movimiento del hacia el suelo está dentro de los limites según la tabla 5.

Tabla 5. Movimiento tolerable del muro para condición pasiva (Das, 2012).

Tipo de suelo	Movimiento del muro para condición pasiva, Δx
Arena densa	0.005H
Arena suelta	0.01H
Arcilla firme	0.01H
Arcilla blanda	0.05H

Tabla 6. Variación del K_p de Rankine (Das, 2012).

Ángulo de fricción ϕ de suelo (grados)	$K_p = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$
20	2.040
21	2.117
22	2.198
23	2.283
24	2.371
25	2.464
26	2.561
27	2.663
28	2.770
29	2.882
30	3.000
31	3.124
32	3.255
33	3.392
34	3.537
35	3.690
36	3.852
37	4.023
38	4.204
39	4.395
40	4.599
41	4.815
42	5.045
43	5.289
44	5.550
45	5.828

2.6 Factores de seguridad en muros de contención

2.6.1 Factor de seguridad al volteo

Las siguientes formulas se utilizaron en el cálculo del factor de seguridad al volteo:

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O}$$

$\sum M_R$ = Suma de los momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volteo respecto a un punto.

$\sum M_O$ = Suma de los momentos de las fuerzas que tienden a voltear el muro respecto a un punto.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2cH \sqrt{K_a}$$

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

El valor normalmente usado para el factor de seguridad al volteo es ≥ 2 o 3 (Das, 2012).

2.6.2 Factor de seguridad al deslizamiento

Las formulas mostradas a continuación se utilizaron en el cálculo del factor de seguridad al deslizamiento.

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{\sum F_{Rl}}{\sum F_d}$$

$\sum F_{Rl}$ = Suma las fuerzas horizontales resistentes.

$\sum M_d$ = Suma las fuerzas horizontales de empuje.

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2cH \sqrt{K_p}$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

Generalmente se usa un factor de seguridad al deslizamiento ≥ 1.5 (Das, 2012).

2.6.3 Factor de seguridad por capacidad de soporte

Las fórmulas a continuación permitieron calcular el factor de seguridad por capacidad de soporte. Generalmente se usa un factor de seguridad ≥ 3 (Das, 2012).

$$FS_{\text{capacidad de soporte}} = \frac{q_u}{q_{\text{máx}}}$$

q_u = capacidad de carga última del suelo de cimentación.

$q_{\text{máx}}$ = presiones máximas en la cimentación.

2.7 Neumáticos

2.7.1 Fabricación de los Neumáticos

Neumáticos Convencionales: Se construye inclinando las cuerdas de cada capa con respecto al eje central consiguiendo una construcción diagonal, Esta forma de su estructura aporta estabilidad y dureza al neumático permitiéndole soportar la carga del vehículo. Su desventaja radica en un menor agarre a la superficie de rodamiento generando incremento en el consumo de combustible (CONAE, 2012).



Figura 19. Neumáticos Convencionales (CONAE, 2012).

Neumáticos Radiales: En este neumático las cuerdas se adhieren a las capas del cuerpo formando semiovalos capaces de soportar la carga, sobre estas se montan capas estabilizadoras con cuerdas en sentido diagonal específicamente en la zona de rodamiento, lo cual permite que el neumático tenga una mejor adherencia a la superficie de rodamiento y reduzca el consumo de combustible (CONAE, 2012).



Figura 20. Neumáticos Radiales (CONAE, 2012).

2.7.2 Nomenclatura

Sobre la cara de los neumáticos se coloca información útil que indica las características imprescindibles del producto (CONAE, 2012). En La figura 21 se puede apreciar el significado de las letras y números que a simple vista resultarían indescifrables para una persona desentendida del tema.

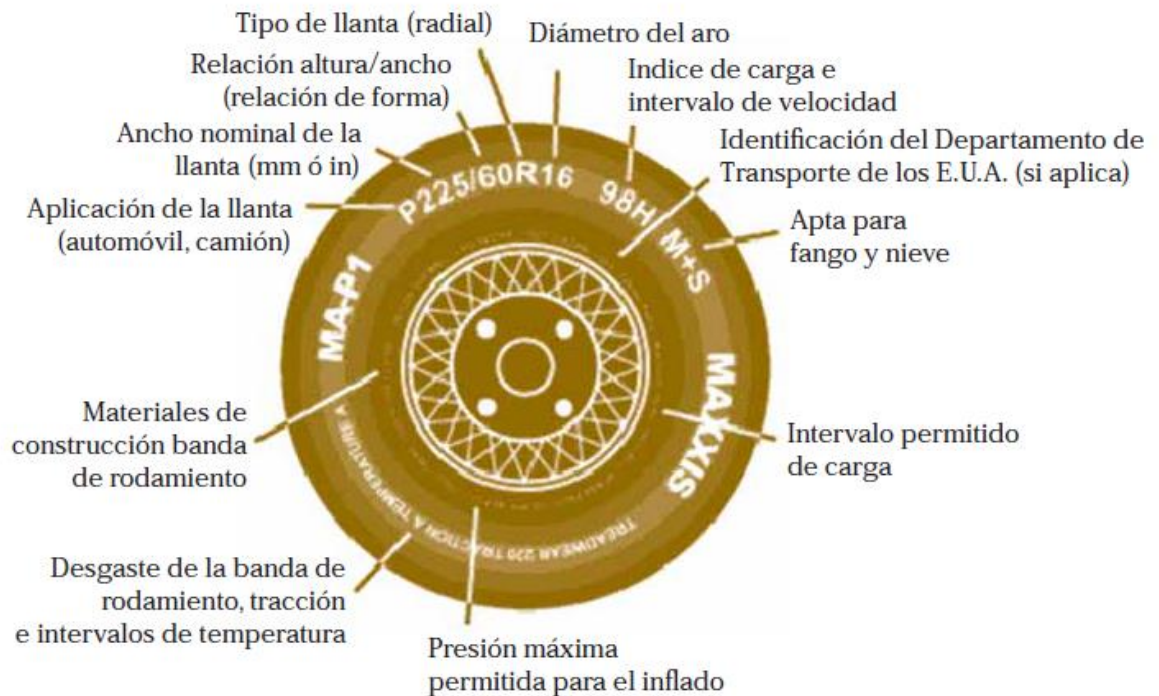


Figura 21. Nomenclatura de Neumáticos (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

2.7.3 Ciclo de Vida de los Neumáticos

El ciclo de vida de los neumáticos comprende desde la extracción y proceso de las materias primas, hasta el uso final del producto. La figura 22, muestra estas etapas y el impacto negativo que generan al medio ambiente (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

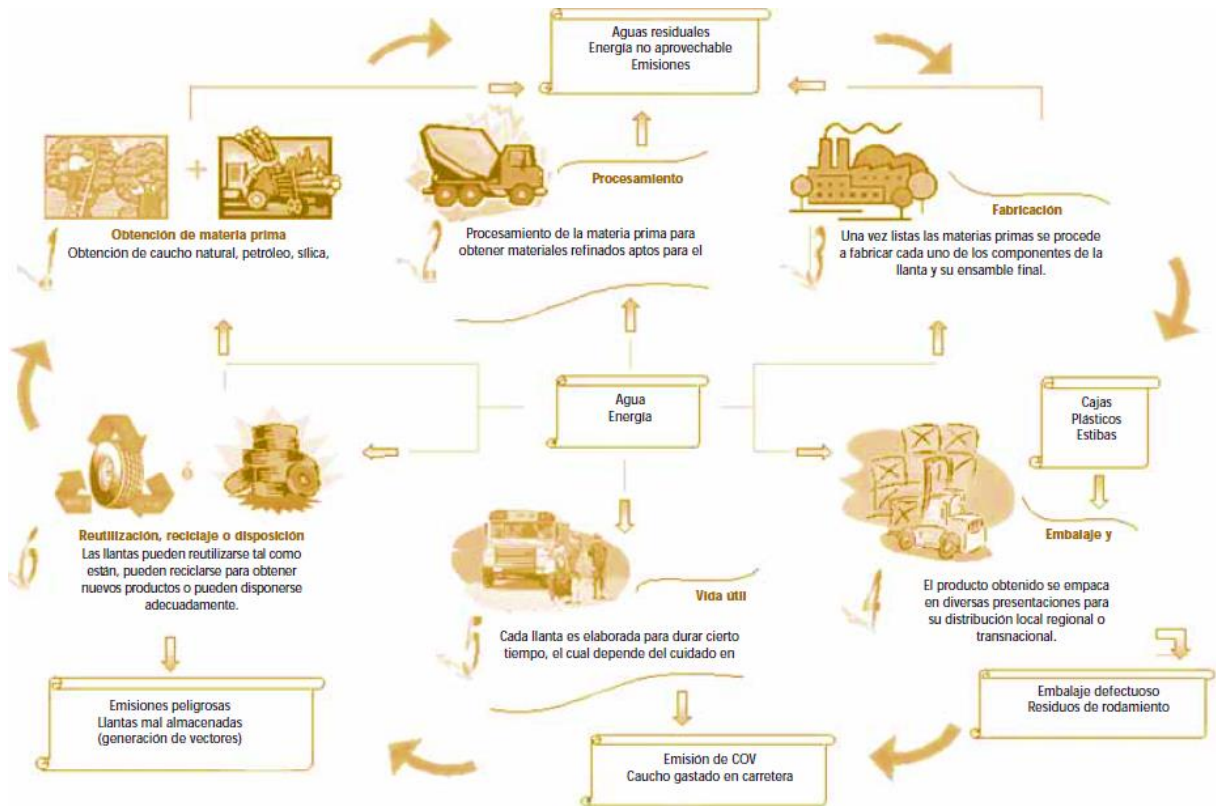






Figura 22. Ciclo de vida de los Neumáticos (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

En la etapa del reciclaje y la reutilización, la construcción de muros PNEUSOL resulta un medio de aprovechamiento para los neumáticos que cumplen su vida útil según la decisión de los generadores (Transporte Público Colectivo, Individual, Carga, Turismo y Especiales) (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

2.8 Especificaciones técnicas de los rociadores serie van 12

Tabla 7 Especificaciones Técnicas Boquillas de rociadores serie VAN 12.

Boquilla	Presión Bares	Radio m	Caudal m3/h	Caudal l/m	Precipitación mm/h
Arco 360° 	1.0	2.7	0.35	5.8	48
	1.5	3.2	0.44	7.37	43
	2.0	3.6	0.52	8.75	41
	2.1	3.7	0.54	9.02	40
Arco 270° 	1.0	2.7	0.26	4.35	48
	1.5	3.2	0.33	5.53	43
	2.0	3.6	0.39	6.56	41
	2.1	3.7	0.41	6.76	40
Arco 180° 	1.0	2.7	0.17	2.90	48
	1.5	3.2	0.22	3.69	43
	2.0	3.6	0.26	4.37	41
	2.1	3.7	0.27	4.51	40
Arco 90° 	1.0	2.7	0.09	1.45	48
	1.5	3.2	0.11	1.84	43
	2.0	3.6	0.13	2.19	41
	2.1	3.7	0.14	2.25	40

Capítulo III Metodología

3.1 Descripción del Lugar de Ejecución

El estudio se realizó en el CP Udima, distrito de Catache, provincia de Santa Cruz, región Cajamarca, en las coordenadas UTM 711562E – 92465165S a una altura de 2384 m.s.n.m. en la parte alta de la cuenca del río Zaña. Udima pertenece a la zona quechua con clima templado frío, sus temperaturas medias anuales oscilan entre 12°C a 24°C y las precipitaciones pluviales más fuertes se dan en los meses de diciembre – abril con un promedio de 900 a 1220mm por año (Ramirez, 2016).

Según INEI (2019) la población de Udima asciende a un total de 806 personas, de las cuales 413 son hombres y 393 son mujeres.

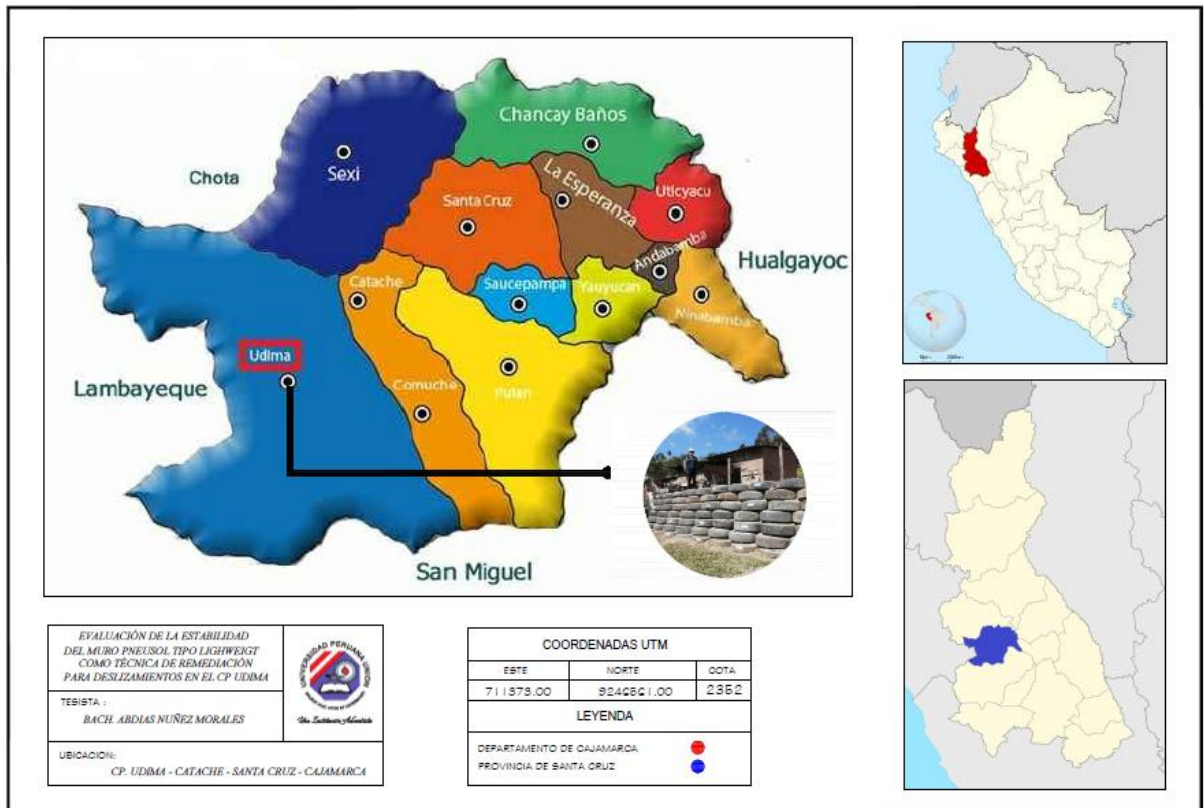


Figura 23. Ubicación del Proyecto.



Figura 24. Zonas más propensas a ocurrencia de deslizamientos – CP Udima.

3.2 Materiales

3.2.1 Materiales y equipos en la construcción del muro

- Neumáticos usados
- Aro #16
- Alambre de acero galvanizado
- Suelo insitu
- Varilla corrugada de 3/8"
- Varilla corrugada de 1/2" de 60cm
- Cemento
- Piedra chancada
- Arena
- Boloneria de 4",6" y 8"
- Tubo PVC 4"
- Accesorio T y Codo 90° PVC 4"
- Nivel manual
- Estacas
- Flexómetro
- Pisón manual 10kg
- Carretilla

3.2.2 Materiales y equipos en la saturación del relleno

- Agua
- Micro aspersor para riego VAN 12
- Tee de 1/2"
- Tapón Macho PR 1/2"
- Tubería 1/2"
- Manguera

3.2.3 Materiales y equipos para la verificación de los desplazamientos en el muro

- Estación total Leica TS02
- Trípode
- Cintas reflectivas
- GPSmap 76CSx
- Flexómetro

3.2.4 Materiales y equipos para el ensayo de contenido de humedad

- Suelo Insitu
- Espátulas
- Guantes de cuero
- Horno
- Bandejas
- Bolsas plásticas
- Balanza
- Cucharón de punta redonda
- Identificador de muestras

3.2.5 Materiales y equipos para el ensayo de granulometría

- Suelo insitu
- Juego de tamices
- Malla #200 para lavado
- Balanza con precisión de 0.1 gr
- Bandejas
- Horno
- Taras
- Cuarteador
- Baldes
- Lavadores
- Herramientas varias

3.2.6 Materiales y equipos para el ensayo de corte directo

- Suelo insitu inalterado
- Máquina de corte
- Caja de corte
- Piedras porosas
- Balanza con precisión de 0.1gr
- Horno
- Cuchillo
- Vernier
- Enrasador
- Cronometro

3.2.7 Materiales y equipos para el ensayo de relaciones gravimétricas y volumétricas

- Suelo inalterado
- Parafina
- Agua
- Balanza con precisión de 0.1gr
- Calentador de parafina
- Hilo
- Cuchillo
- Balanza 10kg
- Bandejas
- Baldes
- Herramientas varias

3.3 Métodos

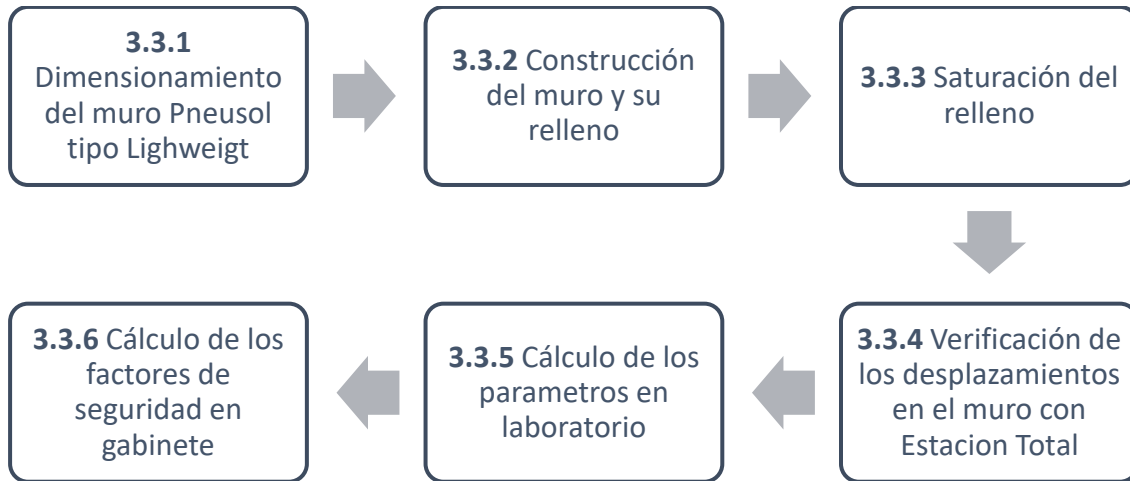


Figura 25. Procedimiento de la ejecución del Proyecto.

3.3.1 Dimensionamiento del muro pneusol tipo lighweigt

Según Braja Das (2012) para el dimensionamiento de un muro de gravedad se debe tener en cuenta la siguiente relación:

$$B = 0.5H - 0.7H$$

B = ancho del muro

H = altura del cuerpo

la construcción del muro consta de las siguientes dimensiones que se muestran a continuación:

B = 0.83m

H = 1.61m

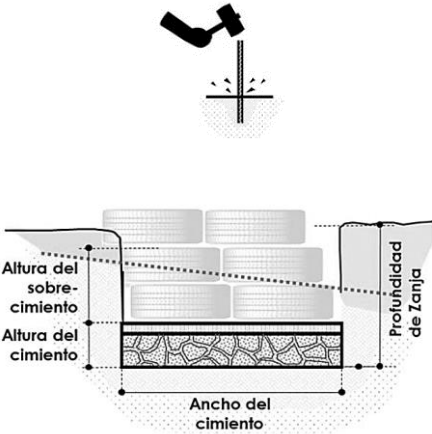
L = 7.50m

3.3.2 Construcción del muro y el relleno

Los muros tienen formas comunes de colocación y aplicación, por lo tanto, el muro PNESUOL se construyó según la forma N°04 (espacios habitables sobre el muro) que muestra la tabla 03.

La cimentación de los muros se realizó de tipo compleja debido a que los suelos de la zona pertenecen a depósitos coluviales donde predomina la existencia de arcillas blandas.

Tabla 8 Recomendaciones para cimentación compleja (Antúnez & Stein, 2016).

	Si la varilla se introduce con facilidad	Si la varilla en uno de los golpes cuesta su introducción
	<p><i>Profundidad de zanja</i> = 80cm+30cm</p> <p><i>Altura de cimiento</i> = 50cm los cuales constan de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5cm de cama de grava - 40cm de cama de mampostería - 5cm de losa con varilla de 3/8" @ 20cm <p><i>Ancho del cimiento</i> = 2m + 0.6m (0.3m a cada lado)</p>	<p><i>Profundidad de zanja</i> = 80cm+determinación de la prueba</p> <p><i>Altura de cimiento</i> = 30cm los cuales constan de</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5cm de cama de grava - 20cm de cama de mampostería - 5cm de losa con varilla de 3/8" @ 20cm <p><i>Ancho del cimiento</i> = 2m + 0.6m (0.3m a cada lado)</p>

El proceso constructivo se cumplió según la teoría estipulada en el marco teórico.

3.3.3 Saturación del relleno

Esta etapa se desarrollará como se muestra a continuación:

- a) En el muro se instaló tres microaspersores VAN 12 – ½” los cuales simularon una precipitación con intensidad de 46mm/h.
- b) Los aspersores vertieron el agua hasta apreciar visualmente dicho fluido en la tubería de drenaje ubicada en la base del relleno, de esta manera se obtuvo el tiempo total de saturación igual a 5horas; de allí se distribuye los tres tiempos de saturación T1=0:00h, T2=2:30h, T3 5:00h.
- c) La muestra para obtener el grado de saturación se extrajo a una altura de 0.80m de la base del muro.

3.3.4 Verificación de los desplazamientos en el muro

Para la verificación de los desplazamientos se usó la estación total Leica TS02 con láser y se ubicó cintas reflectivas en los puntos específicos a medir.

Para las respectivas mediciones se colocó un total de “veinte puntos” sobre el muro y la distribución es como se muestra en la figura 25. Dichos desplazamientos Δ_x fueron registrados en mm.



Figura 26. Distribución de los puntos de verificación de desplazamientos.

3.3.5 Cálculo de los parámetros en laboratorio

Los parámetros determinados en laboratorio para el relleno se muestran a continuación:

γ_{sat} = Peso específico saturado del relleno

c = cohesión

\emptyset = ángulo de fricción

Los parámetros determinados en laboratorio para el suelo de cimentación se muestran a continuación:

γ = Peso específico del suelo

c = cohesión

\emptyset = ángulo de fricción

3.3.6 Cálculo de los factores de seguridad

Con los parámetros del suelo de fundación y del relleno se procederán a calcular los factores de seguridad al volteo, deslizamiento y capacidad de soporte según las formulas mencionadas en el marco teórico. Variables de estudio

3.3.7 Variable dependiente

Estabilidad del muro pneusol tipo lighweigt

3.3.8 Variable independiente

Tiempo de saturación.

Tabla 9 Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente			
Tiempo de saturación	Es el tiempo necesario para alcanzar la saturación requerida de un suelo. Puede variar de acuerdo al instrumento saturador y el volumen de la masa. (Juarez & Rico, 2011).	Saturación	Ts en Horas
Dependiente			
Estabilidad de un muro pneusol tipo lighweigt	Los muros pneusol consiste en rellenar con suelo los neumáticos usados, unirlos entre sí y apilar continuamente hasta alcanzar la altura requerida (Suarez Diaz, 2013). Los muros pneusol tipo lighweigt o también llamados de peso ligero, son aquellos que usan los neumáticos enteros sin ser retirada una de sus caras laterales (Torres, 2016). La estabilidad de un muro se alcanza cuando sus factores de seguridad alcanzas los límites establecidos (Suarez Diaz, 2013).	Factores de seguridad	FS al volcamiento $\geq 2-3$ FS al deslizamiento ≥ 1.5 FS por capacidad de soporte ≥ 3

3.4 Formulación de Hipótesis

3.4.1 Hipótesis General

El muro pneusol tipo lighweigt es suficientemente estable frente a la aplicación de tres tiempos de saturación en depósitos coluviales del CP. Udimá – Región Cajamarca 2019.

3.4.2 Hipótesis Específica

Ho1 = No existe diferencia significativa del efecto entre los tiempos de saturación sobre los desplazamientos del muro Pneusol tipo Lighweigt.

Ha1 = Si existe diferencia significativa del efecto entre los tiempos de saturación sobre los desplazamientos del muro Pneusol tipo Lighweigt.

Ho2 = No existe diferencia significativa del efecto entre las alturas del relleno sobre los cuales se les aplica el tratamiento de los tres tiempos de saturación.

Ha2 = Si existe diferencia significativa del efecto entre las alturas del relleno sobre los cuales se les aplica el tratamiento de los tres tiempos de saturación.

3.5 Estudio y diseño de la investigación

En este estudio se realizó una manipulación intencional de la variable independiente “Tiempo de saturación” con la finalidad de evaluar si el muro pneusol tipo lighweigt es estable (variable dependiente).

Fleiss (2013), O’Brien (2009) y Grenn (2003) Explican que en una investigación experimental se manipulan intencionalmente una o más variables independientes con la finalidad de analizar las posibles consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes en un estado de control para el investigador (Hérmadez, Fernández, & Baptista, 2014). Por consiguiente la presente investigación responde a un “diseño experimental”.

3.6 Análisis Estadístico

Debido a la presunción de que podría haber variabilidad de una altura de relleno a otra se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorios para determinar los desplazamientos en el muro Δ_x a distintos tiempos de saturación.

El desarrollo del bloque aleatorio se realiza en función a los conceptos dados por (Montgomery, 2015).

Tabla 10 Diseño en bloques aleatorios para determinar los desplazamientos Δ_x en mm.

Tiempos de Saturación	Alturas del Relleno			
	Hr4	Hr3	Hr2	Hr1
TS1	$\Delta_{1,4}$	$\Delta_{1,3}$	$\Delta_{1,2}$	$\Delta_{1,1}$
TS2	$\Delta_{2,4}$	$\Delta_{2,3}$	$\Delta_{2,2}$	$\Delta_{2,1}$
TS3	$\Delta_{3,4}$	$\Delta_{3,3}$	$\Delta_{3,2}$	$\Delta_{3,1}$

Capítulo IV Resultados y Discusión

4.1 Resultados del dimensionamiento del muro Pneuol tipo Lighweig

Para dimensionar el muro fue necesario utilizar la relación que según Braja Das (2012) se debe tener en cuenta:

$$B = 0.5H - 0.7H$$

El neumático radial 235/75 R 17.5 presenta un ancho de 0.83m al momento del llenado. Por lo tanto, el dimensionamiento del muro fue dado de la siguiente manera:

$$0.83 = 0.5H - 0.7H$$

$$\frac{0.83}{0.5} = 1.66\text{m}$$

$$\frac{0.83}{0.7} = 1.19\text{m}$$

El muro quedo definido con 0.83m de ancho, 1.61m de alto y 7.50m de largo.



Figura 27. Ancho del neumático radial 235/75 R 17.5.

4.2 Resultados de la construcción del muro y su relleno

Al encontrar suelo arcilloso en el fondo de la cimentación del muro, se dispuso una cimentación compleja según lo mencionado en el marco teórico, esta tiene una altura de 0.20m compuesta por concreto armado $f'c$ 175kg/cm² (ver anexos – planos); además se proveyó de un drenaje interno debido a la baja permeabilidad de las arcillas en suelos coluviales (Suarez, 2014).



Figura 28. Cimentación compleja y drenaje interno del muro.

El amarre entre neumáticos se realizó con alambre galvanizado para evitar una oxidación del material debido a las intensas precipitaciones que anualmente presenta la zona de estudio. Además este provee de más rigidez al muro (Sieira, Sayão, Medeiros, & Gerscovich, 2013).



Figura 29. Amarre entre neumáticos con alambre galvanizado #12.

Los neumáticos reciclados fueron rellenos con material propio alcanzado un peso promedio de 207.25 kg siendo necesario 63und para la construcción del muro.

Tabla 11 Pesos de los neumáticos rellenos.

Neumático #01	Neumático #02	Neumático #03	Neumático #04
210.60 kg	200.30 kg	213.00 kg	205.10 kg



Figura 30. Pesada de los neumáticos rellenos #01 y #02.



Figura 31. Pesada de los neumáticos rellenos #03 y #04.

4.3 Resultados de saturación del Relleno

La saturación del relleno se realizó con la ayuda de tres microaspersores (boquillas) VAN 12 – ½” con una intensidad de precipitación de 46 mm/h.



Figura 32. Boquilla VAN 12 – ½” (RaindBird, 2018).



Figura 33. Saturación del Relleno durante 5 horas.

Las precipitaciones en forma de lluvia se miden equivalentemente a la altura que el agua alcanza en una superficie plana e impermeable con paredes verticales, es decir en mm (milímetros) (Aristasur, 2013).

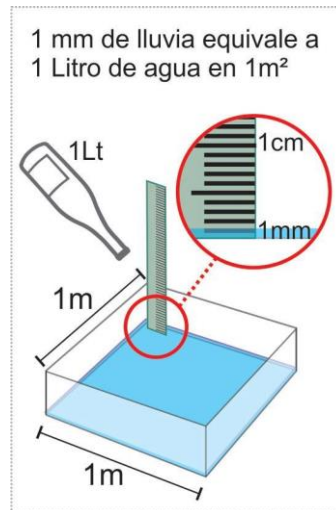


Figura 34. El milímetro unidad de cómo se mide la lluvia que llega al suelo, Organización Meteorológica Mundial - OMM.

Por lo tanto, para determinar la intensidad de precipitación en campo, se construyó un pluviómetro casero según el concepto de milímetro que muestra la Organización Mundial Meteorológica – OMM en su imagen referencial.



Figura 35. Elaboración del Pluviómetro casero.

El resultado obtenido fue de 46 mm/h por cada micro aspersor, dato que al momento de verificar en las especificaciones del VAN 12 se encuentra dentro del rango de precipitación que este provee para un arco de 360°.

El relleno alcanzo durante el tiempo de saturación T3=5:00h un grado de saturación del 96.7% ver anexos (ensayos de laboratorio).

4.4 Resultados de los desplazamientos en el muro

Tabla 12 Resultados de desplazamientos horizontales en el muro
 Δ_x mm.

Tiempos de Saturación	Alturas del Relleno			
	Hr4	Hr3	Hr2	Hr1
TS1 (0:00h)	0.0	0.0	0.0	0.0
TS2 (2:30h)	0.2	-0.4	-0.6	-1.0
TS3 (5:00h)	1.0	1.2	0.2	-1.0

Tabla 13 Ubicación en el muro de las alturas de relleno.



Hr4
 (altura relleno 4)

Hr3
 (altura relleno 3)

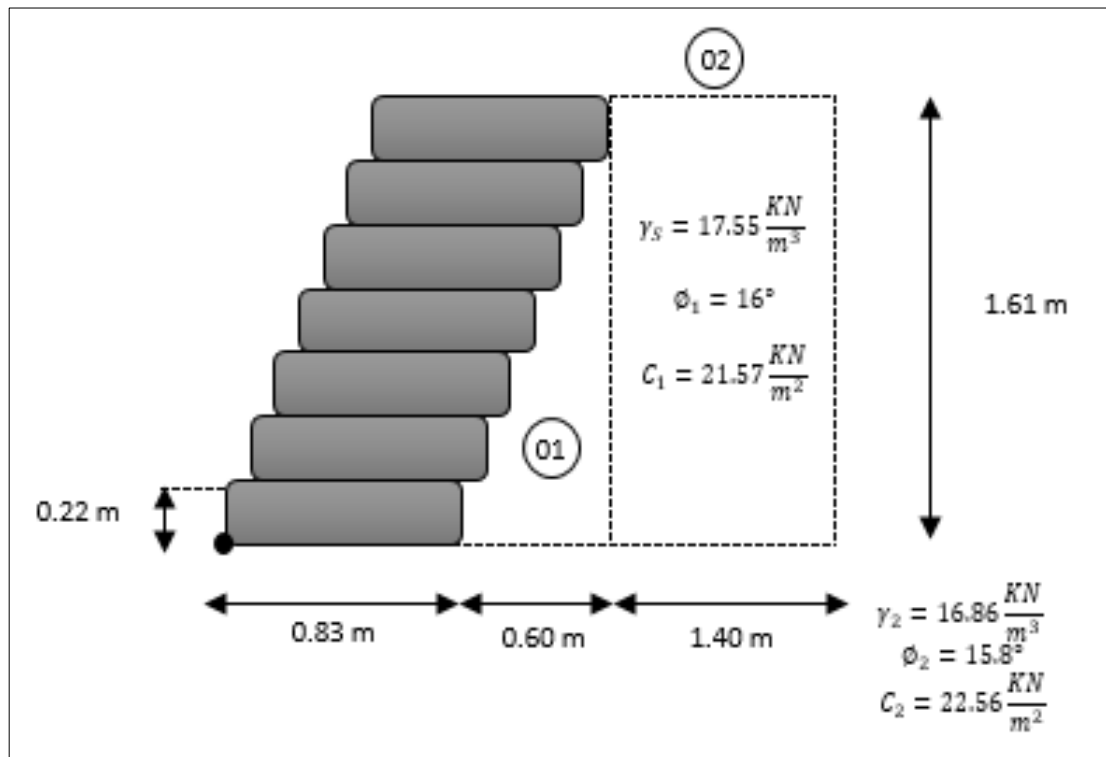
Hr2
 (altura relleno 2)

Hr1
 (altura relleno 1)

4.5 Resultados de los factores de seguridad

Para el cálculo de los factores de seguridad son necesarios los siguientes datos:

Figura 36. Datos para el cálculo de los factores de seguridad.



Los datos mostrados son provenientes de los resultados de laboratorio (ver anexos).

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{16}{2} \right) = 0.57$$

$$P_a = \frac{1}{2} YH^2 K_a - 2cH \sqrt{K_a}$$

$$P_a = (0.5 * 17.55 * 1.61^2 * 0.57) = 12.95 \text{ kN/m}$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{15.8}{2} \right) = 1.75$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2cH\sqrt{K_p} = (0.5 * 16.86 * 0.048 * 1.75) + (2 * 22.56 * 0.22 * 1.32)$$

$$P_p = 13.81 \text{ kN/m}$$

Tabla 14 Resultados de los momentos resistentes M_R .

Sección	Área (m ²)	Y(kN/m ³)	Peso (kN/m)	Brazo Punto c	Momento (kN-m/m)
01	0.48	17.55	8.42	1.23	10.36
02	2.25	17.55	39.49	2.13	84.11
03	1.34	16.94	22.70	0.42	9.53
			70.61		104.00

4.5.1 Resultados del factor de seguridad al volteo

$$M_o = P_a \left(\frac{H}{3} \right) = 12.95 \left(\frac{1.61}{3} \right) = 6.95 \text{ kN} - \text{m/m}$$

$$FS_{\text{volteo}} = \frac{\sum M_R}{\sum M_o} = \frac{104}{6.95} = \mathbf{15} \geq \mathbf{3}$$

Por el hecho de alcanzar momentos resistentes mayores a los actuantes, el muro Pneusol tipo Lighweigt no se encuentra propenso a un posible volcamiento. Además, el factor de seguridad 15 es muy superior al recomendado para este parámetro.

4.5.2 Resultados del factor de seguridad al Deslizamiento

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{\sum F_{R'}}{\sum F_d}$$

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{(\sum V) \tan\left(\frac{2}{3}\phi_2\right) + B \frac{3}{2} C_2 + P_p}{P_a}$$

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{70.61 \tan(10.53) + 0.83(33.84) + 13.81}{12.95} = \frac{55.33}{12.95} = 4.27 \geq 1.5$$

Se puede observar una superioridad de las fuerzas resistentes sobre las fuerzas que generan un deslizamiento, por lo tanto, el muro PneuSol tipo Lighweigt no se encuentra propenso a sufrir deslizamientos. El factor de seguridad destaca por encima del solicitado para este parámetro.

4.5.3 Resultados del factor de seguridad por capacidad de soporte

Los factores de la capacidad de soporte de suelo están dados por Vesic en 1973 (Das, 2012).

$$N_c = 11.50; N_y = 2.98; N_q = 4.26$$

La excentricidad está dada por:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_O}{\sum V} = \frac{2.83}{2} - \frac{104 - 6.95}{70.61} = 0.041 \leq \frac{B}{6} = 0.47$$

Se obtiene la presión máxima de la siguiente manera:

$$q_{\text{talon}}^{\text{punta}} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) = \frac{70.61}{2.83} (1 \pm 0.085) = 27.07 \frac{kN}{m^2} \text{Punta}; 22.83 \frac{kN}{m^2} \text{talon}$$

Resultado de la capacidad portante del suelo:

$$q_u = C_2 N_c + \frac{1}{2} y_1 B N_y + y_2 D N_q$$

$$q_u = 22.56(11.50) + 0.5(17.55)(2.83)(2.98) + 16.86(0.22)(4.26) = 349.24 \frac{kN}{m^2}$$

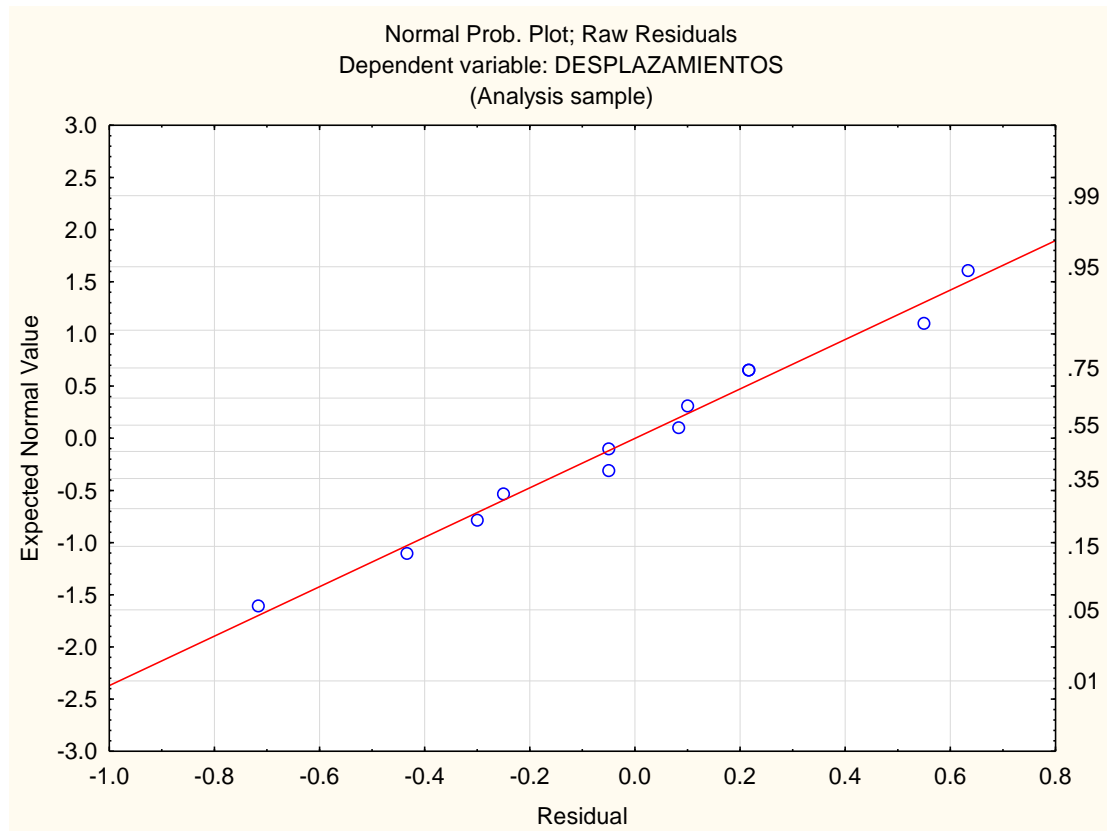
$$FS_{\text{capacidad de soporte}} = \frac{q_u}{q_{m\acute{a}x}} = \frac{349.24}{27.07} = \mathbf{12.90} \geq \mathbf{3}$$

Las presiones máximas que se ejercen sobre el suelo son superadas ampliamente por la capacidad portante de este, esto se ve reflejado en la capacidad de soporte 12.90 frente a la mínima 3.

Sin embargo, el factor para este parámetro permite un asentamiento diferencial igual a $0.1*B$, lo cual en los muros de retención no garantiza la capacidad de soporte ya que presentan un ancho B grande (Das, 2012).

4.6 Análisis estadístico de la ocurrencia de desplazamientos en el muro

Gráfico 1 Test de normalidad de datos.



En el gráfico se puede observar que los resultados de desplazamientos se encuentran muy cercanos a la diagonal, por lo tanto, se establece que existe una normalidad de los datos (Universidad de Alicante, 2015).

Tabla 15 Análisis de varianza del experimento.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fo
Tratamiento (TS)	2	1.29	0.64	2.31
Bloques (Hr)	3	2.07	0.69	2.47
Error	6	1.67	0.28	
Total	11	5.03		

En la Tabla 13 se presenta el análisis de varianza utilizando $\alpha = 0.05$, el valor crítico para el tratamiento es $F_o = 2.31$ y $F_t = 5.14$; en los valores para bloques tenemos $F_o = 2.47$ y $F_t = 4.76$.

Gráfico 2 Análisis de varianza para el tratamiento.

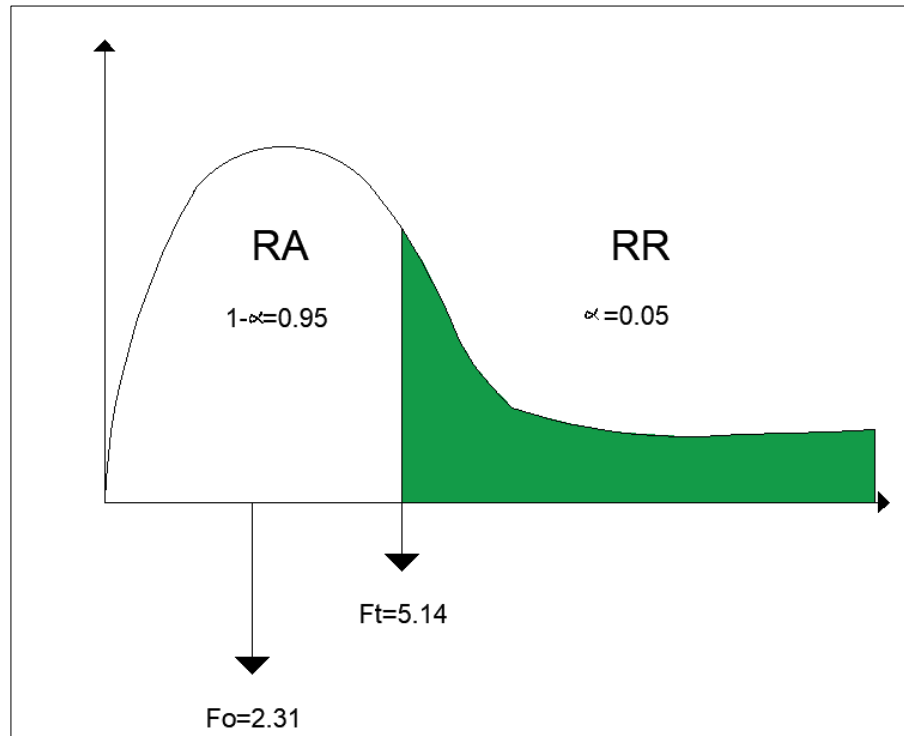
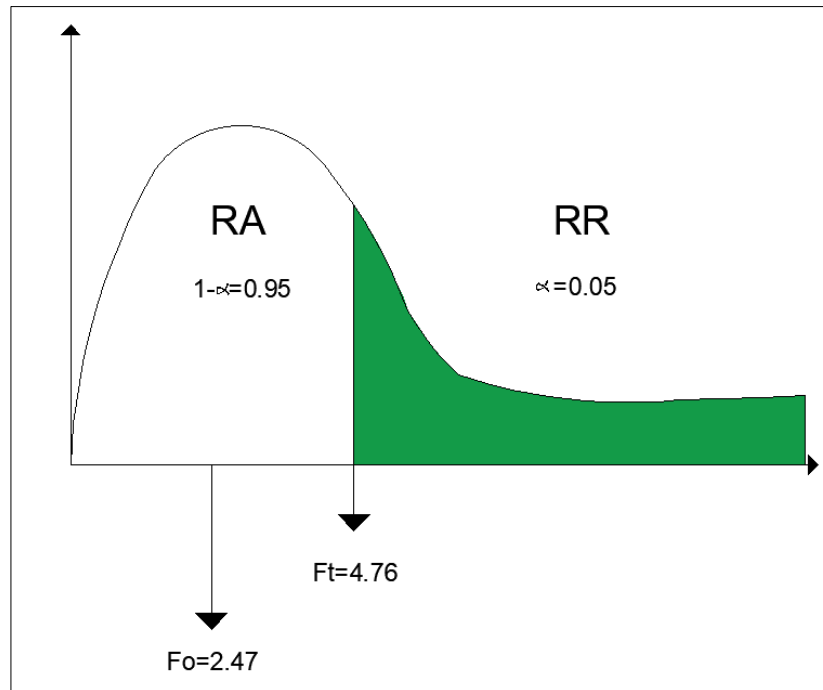


Gráfico 3 Análisis de varianza para los Bloques.

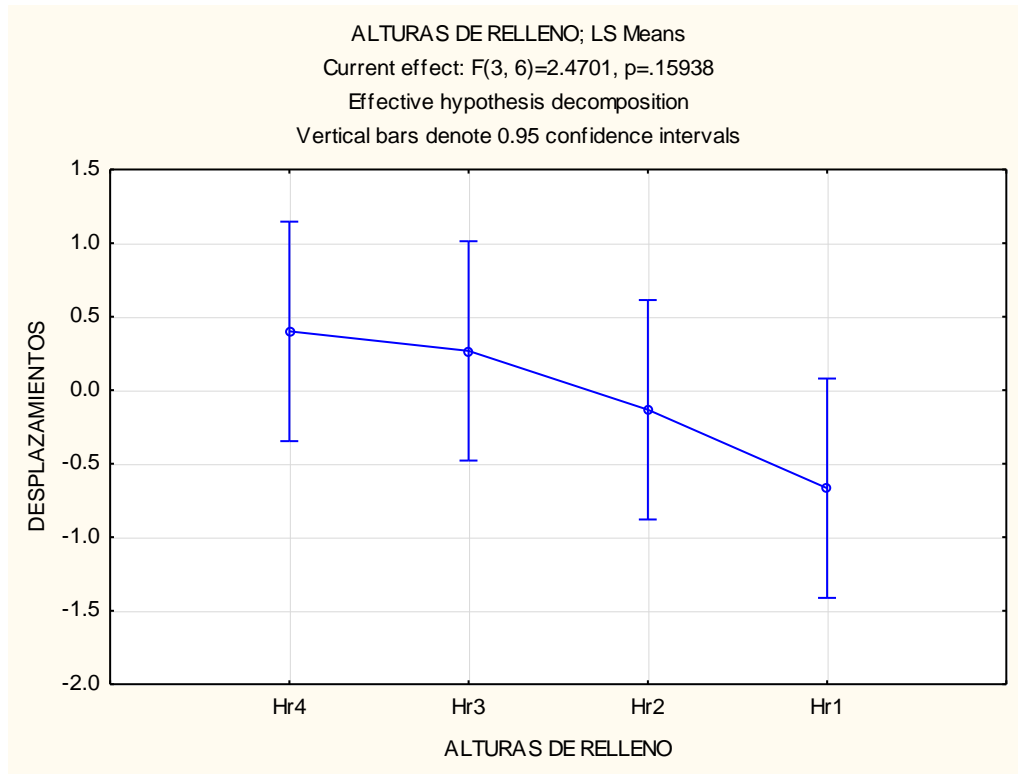


Decisión:

Para el tratamiento se observa que F_o pertenece a la región de aceptación ($F_o < F_t$), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H_{o1} .

Para Bloques se observa que F_o pertenece a la región de aceptación ($F_o < F_t$), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H_{o2} .

Gráfico 4 Medianas para el bloque “alturas de relleno”



Se observa en el gráfico de medianas que la altura de relleno Hr5 (corona del muro) sufre un desplazamiento hacia el interior del relleno, con lo cual se entiende que el muro está tomado un estado pasivo.

Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Queda demostrado experimentalmente que no existe diferencia significativa del efecto entre los tiempos de saturación sobre los desplazamientos del muro Pneusol tipo Lighweigt; es decir, los tiempos de saturación del relleno no influyen en los desplazamientos del muro.

También se ha demostrado que no existe diferencia significativa del efecto entre las alturas del relleno sobre los cuales se les aplica el tratamiento de los tres tiempos de saturación para el muro Pneusol tipo lighweigt; es decir que los desplazamientos del muro en sus distintas alturas no varían al efecto de los tiempos de saturación.

A través de los cálculos se ha demostrado que el muro Pneusol tipo Lighweigt cumple con los factores de seguridad al volteo, deslizamiento y capacidad de soporte frente con un grado de saturación mayor a 90 (ver anexos, ensayo de relaciones gravimétricas y volumétricas)

En definitiva, el muro pnesuol tipo lighweigt es suficientemente estable frente a la aplicación de tres tiempos de saturación donde el relleno alcanza un grado de saturación mayor al 90.

5.2 Discusiones

(Torres, 2016) en su investigación demostró factores de seguridad muy favorables para el muro pneusol lighweigt tales como: Factor de seguridad al volteo 7.05, factor seguridad al deslizamiento 4.27 y factor de seguridad por capacidad de soporte 13.0. Así mismo la presente investigación ha demostrado valores que superan los requeridos para un muro de contención en los siguientes factores: Factor de seguridad al volteo 15, factor de seguridad al deslizamiento 4.27 y factor por capacidad de soporte 12.9.

(Criollo & León, 2017) en su investigación obtuvieron como resultado una falla por volcamiento con un desplazamiento horizontal del muro que supera los 45mm. La presente investigación desarrollada ha demostrado un desplazamiento horizontal que no supera 1.2mm lo cual resulta insignificante en el muro pneusol tipo lighweigt frente a un suelo saturado mayor al 90%; la lejanía de los valores entre las investigaciones puede estar motivado por la forma de apilar los neumáticos en cada investigación.

5.3 Recomendaciones

Aun cuando el factor de seguridad calculado para capacidad de soporte supere ampliamente al requerido, es necesario construir una base reforzada para muros pneusol en suelos arcillosos según lo indica el manual de construcción y mantenimiento de muros de llantas (Antúnez & Stein, 2016).

Al momento del llenado de los neumáticos hay que compactar hasta asegurarse que el material de relleno haya ocupado todos los espacios vacíos de la llanta; una mala compactación genera inestabilidad entre neumáticos y por ende posibles fallas en el muro.

Los puntos de control deberán ser especificados con un marcador de punta fina al interior de la cinta reflectiva. No se puede permitir puntos de control con diámetro mayores a 2mm para evitar posibles errores en la toma de datos con el equipo topográfico.

Para evitar la oxidación del amarre entre neumáticos se recomienda realizarlo con alambre galvanizado.

Se recomienda realizar posibles investigaciones para determinar la influencia del espesor del alambre galvanizado para amarre en la rigidez del muro.

Se recomienda profundizar en futuras investigaciones sobre la densidad máxima que puede alcanzar el neumático relleno.

Referencias


- Antúnez, B., & Stein, A. (2016). *Manual de construcción y mantenimiento de muro de llantas*. Tegucigalpa: GOAL Honduras.
- Aristasur. (05 de abril de 2013). *ARISTASUR*. Obtenido de ARISTASUR: <https://www.aristasur.com/contenido/como-se-miden-las-precipitaciones-en-meteorologia>
- Barón, J., & Sánchez, L. (2006). Estabilización de Taludes por Medio de Muros de Llantas en el Barrio la Capilla – Soacha Cundinamarca. *UNIVERISDAD CATOLICA DE COLOMBIA*, 3.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2010). *Guía para el Manejo de LLantas Usadas*. Bogota: Editorial Kimpres Ltda.
- CENEPRED. (5 de Mayo de 2019). *Sistema de Informacion de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación*. Obtenido de Sistema de Informacion de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación: <https://dimse.cenepred.gob.pe/>
- CONAE, D. D. (2012). Manual de información tecnica de neumaticos. *DIRECCIÓN DE TRANSPORTE CONAE*, 1-27.
- Criollo, J., & León, S. (2017). Construcción y Analisis de un Modelo Experimental de Muro de contención, Fabricado con LLantas Recicladas usando suelo insitu. *UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*, 1-74.
- Das, B. (2012). *Principios de ingenieria en cimentaciones*. California: International Thomson Editores.

- Escobar, W. (2017). *Evaluación de la alternativa para la estabilización de taludes mediante la implementación de llantas en la montaña la ponderosa*. Bogotá: Universidad distrital "Francisco José de Caldas".
- Hérmadez, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación 6ta edición*. Ciudad de Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- INEI. (6 de junio de 2019). *INEI - Directorio Nacional de Centros Poblados*. Obtenido de INEI - Directorio Nacional de Centros Poblados: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Juarez, E., & Rico, A. (2011). *Mecánica de suelos I - fundamentos de la mecánica de suelos*. Ciudad de Mexico: Limusa S.A.
- MINAN. (2015). *Mapa de susceptibilidad Física del Perú*. Lima: Dirección General de Ordenamiento Territorial.
- Montgomery, D. (2015). *Diseño y análisis de experimentos - segunda edición*. Ciudad de Mexico: EDITORIAL LIMUSA, S.A.
- PCM. (2019). *Programa presupuestal de reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres*. Lima: PREVAED.
- Portafolio. (24 de octubre de 2017). *El papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad de conocimiento*. Obtenido de Portafolio: <https://www.portafolio.co/>
- RaindBird. (2018). *Catálogo de productos para riego de jardines. El uso inteligente del agua*, 28.

- Ramirez, O. (2016). Proyecto de Ley que declara de carácter prioritario y de preferencia social la creación del Distrito de Udima, en la Provincia de Santa Cruz en el Departamento de Cajamarca . *CONGRESO DE LA REPUBLICA*, 9.
- Rodriguez , O. (2016). *Estandarización de tecnicas de diseño y construcción de muros de tierra reforzada con llantas de desecho*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Sieira, A., Sayão, A., Medeiros, L., & Gerscovich, D. (2013). Estabilización de Taludes con Muros de Neumáticos. *V SIMPOSIO NACIONAL SOBRE TALUDES Y LADERAS INESTABLES*, 1061-1070.
- Suarez Diaz, J. (2013). *Deslizamientos: Tecnicas de Remediación*. Santander: Universidad Industrial de Santander UIS.
- Suarez, J. (2014). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga: Ingeniería de Suelos Ltda.
- Torres, P. (2016). Estabilización de Taludes con Neumaticos Usado. *UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS*, 1-74.
- Universidad de Alicante. (18 de marzo de 2015). *Grupo de Petrología Aplicada*. Obtenido de <https://web.ua.es/es/lpa/docencia/analisis-estadistico-de-datos-geoquimicos-con-r/estadistica-descriptiva-y-test-de-normalidad.html>
- Wilson, J., INGEMET, & Guevara, C. (2015). *Mapa geológico del cuadrángulo de chongoyape*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

Anexos

Anexo 1 Resultados de laboratorio requeridos.



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

📍 Calle Los Ángeles N° 120. Urb. El Paraíso – Chiclayo. ☎ (074) 512307, 📠 978 360 036 – 993 595 300.
✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com


CONTENIDO DE HUMEDAD
 (NORMA NTP 339.127)

PROYECTO	Evaluación de la Estabilidad del Muro PNEUSOL Tipo "Lighweight" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udima – Región Cajamarca.		
UBICACIÓN	: C.P. Udima – Región Cajamarca.		
MATERIAL	: Terreno Existente	RESP. LAB. : R.H.B.C.	
		TEC. LAB. : J.A.S.A	
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales	FECHA : 09/07/2020	


DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: 01		
MUESTRA	: M-01		
PROF. (m)	: 0.00 - 0.70		

DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA	:	1	2	
N° DE TARA	:	10	23	
PESO DE LA TARA	:			
TARA + SUELO HÚMEDO	:	1200	1000	
TARA + SUELO SECO	:	929	804	
PESO DEL AGUA	:	271	196	
PESO DEL SUELO SECO	:	929	804	
% DE HUMEDAD	:	29.2	24.4	26.8


Observaciones : Las muestras fueron traídas por el solicitante.



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A & R S.A.C.
Jaime A. Severino Aquino
TECNICO LABORATORISTA



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A & R S.A.C.
Ing. Royset III Banga Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
CIP: 189234



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
L.E.M.
CHICLAYO



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

📍 Calle Los Ángeles N° 120. Urb. El Paraíso - Chiclayo. ☎ (074) 512307, 📠 978 360 036 - 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

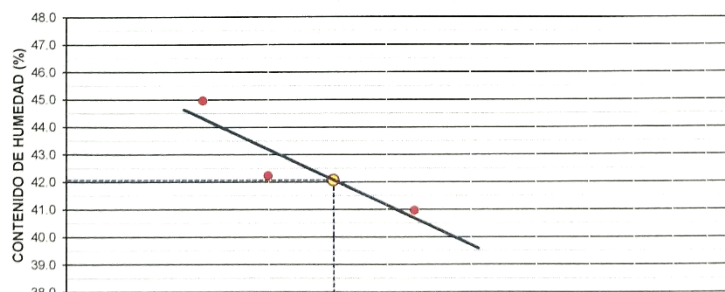
ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA (NORMA NTP 339.129)

PROYECTO	Evaluación de la Estabilidad del Muro PNEUSOL Tipo "Lighweig" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udimá - Región Cajamarca.		
UBICACIÓN	: C.P. Udimá - Región Cajamarca.		
MATERIAL	: Terreno Existente	RESP. LAB. :	R.H.B.C.
		TEC. LAB. :	J.A.S.A
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales	FECHA :	11/07/2020

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 01
MUESTRA	: M-01
PROF. (m)	: 0.00 - 0.70

DATOS DE ENSAYO					
LÍMITE LÍQUIDO					
N° TARRO	35	26	4		
TARRO + SUELO HÚMEDO	41.90	44.20	43.80		
TARRO + SUELO SECO	35.50	36.90	35.97		
AGUA	6.40	7.30	7.83		
PESO DEL TARRO	19.88	19.62	18.56		
PESO DEL SUELO SECO	15.62	17.28	17.41		
% DE HUMEDAD	40.97	42.25	44.97		
N° DE GOLPES	33	20	16		
LÍMITE PLÁSTICO					
N° TARRO	34	9			
TARRO + SUELO HÚMEDO	32.70	28.47			
TARRO + SUELO SECO	30.18	25.41			
AGUA	2.52	3.06			
PESO DEL TARRO	19.09	11.69			
PESO DEL SUELO SECO	11.09	13.72			
% DE HUMEDAD	22.72	22.30			
LL :	42.1 %	LP :	22.5 %	IP :	19.6 %

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



Numero de golpes

Observaciones : Las muestras fueron traídas por el solicitante.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.

Jaime A. Severino Aquino
TÉCNICO LABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.

Ing. Royser L. Borda Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
CIP: 189234





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

📍 Calle Los Ángeles N° 120. Urb. El Paraíso - Chiclayo. ☎ (074) 512307. 📠 978 360 036 - 993 595 300.
✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

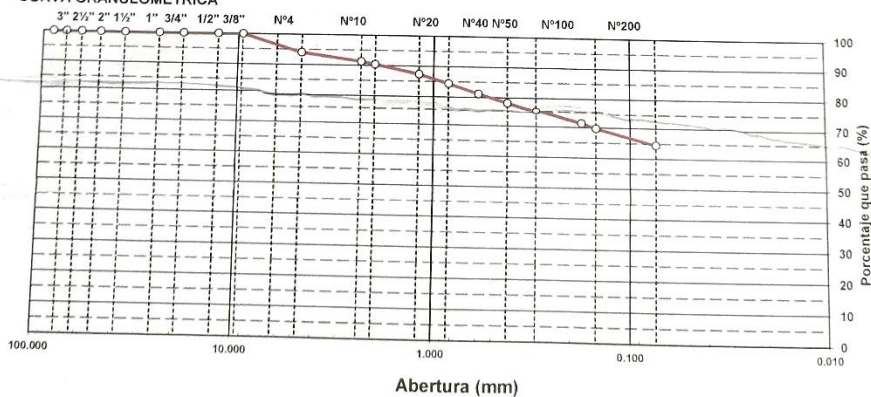
ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA NTP 339.128)

PROYECTO	: Evaluación de la Estabilidad del Muro PNEUSOL Tipo "Lighweig" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udima - Región Cajamarca.	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
UBICACIÓN	: C.P. Udima - Región Cajamarca.	TEC. LAB.	: J.A.S.A
MATERIAL	: Terreno Existente	FECHA	: 09/07/2020
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales		

DATOS DEL ENSAYO	
CALICATA	: 01
MUESTRA	: M-01
PROF. (m)	: 0.00 - 0.70

DATOS DE ENSAYO						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	% RET. PARC.	% RET. AC.	% Q PASA		
3 1/2"	88.900					PESO TOTAL = 500.0 gr	
3"	76.200					PESO FRACCIÓN FINC = 500.0 gr	
2 1/2"	63.500					LÍMITE LÍQUIDO = 42.1 %	
2"	50.800					LÍMITE PLÁSTICO = 22.5 %	
1 1/2"	38.100					ÍNDICE PLÁSTICO = 19.6 %	
1"	25.400					CLASF. AASHTO = A-7-6 [10]	
3/4"	19.100					CLASF. SUCS = CL	
1/2"	12.700						
3/8"	9.520				100.0		
1/4"	6.350						
# 4	4.750	30.0	6.0	6.0	94.0		
# 8	2.360	13.7	2.7	8.7	91.3		
# 10	2.000	4.2	0.8	9.6	90.4		
# 16	1.190	15.4	3.1	12.7	87.3		
# 20	0.840	14.7	2.9	15.6	84.4		
# 30	0.590	16.3	3.3	18.9	81.1		
# 40	0.420	14.2	2.8	21.7	78.3	CONT. DE HUMEDAD = 26.8 %	
# 50	0.300	13.9	2.8	24.5	75.5		
# 80	0.177	20.7	4.1	28.6	71.4		
# 100	0.149	8.5	1.7	30.3	69.7		
# 200	0.074	25.8	5.2	35.5	64.5		
< # 200	FONDO	322.6	64.5	100.0			
Coef. Uniformidad						Índice de Consistencia	
Coef. Curvatura							
Pot. de expansión							
Descripción suelo: ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD							

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones : Las muestras fueron traídas por el solicitante.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.

Jaime A. Severino Aquino
LABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.

Ing. Royser I. Barja Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
CIP: 189234





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

📍 Calle Los Ángeles N° 120. Urb. El Paraíso – Chiclayo. ☎ (074) 512307. 📠 978 360 036 – 993 595 300.
✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

GRAVEDAD ESPECIFICA (NORMA NTP 339.131)

PROYECTO	: Evaluación de la Estabilidad del Muro PNEUSOL Tipo "Lighweight" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udima – Región Cajamarca.	
UBICACIÓN	: C.P. Udima – Región Cajamarca.	
MATERIAL	: Terreno Existente	RESP. LAB. : R.H.B.C. TEC. LAB. : J.A.S.A
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales	FECHA : 03/07/2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : 01
MUESTRA : M-02
PROF. (m) : 0.00 - 0.70

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA		1	2		
1	Temperatura de ensayo Tt (°C)	: 22	22.4		
2	Densidad del agua a la temperatura de ensayo pw,t (g/mL)	: 0.99777	0.99768		
3	Masa del picnómetro, Mp (g)	: 150.6	150.6		
4	Volumen del picnómetro, Vp (mL)	: 499.8	499.8		
5	Masa del picnómetro + agua + suelo seco, Mpws,t (g)	: 684.1	683.5		
6	Masa del suelo seco, Ms (g)	: 56.0	55.2		
7	Masa del picnómetro + agua, Mpw,t , (3+(4x2)) (g)	: 649.3	649.2		
8	Gravedad específica a la temperatura de ensayo, Gt, (6/(7-(5-6)))	: 2.643	2.636		
9	Factor de corrección por temperatura, K	: 0.9996	0.9995		
10	Gravedad específica a 20°C, (8x9)	: 2.642	2.635		2.64

Observaciones Las muestras fueron traídas por el solicitante.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A & R S.A.C.
Jaime A. Severino Aquino
TÉCNICO LABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A & R S.A.C.
Ing. Rómulo H. Burga Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
CIP: 18434





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

📍 Calle Los Ángeles N° 120, Urb. El Paraíso - Chiclayo. ☎ (074) 512307, 📠 978 360 036 - 993 595 300.
✉ constructora.gyt.chiclayo@gmail.com

RELACIONES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS DEL SUELO (NORMA NTP 339.139)

PROYECTO	: Evaluación de la Estabilidad del Muro PNEUSOL Tipo "Lightweig" como Técnica de Remedación para Deslizamientos en el C.P. Udima - Región Cajamarca.	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
UBICACIÓN	: C.P. Udima - Región Cajamarca.	TEC. LAB.	: J.A.S.A
MATERIAL	: Terreno Existente	FECHA	: 11/07/2020
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales		

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 01
MUESTRA	: M-02
PROF. (m)	: 0.00 - 0.70

DATOS DEL ENSAYO						
1	N° de ensayo		1	2	3	
2	Peso de suelo tallado húmedo	:	40	20	26.2	
3	Peso de suelo + parafina	:	49.1	26.4	31.8	
4	Peso de suelo + parafina (sumergido)	:	17.5	8.3	11.2	
5	Volumen del suelo + parafina	:	31.92	18.28	20.81	
6	Peso específico de la parafina	:	0.96	0.96	0.96	
7	Volumen de la parafina	:	9.48	6.67	5.83	
8	Volumen del suelo tallado húmedo	:	22.44	11.62	14.97	
9	Contenido de humedad (w%)	:	22.18	22.18	22.18	
10	Densidad húmeda	:	1.78	1.72	1.75	
11	Densidad seca	:	1.46	1.41	1.43	
12	Peso de suelo seco	:	32.74	16.37	21.44	
13	Gravedad específica de sólidos	:	2.64	2.64	2.64	
14	Volumen de suelo seco	:	12.53	6.26	8.20	
15	Volumen de vacíos	:	9.91	5.35	6.77	
16	Volumen del agua	:	7.33	3.67	4.80	
17	Relación de vacíos (e)	:	0.79	0.85	0.83	
18	Porosidad (n)	:	44.18	46.08	45.21	
19	Grado de saturación (S)	:	73.99	68.51	70.96	71.2

Observaciones Las muestras fueron traídas por el solicitante.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Jaime A. Severino Aquino
TECNICOLABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. Royser H. Buzza Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
CIP: 189234





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

📍 Calle Los Ángeles N° 120. Urb. El Paraíso - Chiclayo. ☎ (074) 512307, 📠 978 360 036 - 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO (Norma NTP 339.171)

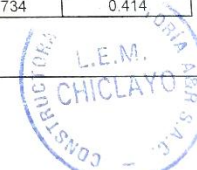
PROYECTO	Evaluación de la Estabilidad del Muro PNEUSOL Tipo "Lighweig" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udimá - Región Cajamarca.		
UBICACIÓN	C.P. Udimá - Región Cajamarca.		
CALICATA	: 01	RESP. DE LAB	: R.H.B.C.
MUESTRA	: M-02	TEC. LAB	: J.A.S.A.
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 0.70	FECHA	: 44025.00
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales	ESTADO	: REMOLDEADA

DATOS	(kg/cm ³)	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		1.00		2.00		4.00	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Esfuerzo Normal							
Etapa	(cm)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Altura	(cm ²)	28.75	28.75	28.75	28.75	28.75	28.75
Area	(g/cm ³)	1.96	1.94	1.96	1.95	1.97	1.94
Densidad Húmeda	(%)	26.97	35.39	26.00	34.61	25.94	35.22
Humedad	(g/cm ³)	1.54	1.44	1.56	1.45	1.56	1.44
Densidad Seca							

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte	
	Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)
0.10	0.092	0.207	0.10	0.104	0.117	0.10	0.203	0.114
0.20	0.125	0.283	0.20	0.137	0.154	0.20	0.252	0.142
0.30	0.146	0.330	0.30	0.167	0.188	0.30	0.301	0.170
0.40	0.168	0.378	0.40	0.195	0.219	0.40	0.347	0.195
0.50	0.223	0.502	0.50	0.231	0.260	0.50	0.409	0.230
0.60	0.252	0.569	0.60	0.270	0.304	0.60	0.462	0.260
0.70	0.278	0.627	0.70	0.303	0.342	0.70	0.508	0.286
0.80	0.304	0.685	0.80	0.331	0.373	0.80	0.541	0.305
0.90	0.317	0.715	0.90	0.362	0.408	0.90	0.595	0.335
1.00	0.330	0.745	1.00	0.388	0.437	1.00	0.628	0.354
1.10	0.339	0.765	1.10	0.405	0.456	1.10	0.656	0.369
1.20	0.348	0.786	1.20	0.419	0.473	1.20	0.686	0.376
1.30	0.353	0.796	1.30	0.434	0.489	1.30	0.677	0.382
1.40	0.358	0.807	1.40	0.446	0.503	1.40	0.685	0.386
1.50	0.359	0.809	1.50	0.455	0.513	1.50	0.693	0.391
1.60	0.359	0.810	1.60	0.461	0.520	1.60	0.694	0.391
1.70	0.356	0.802	1.70	0.468	0.527	1.70	0.695	0.392
1.80	0.352	0.793	1.80	0.474	0.535	1.80	0.696	0.393
1.90	0.352	0.795	1.90	0.475	0.535	1.90	0.698	0.393
2.00	0.353	0.796	2.00	0.476	0.536	2.00	0.702	0.396
2.10	0.354	0.797	2.10	0.474	0.534	2.10	0.703	0.396
2.20	0.354	0.799	2.20	0.475	0.535	2.20	0.704	0.397
2.30	0.351	0.790	2.30	0.475	0.536	2.30	0.709	0.400
2.40	0.351	0.792	2.40	0.473	0.534	2.40	0.710	0.400
2.50	0.352	0.793	2.50	0.474	0.535	2.50	0.711	0.401
2.60	0.352	0.794	2.60	0.475	0.535	2.60	0.713	0.402
2.70	0.349	0.786	2.70	0.473	0.533	2.70	0.717	0.404
2.80	0.349	0.787	2.80	0.474	0.534	2.80	0.718	0.405
2.90	0.350	0.789	2.90	0.472	0.532	2.90	0.720	0.406
3.00	0.350	0.790	3.00	0.472	0.533	3.00	0.721	0.406
3.10	0.347	0.781	3.10	0.473	0.534	3.10	0.725	0.409
3.20	0.347	0.783	3.20	0.471	0.531	3.20	0.727	0.410
3.30	0.348	0.784	3.30	0.472	0.532	3.30	0.728	0.410
3.40	0.348	0.785	3.40	0.473	0.533	3.40	0.729	0.411
3.50	0.344	0.777	3.50	0.471	0.531	3.50	0.734	0.414

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
[Signature]
Taimé A. Severino Aquino
TÉCNICO LABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
[Signature]
Ing. Ruyser P. Murga Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
CIR: 189334





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

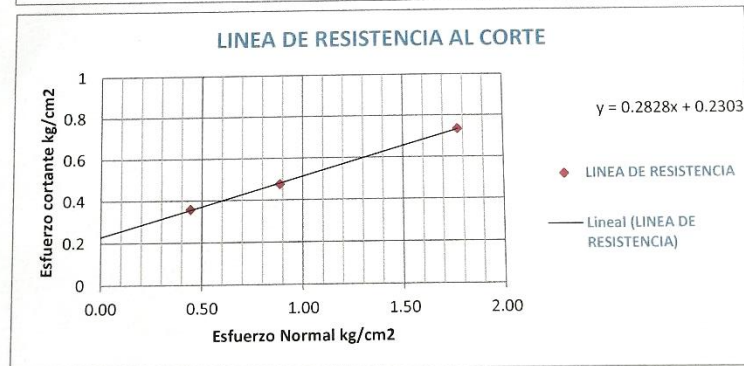
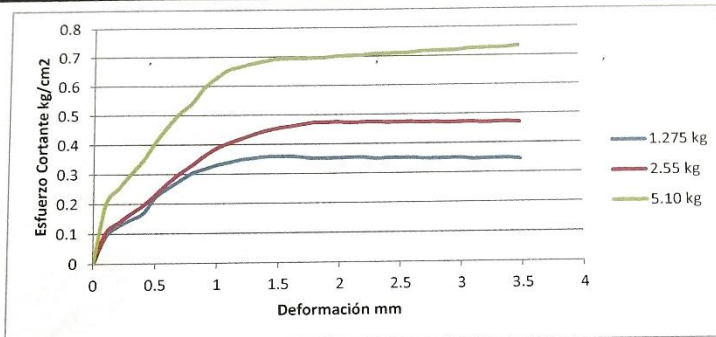
Los Angeles N° 120. Urb. El Paraíso - Chiclayo. ☎ (074) 512307. 📠 978 360 036 - 993 595 300.

constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(Norma NTP 339.171)

PROYECTO	Evaluación de la Estabilidad del Muro PNEUSOL Tipo "Lighweig" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udima - Región Cajamarca.		
UBICACIÓN	: C.P. Udima - Región Cajamarca.		
CALICATA	: 01	RESP. DE LAB :	R.H.B.C.
MUESTRA	: M-02	TEC. LAB :	J.A.S.A.
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 0.70	FECHA :	13/07/2020
		ESTADO :	REMOLDEADA
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales	VEL. ENSAYO :	0.5mm/min



Parámetros de Resistencia al Corte

Cohesion	=	0.23	kg/cm ²
Angulo de Fricción Interna	=	15.8	°

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Jaime A. Severino Aquino
TÉCNICO LABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. Róyer H. Bujía Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
CIPE 189234





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

📍 Calle Los Ángeles N° 120. Urb. El Paraíso – Chiclayo. ☎ (074) 512307, 📠 978 360 036 – 993 595 300.

constructora.ayr.chiclayo@gmail.com



GRAVEDAD ESPECIFICA (NORMA NTP 339.131)

PROYECTO	: Evaluación de la Estabilidad de un Muro PNEUSOL Tipo "Lighweigt" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udimá – Región Cajamarca.	
UBICACIÓN	: C.P. Udimá – Región Cajamarca.	
MATERIAL	: Terreno Existente	RESP. LAB.: R.H.B.C.
		TEC. LAB.: J.A.S.A
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales	FECHA: 18/10/2019

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: 02
MUESTRA	: M-01
PROF. (m)	: 0.00 - 0.80

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA			1	2		
1	Temperatura de ensayo Tt (°C)	:	24.9	25.3		
2	Densidad del agua a la temperatura de ensayo ρ_w, t (g/mL)	:	0.99707	0.99697		
3	Masa del picnómetro, Mp (g)	:	150.6	150.6		
4	Volumen del picnómetro, Vp (mL)	:	499.8	499.8		
5	Masa del picnómetro + agua + suelo seco, Mpws,t (g)	:	684.8	686.3		
6	Masa del suelo seco, Ms (g)	:	57.5	60.1		
7	Masa del picnómetro + agua, Mpw,t , (3+(4x2)) (g)	:	648.936	648.886		
8	Gravedad específica a la temperatura de ensayo, Gt, (6/(7-(5-6)))	:	2.6577	2.6493		
9	Factor de corrección por temperatura, K	:	0.9989	0.9988		
10	Gravedad específica a 20°C, (8x9)	:	2.6547	2.6460		2.6503

Observaciones Las muestras fueron traídas por el solicitante.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Jaime A. Severino Aquino
TECNICO LABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. Royce H. Burga Cayrey
ING. CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP 18324





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

📍 Calle Los Ángeles N° 120. Urb. El Paraíso – Chiclayo. ☎ (074) 512307, 📠 978 360 036 – 993 595 300.
✉ constructora.gvr.chiclayo@gmail.com

RELACIONES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS DEL SUELO (NORMA NTP 339.139)

PROYECTO	: Evaluación de la Estabilidad de un Muro PNEUSOL Tipo "Lighweigt" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udima – Región Cajamarca.	
UBICACIÓN	: C.P. Udima – Región Cajamarca.	
MATERIAL	: Terreno Existente	RESP. LAB. : R.H.B.C. TEC. LAB. : J.A.S.A
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales	FECHA : 18/10/2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: 02
MUESTRA	: M-01
PROF. (m)	: 0.00 - 0.80

DATOS DEL ENSAYO

1	N° de ensayo		1	2	3	
2	Peso de suelo tallado húmedo	:	55.6	55.9	55.2	
3	Peso de suelo + parafina	:	65.7	64.6	66.8	
4	Peso de suelo + parafina (sumergido)	:	23.1	23.7	22.5	
5	Volumen del suelo + parafina	:	43.03	41.31	44.75	
6	Peso específico de la parafina	:	0.96	0.96	0.96	
7	Volumen de la parafina	:	10.52	9.06	12.08	
8	Volumen del suelo tallado húmedo	:	32.51	32.25	32.66	
9	Contenido de humedad (w%)	:	44.12	44.12	44.12	
10	Densidad húmeda	:	1.71	1.73	1.69	
11	Densidad seca	:	1.19	1.20	1.17	
12	Peso de suelo seco	:	38.58	38.79	38.30	
13	Gravedad específica de sólidos	:	2.65	2.65	2.65	
14	Volumen de suelo seco	:	14.71	14.78	14.60	
15	Volumen de vacíos	:	17.80	17.47	18.06	
16	Volumen del agua	:	17.19	17.29	17.07	
17	Relación de vacíos (e)	:	1.21	1.18	1.24	
18	Porosidad (n)	:	54.77	54.16	55.30	
19	Grado de saturación (S)	:	96.57	98.97	94.49	96.7

Observaciones Las muestras fueron traídas por el solicitante.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Jairme A. Severino Aquino
TÉCNICO LABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. Royser H. Barrera Caycedo
ING. CIVIL ESPECIALIZADO
REG. CIP 18324





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

📍 Calle Los Ángeles N° 120. Urb. El Paraíso – Chiclayo. ☎ (074) 512307, 📠 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

(Norma NTP 339.171)

PROYECTO	Evaluación de la Estabilidad del Muro PNEUSOL Tipo "Lightweig" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udima – Región Cajamarca.		
UBICACIÓN	: C.P. Udima – Región Cajamarca.		
CALICATA	: 02		
MUESTRA	: M-02	RESP. DE LAB :	R.H.B.C.
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 0.80	TEC. LAB :	J.A.S.A.
		FECHA :	18/10/2019
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales	ESTADO :	REMOLDEADA

DATOS		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)		1.00		2.00		4.00	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Area (cm ²)		28.75	28.75	28.75	28.75	28.75	28.75
Densidad Húmeda (g/cm ³)		1.96	1.94	1.96	1.94	1.97	1.93
Humedad (%)		27.18	36.57	28.05	35.74	28.40	36.73
Densidad Seca (g/cm ³)		1.54	1.42	1.53	1.43	1.53	1.41

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte		Deform. Tangencial (mm)	Esfuerzo de Corte	
	Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizado (kg/cm ²)
0.10	0.074	0.168	0.10	0.122	0.138	0.10	0.194	0.109
0.20	0.101	0.229	0.20	0.161	0.182	0.20	0.241	0.136
0.30	0.119	0.267	0.30	0.197	0.222	0.30	0.288	0.162
0.40	0.136	0.306	0.40	0.230	0.259	0.40	0.332	0.187
0.50	0.180	0.406	0.50	0.273	0.307	0.50	0.391	0.220
0.60	0.204	0.461	0.60	0.319	0.359	0.60	0.441	0.249
0.70	0.225	0.508	0.70	0.358	0.404	0.70	0.486	0.274
0.80	0.246	0.555	0.80	0.391	0.441	0.80	0.518	0.292
0.90	0.257	0.579	0.90	0.428	0.482	0.90	0.569	0.321
1.00	0.267	0.603	1.00	0.458	0.516	1.00	0.601	0.339
1.10	0.275	0.619	1.10	0.479	0.539	1.10	0.627	0.353
1.20	0.282	0.636	1.20	0.496	0.559	1.20	0.637	0.359
1.30	0.286	0.645	1.30	0.513	0.578	1.30	0.648	0.365
1.40	0.290	0.654	1.40	0.527	0.594	1.40	0.655	0.369
1.50	0.290	0.655	1.50	0.538	0.606	1.50	0.663	0.374
1.60	0.291	0.656	1.60	0.545	0.615	1.60	0.664	0.374
1.70	0.288	0.649	1.70	0.553	0.623	1.70	0.665	0.375
1.80	0.285	0.642	1.80	0.560	0.632	1.80	0.666	0.375
1.90	0.285	0.643	1.90	0.561	0.633	1.90	0.667	0.376
2.00	0.286	0.644	2.00	0.562	0.634	2.00	0.672	0.379
2.10	0.286	0.646	2.10	0.560	0.631	2.10	0.673	0.379
2.20	0.287	0.647	2.20	0.561	0.632	2.20	0.674	0.380
2.30	0.284	0.640	2.30	0.562	0.633	2.30	0.678	0.382
2.40	0.284	0.641	2.40	0.559	0.631	2.40	0.679	0.383
2.50	0.285	0.642	2.50	0.560	0.632	2.50	0.680	0.384
2.60	0.285	0.643	2.60	0.561	0.633	2.60	0.682	0.384
2.70	0.282	0.636	2.70	0.559	0.630	2.70	0.686	0.387
2.80	0.283	0.637	2.80	0.560	0.631	2.80	0.687	0.387
2.90	0.283	0.638	2.90	0.557	0.628	2.90	0.688	0.388
3.00	0.284	0.639	3.00	0.558	0.629	3.00	0.689	0.389
3.10	0.281	0.633	3.10	0.559	0.631	3.10	0.694	0.391
3.20	0.281	0.634	3.20	0.557	0.628	3.20	0.695	0.392
3.30	0.281	0.635	3.30	0.558	0.629	3.30	0.696	0.392
3.40	0.282	0.636	3.40	0.559	0.630	3.40	0.697	0.393
3.50	0.279	0.629	3.50	0.556	0.627	3.50	0.702	0.396

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Don't know
Jaime A. Severino Aquino
TÉCNICO LABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. Raynor H. Riera Cayca
INGENIERO LABORATORISTA
REG. CIP 188234





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

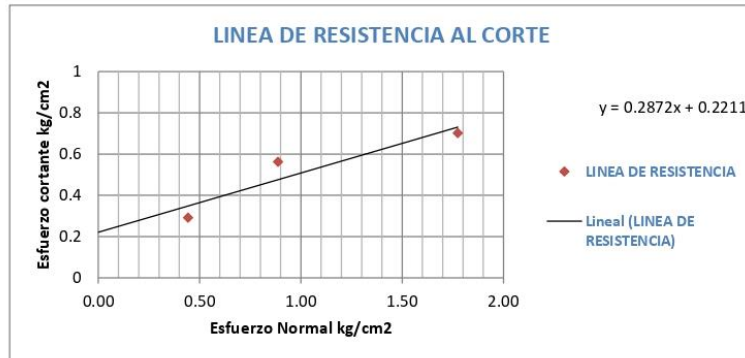
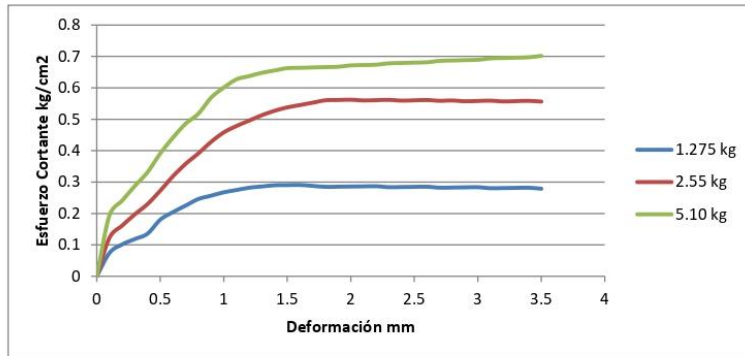
🏠 Calle Los Ángeles N° 120. Urb. El Paraíso – Chiclayo. ☎ (074) 512307, 📠 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(Norma NTP 339.171)

PROYECTO	Evaluación de la Estabilidad del Muro PNEUSOL Tipo "Lighweight" como Técnica de Remediación para Deslizamientos en el C.P. Udimá – Región Cajamarca.		
UBICACIÓN	: C.P. Udimá – Región Cajamarca.		
CALICATA	: 02	RESP. DE LAB	: R.H.B.C.
MUESTRA	: M-02	TEC. LAB	: J.A.S.A.
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 0.80	FECHA	: 18/10/2019
SOLICITANTE	: Abdías Núñez Morales	ESTADO	: REMOLDEADA
		VEL. ENSAYO	: 0.5mm/min








Parámetros de Resistencia al Corte		
Cohesion	=	0.22 kg/cm ²
Angulo de Fricción Interna	=	16.0 °

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. ROYAL H. RIVERA CAYURU
TÉCNICO LABORATORISTA

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. ROYAL H. RIVERA CAYURU
ING. DEL CIP 18434



Anexo 2 Datos topográficos para verificación de desplazamientos en el muro.

VERIFICACION DE DESPLAZAMIENTOS DEL MURO PNEUSOL									
DATOS DEL PROYECTO									
PROYECTO:	TESIS: Evaluación de la estabilidad del muro PNEUSOL tipo "lighweig" como técnica de remediación para deslizamientos en el CP Udima - Región Cajamarca								
LUGAR:	CP Udima - Catache - Santa Cruz - Cajamarca								
ESPECIALIDAD:	Topografía								
DATOS DEL PROFESIONAL:	Mestanza Villegas, Gilmer Evergisto - Topógrafo						PAGINA:	1 de 3	
TOMA DE DATOS									
LECTURA N° 01					17 de Octubre del 2019 - 9.00 am				
Estacion E3		E = 711375.00 N = 9246571.00 Z = 2350.00			ALTURAS		DH5		
Referencia RA		E = 711373.00 N = 9246561.00 Z = 2352.00					DISTANCIAS		
							COTAS		
					H4		14.735		
					H3		14.375		
					H2		14.224		
					H1		14.069		
							2351.062		
							2350.548		
							2350.024		
							2349.591		
ALTURAS	DH4		DH3		DH2		DH1		
	DISTANCIAS	COTAS	DISTANCIAS	COTAS	DISTANCIAS	COTAS	DISTANCIAS	COTAS	
H4	13.428	2351.069	11.754	2351.129	10.588	2351.107	9.600	2351.089	
H3	12.988	2350.568	11.602	2350.585	10.421	2350.596	9.377	2350.577	
H2	12.833	2350.038	11.485	2350.075	10.272	2350.071	9.196	2350.093	
H1	12.672	2349.617	11.354	2349.625	10.161	2349.613	9.057	2349.605	
EVIDENCIA FOTOGRAFICA									
									
PROFESIONAL RESPONSABLE			EQUIPOS REQUERIDOS EN CAMPO			CONFORMIDAD DEL SOLICITANTE			
 Gilmer E. Mestanza Villegas TOPOGRAFO CÓDIGO: CH.0187-2000			Estacion Total Leika TS02			 Rach. Matias Nuñez.			
			GPSmap 76CSx						
NOMBRE Y FIRMA						NOMBRE Y FIRMA			

VERIFICACION DE DESPLAZAMIENTOS DEL MURO PNEUSOL

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	TESIS: Evaluación de la estabilidad del muro PNEUSOL tipo "lighweig" como técnica de remediación para deslizamientos en el CP Udima - Región Cajamarca	
LUGAR:	CP Udima - Catache - Santa Cruz - Cajamarca	
ESPECIALIDAD:	Topografía	
DATOS DEL PROFESIONAL:	Mestanza Villegas, Gilmer Evergisto - Topógrafo	PAGINA: 2 de 3

TOMA DE DATOS

LECTURA N° 012

17 de Octubre del 2019 - 11.30 am

Estacion E3	E = 711375.00
	N = 9246571.00
	Z = 2350.00
Referencia RA	E = 711373.00
	N = 9246561.00
	Z = 2352.00

ALTURAS	DH5	
	DISTANCIAS	COTAS
H4	14.734	2351.062
H3	14.373	2350.549
H2	14.222	2350.024
H1	14.068	2349.591

ALTURAS	DH4		DH3		DH2		DH1	
	DISTANCIAS	COTAS	DISTANCIAS	COTAS	DISTANCIAS	COTAS	DISTANCIAS	COTAS
H4	13.427	2351.069	11.754	2351.129	10.588	2351.108	9.603	2351.088
H3	12.989	2350.568	11.601	2350.585	10.421	2350.596	9.377	2350.577
H2	12.834	2350.039	11.483	2350.076	10.272	2350.071	9.196	2350.093
H1	12.669	2349.616	11.354	2349.625	10.161	2349.613	9.056	2349.605

EVIDENCIA FOTOGRAFICA



PROFESIONAL RESPONSABLE	EQUIPOS REQUERIDOS EN CAMPO	CONFORMIDAD DEL SOLICITANTE
 Gilmer E. Mestanza Villegas TOPOGRAFO CÓDIGO: CH.0187-2009	Estacion Total Leika TS02	 Bach. Abalos Nuñez
	GPSmap 76CSx	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA

VERIFICACION DE DESPLAZAMIENTOS DEL MURO PNEUSOL

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO:	TESIS: Evaluación de la estabilidad del muro PNEUSOL tipo "lighweight" como técnica de remediación para deslizamientos en el CP Udima - Región Cajamarca	
LUGAR:	CP Udima - Catache - Santa Cruz - Cajamarca	
ESPECIALIDAD:	Topografía	
DATOS DEL PROFESIONAL:	Mestanza Villegas, Gilmer Evergisto - Topógrafo	PAGINA: 3 de 3

TOMA DE DATOS

LECTURA N° 03

17de Octubre del 2019 - 02.00 pm

Estacion E3	E = 711375.00
	N = 9246571.00
	Z = 2350.00
Referencia RA	E = 711373.00
	N = 9246561.00
	Z = 2352.00

ALTURAS	DH5	
	DISTANCIAS	COTAS
H4	14.734	2351.063
H3	14.375	2350.548
H2	14.225	2350.025
H1	14.069	2349.591

ALTURAS	DH4		DH3		DH2		DH1	
	DISTANCIAS	COTAS	DISTANCIAS	COTAS	DISTANCIAS	COTAS	DISTANCIAS	COTAS
H4	13.427	2351.070	11.753	2351.130	10.589	2351.107	9.607	2351.089
H3	12.989	2350.568	11.604	2350.585	10.423	2350.595	9.378	2350.577
H2	12.834	2350.038	11.484	2350.076	10.272	2350.071	9.196	2350.093
H1	12.670	2349.615	11.353	2349.625	10.160	2349.613	9.056	2349.605

EVIDENCIA FOTOGRAFICA



PROFESIONAL RESPONSABLE	EQUIPOS REQUERIDOS EN CAMPO	CONFORMIDAD DEL SOLICITANTE
Gilmer E. Mestanza Villegas TOPOGRAFO CÓDIGO: CH.0187-2009	Estacion Total Leica TS02	Pach. Abelios Nuñez.
	GPSmap 76CSx	

“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD”

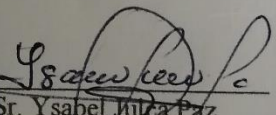
CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Sr. **YSABEL JULCA PAZ**, identificado con DNI. N° **16772517**, con domicilio real en la calle Santa Rita S/N del Centro Poblado Udima, distrito de Catache, provincia de Santa Cruz, región Cajamarca, en Calidad de Alcalde de Centro Poblado de Udima.

Expresamente **Autorizo** al: Bachiller en Ingeniería Civil **ABDIAS NUÑEZ MORALES**, identificado con Código Universitario **201410011** y DNI. N° **75608935**, para realizar la ejecución del proyecto de tesis “Evaluación de la estabilidad de un muro PNEUSOL tipo lighweigt como técnica de remediación para deslizamientos en el CP. Udima – Región Cajamarca” en las áreas del centro poblado que el investigador crea conveniente; durante el periodo de los meses de julio 2019 a marzo de 2020.

Para que así conste y surta los efectos oportunos, firmo la presente, en el Centro Poblado de Udima, a los 19 días del mes de junio del 2019.




Sr. Ysabel Julca Paz
Alcalde de Centro Poblado de Udima

Anexo 4 Ocurrencia de deslizamientos en el CP Udimá.



Foto 1. Ocurrencia de deslizamiento en el CP Udimá – Diciembre 2018



Foto 2. Ocurrencia de deslizamiento en el CP Udimá – Diciembre 2018



Foto 3. Ocurrencia de deslizamiento CP Udimá – Diciembre 2018

Anexo 5 Construcción del muro Pneusol tipo Lighweigt.



Foto 4. Excavación para la cimentación del muro



Foto 5. Colocación de la primera hilada



Foto 6. Instalación del drenaje



Foto 7. Muro Pneusol Tipo Lighweigt construido.

Anexo 6 Toma de datos con equipo topográfico



Foto 8. Instalación de los puntos de control



Foto 9. Toma de datos para la referencia atrás



Foto 10. Instalación de la Estación Total



Foto 11. Toma de datos con la Estación Total



Foto 12. Lectura y registro de datos obtenidos

Anexo 7 Saturación del relleno



Foto 13. Saturación del relleno



Foto 14. Evidencia de las aguas vertidas en la tubería de drenaje



Foto 15. Saturación del relleno

Anexo 8 Toma de muestras para laboratorio



17/10/19
-6°48'45,092"S -79°5'14,603"W
Udima
Santa Cruz
Cajamarca
TESIS_MURO PNEUSOL

Foto 16. Calicata N°02



17/10/19
-6°48'45,069"S -79°5'14,655"W
Udima
Santa Cruz
Cajamarca
TESIS_MURO PNEUSOL

Foto 17. Toma de muestra en campo



17/10/19
-6°48'47,088"S -79°5'18,616"W
Udima
Santa Cruz
Cajamarca
TESIS_MURO PNEUSOL

Foto 18. Parafinado de muestras

Anexo 9 Desarrollo de los ensayos de laboratorio



Foto 19. Desarrollo del ensayo de granulometría



Foto 20. Desarrollo del ensayo de contenido de humedad



Foto 21. Preparación de los equipos para realizar los ensayos

Anexo 10 Mapa de ubicación del proyecto

