



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis comparativo de muros de neumáticos reciclados y gaviones para estabilizar taludes en suelos arcillosos en Cutervo - Cajamarca

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) civil

AUTORES

Vizcarra Espinoza, Alvaro Saul
ORCID: 0000-0002-5009-5488

Yataco Valle, María de los Angeles
ORCID: 0000-0003-3748-0426

ASESOR

Torres Chung, César Roberto
ORCID: 0000-0002-3212-2817

Lima, Perú
2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Vizcarra Espinoza, Alvaro Saul

DNI: 73226561

Yataco Valle, María de los Angeles

DNI: 72281177

Datos de asesor

Torres Chung, César Roberto

DNI: 41182279

Datos del jurado

JURADO 1

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

JURADO 2

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

ORCID: 0000-0002-1759-2132

JURADO 3

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Cecilia y Saúl y mis hermanas Fiorella y Megan, quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mis cinco años de estudio.

Vizcarra Espinoza, Alvaro Saul

Esta tesis va dedicada a mis padres Iris y Fernando y a mis abuelitos Hermelinda y Pepe, quienes me enseñan a superarme cada día, a ver el lado positivo de las cosas y siempre mantenerme firme en cada etapa de mi vida personal y profesional.

Yataco Valle, María de los Angeles

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a Dios por guiarnos siempre a lo largo de nuestra vida personal, académica y profesional.

A nuestros padres, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional.

Nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor por la dedicación y paciencia, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera y a todas las personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

Alvaro Vizcarra y María de los Angeles Yataco

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Delimitación de la investigación	5
1.4.1. Geográfica	5
1.4.2. Temporal	6
1.4.3. Temática	6
1.4.4. Muestral.....	6
1.4.5. Justificación del estudio	6
1.5. Justificación del estudio.....	6
1.5.1. Conveniencia.....	6
1.5.2. Relevancia social.....	6
1.5.3. Aplicaciones prácticas	7
1.5.4. Utilidad metodológica	7
1.5.5. Valor teórico.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco histórico	8
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	9
2.2.1. Investigaciones internacionales.....	9
2.2.2. Investigaciones nacionales	10
2.2.3. Artículos relacionados con el tema	11

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	12
2.3.1. Talud.....	12
2.3.2. Suelos arcillosos	13
2.3.4. Muros de contención	15
2.3.5. Neumáticos.....	17
2.3.6. Gaviones.....	20
2.3.7. Proceso constructivo muro de contención con gaviones.....	26
2.3.8. Proceso constructivo muro de contención con neumáticos.....	30
2.3.9. Métodos de análisis de estabilidad de taludes	34
2.4. Definición de términos básicos.....	37
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	40
3.1. Hipótesis	40
3.1.1. Hipótesis general:	40
3.1.2. Hipótesis específicas:	40
3.2. Variables	40
3.2.1. Variables independientes	40
3.2.2. Variables dependientes.....	40
3.3. Sistema de variables	40
3.3.1. Definición conceptual	40
3.3.2. Definición operacional	41
CAPITULO IV: METODOLOGÍA	45
4.1. Método de la investigación.....	45
4.2. Tipo de la investigación.....	45
4.3. Nivel de investigación	45
4.4. Diseño de la investigación	45
4.5. Población y muestra.....	45
4.5.1. Población.....	45
4.5.2. Muestra.....	46
4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos	48
4.6.1. Instrumento de recolección de datos	48
4.6.2. Métodos y técnicas	48

CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	49
5.1 Diagnóstico y situación actual	49
5.1.1 Antecedentes	49
5.1.2 Generalidades	51
5.2 Análisis comparativos entre muros de contención	56
5.2.1 Análisis técnico de muros de contención	56
5.2.2 Análisis económico de muro de neumático reciclado y gaviones.....	93
5.2.3 Análisis temporal de muro de neumático reciclado vs gaviones	94
5.3 Análisis de resultados	95
5.3.1 Análisis de diseño mediante la teoría de Coulumb	95
5.3.2 Análisis de equilibrio límite utilizando el software Slide	95
DISCUSIÓN	97
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS	106
Anexo 1. Ensayos de laboratorio	106
Anexo 2. Hoja de cálculo muro de gaviones	127
Anexo 3. Hoja de cálculo Muro de neumáticos reciclados.....	129
Anexo 4. Permiso de la empresa.....	131
Anexo 5. Matriz de consistencia.....	132
Anexo 6. Mapa de peligro sísmico probabilístico Cajamarca	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Grado de permeabilidad	15
Tabla N° 2. Coeficiente de permeabilidad	15
Tabla N° 3. Toneladas de NFU generadas en el año 2018.....	19
Tabla N° 4. Distribución de Neumáticos Fuera de Uso por Oficina Registral.....	19
Tabla N° 5. Cargas de ruptura de las mallas hexagonales de doble torsión (kg/m)	21
Tabla N° 6. Resistencia a la tracción de la malla (tf/m).....	21
Tabla N° 7. Dimensiones estándar de los gaviones tipo caja	23
Tabla N° 8. Dimensiones estándar de Gavión tipo colchón	25
Tabla N° 9. Dimensiones estándar de Gavión tipo saco	26
Tabla N° 10. Operacionalización de las Variables	43
Tabla N° 11. Ubicación de la población.....	46
Tabla N° 12. Cuadro comparativo de población, muestra y muestreo	47
Tabla N° 13. Ubicación de calicatas.....	54
Tabla N° 14. Perfil estratigráfico.....	54
Tabla N° 15. Parámetros para el diseño	55
Tabla N° 16. Dimensiones del muro de contención de gavión	57
Tabla N° 17. Dimensiones del muro de contención de gavión	58
Tabla N° 18. Cuadro de fuerzas que actúan en el muro de gavión	59
Tabla N° 19. Factores de capacidad de carga.....	62
Tabla N° 20. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión.....	65
Tabla N° 21. Factores de capacidad de carga.....	68
Tabla N° 22. Dimensiones del muro de contención de gavión	70
Tabla N° 23. Dimensiones del muro de contención de gavión	71
Tabla N° 24. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión.....	72
Tabla N° 25. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión.....	75
Tabla N° 26. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión.....	78
Tabla N° 27. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión.....	81
Tabla N° 28. Resumen de parámetros utilizados.....	83
Tabla N° 29. Resultados de muro de neumáticos reciclados.....	92
Tabla N° 30. Resultados de muro de gaviones.....	92
Tabla N° 31. Análisis de precios unitarios para un muro de neumáticos reciclados.....	93
Tabla N° 32. Análisis de precios unitarios para un muro de gaviones.....	93

Tabla N° 33. Resultados de muro de gaviones.....	95
Tabla N° 34. Resultados de muro de neumáticos reciclados.....	95
Tabla N° 35. Cuadro resumen del factor de seguridad entre tipo de muros.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muro de contención de caucho reciclado en el Cerro Las Cañas, Valparaíso ..	2
Figura 2. Muro de contención de gaviones en asentamientos humanos.....	3
Figura 3. Ubicación de la zona de estudio.....	3
Figura 4. Presencia de suelo arcilloso en urbanización Barrio Niño Dios	4
Figura 5. Partes de un talud natural	12
Figura 6. Partes de un talud artificial.....	13
Figura 7. Tipos de muros de gravedad flexibles.....	16
Figura 8. Falla por deslizamiento	17
Figura 9. Falla por volcamiento.....	17
Figura 10. (a) Forma hexagonal, (b) Forma rectangular. (c) Forma semihexagonal	21
Figura 11. Gavión tipo caja	22
Figura 12. Gavión tipo caja	23
Figura 14. Gavión tipo colchón	24
Figura 15. Gavión tipo colchón	24
Figura 16. Revestimiento de canales para evitar la erosión con colchones de gaviones	24
Figura 18. Gavión tipo saco.....	25
Figura 19. Gaviones en obras hidráulicas.....	26
Figura 21. Montaje	27
Figura 22. Colocación	27
Figura 23. Llenado.....	28
Figura 24. Cierre.....	29
Figura 25. Permeabilidad de los elementos de gaviones	29
Figura 26. Vista de muros de neumáticos reciclados	31
Figura 27. Conformación y nivelación del terreno.....	31
Figura 28. Recolección y selección de llantas de desechos.....	32
Figura 29. Cortado de llantas.....	32
Figura 30. Llenado manual de material seleccionado en la llanta Fuente: Rodríguez (2016)	33
Figura 31. Esquema de colocación de llantas Fuente: Manual de construcción y mantenimiento de muro de llantas (2019)	33
Figura 32. Sistema de drenaje para muros de llantas Fuente: Rodríguez (2016)	34
Figura 33. Fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovelas	35

Figura 34. Ubicación de la población escogida.....	46
Figura 35. Ubicación de la zona de estudio.....	49
Figura 36. Ubicación de la zona de estudio.....	50
Figura 37. Mapa geológico del cuadrángulo de Cutervo.....	51
Figura 38. Tramo de talud arcilloso por contener	52
Figura 39. Tramo de talud arcilloso por contener	52
Figura 40. Calicata 01.....	53
Figura 41. Calicata 02.....	53
Figura 42. Modelamiento 3D topografía	56
Figura 43. Corte de sección de análisis	56
Figura 44. Diseño de muro de gavión	57
Figura 45. Diseño de muro de gavión	70
Figura 46. Método de Fellenius para muro de neumáticos reciclados	84
Figura 47. Método de Bishop para muro de neumáticos reciclados.....	84
Figura 48. Método de Spencer para muro de neumáticos reciclados	85
Figura 49. Método de Morgenstern-Price para muro de neumáticos reciclados.....	85
Figura 50. Método de Fellenius para muro de neumáticos reciclados	86
Figura 51. Método de Bishop para muro de neumáticos reciclados.....	86
Figura 52. Método de Spencer para muro de neumáticos reciclados	87
Figura 53. Método de Morgenstern-Price para muro de neumáticos reciclados.....	87
Figura 54. Método de Fellenius para muro de gaviones.....	88
Figura 55. Método de Bishop para muro de gaviones.....	88
Figura 56. Método de Spencer para muro de gaviones	89
Figura 57. Método de Morgenstern-Price para muro de gaviones	89
Figura 58. Método de Fellenius para muro de gaviones.....	90
Figura 59. Método de Bishop para muro de gaviones.....	90
Figura 60. Método de Spencer para muro de gaviones	91
Figura 61. Método de Morgenstern-Price para muro de gaviones	91
Figura 62. Cronograma de ejecución de muro de neumáticos reciclados. Diagrama de Gantt	94
Figura 63. Cronograma de ejecución de muro de gaviones.	94

RESUMEN

La finalidad de la presente investigación fue realizar un análisis comparativo entre muros de contención con el fin de identificar la mejor alternativa de contención tanto en aspectos técnicos, económicos y constructivos para estabilizar taludes en suelos arcillosos en la urbanización Barrio Niño Dios en la provincia de Cutervo-Cajamarca, se aplicó un diseño no experimental de tipo descriptivo y explicativo, ya que se recogió información de ensayos de laboratorio de un estudio de suelos, tales como: análisis granulométrico, contenido de humedad, límite líquido y plástico, clasificación SUCS, corte directo y peso unitario de la zona de estudio, lo que nos permitió obtener las características físicas y mecánicas del terreno de fundación. Los tipos de muros que se analizaron fueron: neumáticos reciclados y gaviones y fueron diseñados en hojas de cálculo hallando los factores de seguridad por volteo, deslizamiento y por capacidad de carga; para posteriormente realizar el análisis de estabilidad mediante los métodos de equilibrio límite utilizando el software Slide.

De los resultados obtenidos del análisis comparativo, la mejor alternativa técnica y económica de contención es el muro de gaviones debido a que presenta una mayor estabilidad con un factor de seguridad de 5.571, un menor costo de S/.495 423.62 y menor tiempo de ejecución con 52 días frente al muro de neumáticos reciclados.

Palabras Clave: Muro de neumáticos reciclados, gaviones, estabilidad de taludes, suelo arcilloso, factor de seguridad.

ABSTRACT

The purpose of the present investigation was to carry out a comparative analysis between retaining walls in order to identify the best retaining alternative in technical, economic and constructive aspects to stabilize slopes in clay soils in the Barrio Niño Dios urbanization in the province of Cutervo. -Cajamarca, a non-experimental descriptive and explanatory design was applied, since information was collected from laboratory tests of a soil study, such as: granulometric analysis, moisture content, liquid and plastic limit, SUCS classification, direct shear and unit weight of the study area, which allowed us to obtain the physical and mechanical characteristics of the foundation ground. .The types of walls that were analyzed were: recycled tires and gabions and were designed in spreadsheets finding the safety factors for overturning, sliding and load capacity; to subsequently perform the stability analysis using the limit equilibrium methods using the Slide software.

From the results obtained from the comparative analysis, the best technical and economic containment alternative is the gabion wall because it has greater stability with a safety factor of 5,571, a lower cost of S/.495,423.62 and less execution time. with 52 days in front of the wall of recycled tires.

Keywords: Recycled tire wall, gabions, slope stability, clay soil, safety factor.

INTRODUCCIÓN

En el Perú es muy común observar viviendas construidas de forma precaria en los cerros, laderas, sin planificación urbana, sin asesoría técnica y profesional, debido a la necesidad y situación socioeconómica de los pobladores, los cuales se enfrentan a una amenaza latente debido a los posibles derrumbes y deslizamientos de los taludes, a causa de fenómenos sísmicos o condiciones climatológicas.

La presente investigación se realizó con el interés de estabilizar un talud de suelo arcilloso ubicado en la urbanización Barrio Niño Dios en la provincia de Cutervo-Cajamarca utilizando gaviones o muros de neumáticos reciclados, frente a los posibles deslizamientos debido a fenómenos climáticos y sísmicos.

Los muros de neumáticos reciclados y gaviones sirven para la protección de caminos, viviendas y terrenos que presentan una amenaza latente de derrumbe o deslizamiento, estos muros pueden ser útiles para estabilizar taludes a través de la retención de los suelos, debido a su composición pueden ser de larga duración y resistentes a agentes naturales, siendo su construcción sencilla y de fácil adaptación en comunidades.

Esta investigación tiene como propósito encontrar la mejor alternativa técnica y económica utilizando muros de neumáticos reciclados o muros de gaviones como muros de contención.

La investigación se divide en 5 capítulos, en los cuales:

Capítulo I. Comprende el planteamiento y realidad del problema, así como también se definen los problemas y objetivos generales y específicos, se delimita y justifica la investigación.

Capítulo II. Contiene los antecedentes de la investigación y estructura teórica que sustenta la misma, los conceptos de gaviones y muros de neumáticos, tipos, procesos constructivos, así como también la definición de términos básicos tales como.

Capítulo III. Contiene las hipótesis planteadas (general y específicas) de acuerdo a nuestros objetivos, las variables establecidas definidas tanto conceptual como operacionalmente.

Capítulo IV. En donde se presenta la metodología de la investigación, el tipo, nivel y diseño de la misma. Así como también se establece la población y muestra para luego describir las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo V. Comprende la descripción del diagnóstico y situación actual del lugar, ubicación del estudio, características geológicas y geomorfológicas, así como la topografía, condiciones climáticas. Contiene también el procedimiento que se realizó para la obtención de los parámetros geotécnicos y el dimensionamiento del muro, finalizando con la presentación y el análisis de nuestros resultados.

Completan la investigación las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, y anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Sosa & Lara (2018) afirman que, en la ciudad de Cutervo, la población se ve afectada por su ubicación geográfica y relieve debido a las intensas lluvias durante los meses de marzo a diciembre que ocasionan grandes movimientos de masa de tipo deslizamiento.

El deslizamiento de un talud es un evidente problema para habitantes de distintas comunidades ya que ocasiona destrucción y daños en viviendas, en carreteras generan intransitabilidad de vehículos de transporte y pasajeros debido a que no se realiza el mantenimiento periódico de taludes ya que por influencia del tipo de clima producen.

Los muros de neumáticos reciclados y gaviones sirven para la protección de caminos, viviendas y terrenos que presentan una amenaza latente de derrumbe o deslizamiento, estos muros pueden ser útiles para estabilizar taludes a través de la retención de los suelos, debido a su composición pueden ser de larga duración y resistentes a agentes naturales, siendo su construcción sencilla y de fácil adaptación en comunidades. Figura 1

En el Perú, existen muros de neumáticos reciclados construidos en su mayoría por habitantes sin conocimiento ni capacitación técnica que genera soluciones temporales con gran riesgo de colapso en el corto y mediano plazo de tiempo.

El uso de neumáticos reciclados en muros de contención contribuye en la reducción de problemas medioambientales y es una buena alternativa tanto técnica como económica para la contención de taludes ya que a comparación del método convencional (concreto) este es de fácil colocación, pero requiere la correcta capacitación para una adecuada construcción y requiere menor inversión en comparación con el convencional.

Piñar (2008) afirma que, en Costa Rica los muros de gaviones son los más utilizados debido a sus características como la flexibilidad, permeabilidad, facilidad constructiva y económica.

Los muros de gaviones tienen la ventaja de ser fáciles de instalar integrándose adecuadamente al medio ambiente que lo rodea, desarrollando incluso una vegetación, visualizando un paisaje agradable a la vista en comparación con un muro de concreto tradicional.

Además de ser fácil de instalar y se adecuan e integran armoniosamente a su entorno, logrando que inclusive la vegetación pueda desarrollarse en ella, presentando así,

El aumento exponencial de vehículos automotores genera un mayor aumento de desechos neumáticos en el mundo, producto de la contaminación se generan problemas medioambientales y de salud que afectan a personas y animales. En su mayoría, los problemas al medio ambiente van desde contaminación marítima hasta incineración de neumáticos.



Figura 1. Muro de contención de caucho reciclado en el Cerro Las Cañas, Valparaíso

Fuente: Revista ingeniería de construcción (2019)



Figura 2. Muro de contención de gaviones en asentamientos humanos

Fuente: Avilés (2014)

El lugar de estudio está situado en la urbanización Barrio Niño Dios del distrito y provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca (Figura 3), donde predomina el tipo de suelo arcilloso de baja plasticidad.

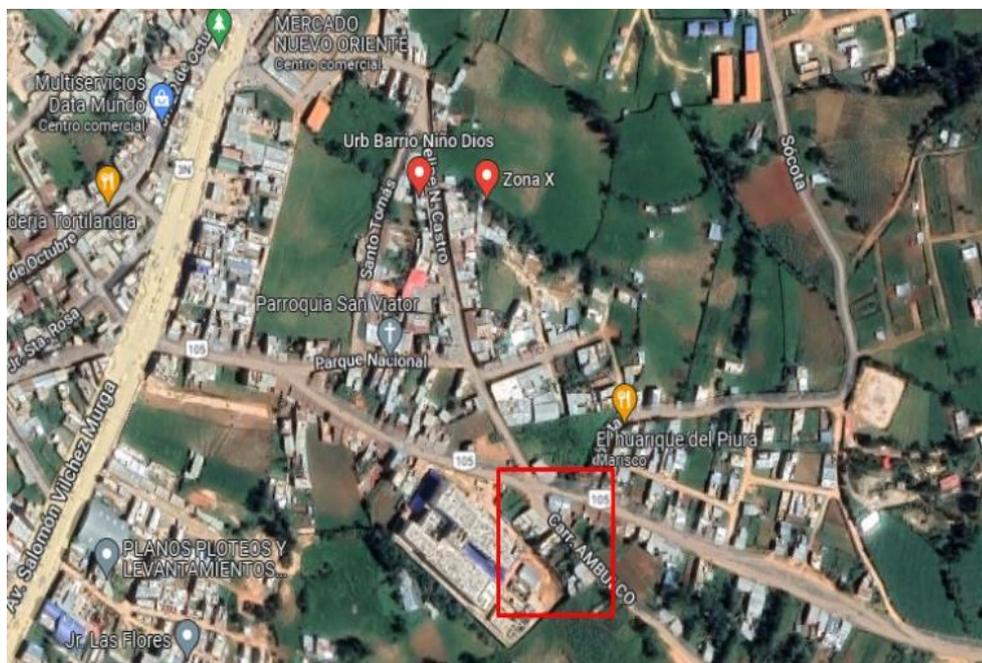


Figura 3. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google maps (2022)



Figura 4. Presencia de suelo arcilloso en urbanización Barrio Niño Dios

Fuente: Propia

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la mejor alternativa de contención entre muros de neumáticos reciclados y gaviones para estabilizar taludes en suelos arcillosos en la urbanización Barrio Niño Dios de la provincia de Cutervo en el departamento de Cajamarca?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la alternativa de contención que brinda una mayor estabilidad?
- b) ¿Cuál es la alternativa de contención con menor tiempo de ejecución?
- c) ¿Cuál es la alternativa de contención más económica?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la mejor alternativa de contención entre muros de neumáticos reciclados y gaviones para estabilizar taludes en suelos arcillosos en la urbanización Barrio Niño Dios de la provincia de Cutervo en el departamento de Cajamarca mediante un análisis comparativo.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Analizar la estabilidad del muro de contención de neumáticos reciclados y gaviones en condiciones estáticas y pseudo estáticas según métodos de equilibrio límite para determinar la alternativa de contención con mayor estabilidad.
- b) Comparar los tiempos de ejecución de un muro de neumáticos reciclados y gaviones utilizando los diagramas de Gantt para determinar la alternativa de contención con menor tiempo de construcción.
- c) Comparar los aspectos económicos de un muro de neumáticos reciclados y gaviones utilizando análisis de precios unitarios para determinar la alternativa de contención con menor costo.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Geográfica

La información recopilada para la presente investigación tiene lugar en el distrito de Cutervo, provincia de Cutervo y departamento de Cajamarca. La provincia de Cutervo se encuentra ubicada en la parte central del espacio geográfico del Departamento de Cajamarca, en la cadena central del sector de los Andes Norteños del Perú. Sus coordenadas son: entre los 5°40'30" en su extremo septentrional, formado por los ríos Chamaya y Marañón, en la Jayua, a orillas del río Chotano, distrito de Cutervo, Latitud Oeste: Entre los meridianos 78°10'36", en sus extremos occidentales, en el cerro Capitán del distrito de Querocotillo.

1.4.2. Temporal

El proyecto de investigación tendrá una duración de 6 meses y se desarrollará entre los meses de mayo y octubre del presente año.

1.4.3. Temática

Esta investigación tiene como objetivo analizar el uso de neumáticos reciclado y gaviones en muros de contención para la estabilidad de taludes de suelos arcillosos mediante los métodos de equilibrio límite y por consiguiente determinar la mejor alternativa.

1.4.4. Muestral

Para la presente investigación se utilizaron los datos obtenidos de un estudio de suelos realizado en la zona de estudio en el departamento de Cajamarca.

1.4.5. Justificación del estudio

Vivimos con la constante preocupación que se produzcan deslizamientos de material a causa de fenómenos naturales (lluvias) o la intervención del hombre (construcción precaria) que a veces estos deslizamientos pueden incurrir en daños a viviendas, carreteras e incluso en pérdidas humanas, es por esto que se brinda una alternativa de solución para la estabilización de taludes de suelos arcillosos.

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Conveniencia

El uso de neumáticos reciclados y gaviones en muros de contención para estabilizar taludes representa una alternativa de solución técnica y económica como reemplazo a un muro tradicional en concreto.

1.5.2. Relevancia social

La propuesta de un muro de contención que contiene neumáticos reciclados y gaviones, representa una alternativa amigable con el medio ambiente puesto que se utiliza material reciclado.

1.5.3. Aplicaciones prácticas

Esta investigación podría ser utilizada para futuras aplicaciones en asentamientos humanos donde muchas veces no se cuenta con el conocimiento técnico y presupuesto necesario.

1.5.4. Utilidad metodológica

Esta investigación representa un instrumento de recolección de datos puesto que se basa en estudios anteriores donde otros autores demuestran el desempeño del caucho reciclado contenido en muros de contención.

1.5.5. Valor teórico

La información obtenida puede servir como material de consulta para futuras investigaciones, para realizar comparaciones con otros materiales reciclados técnica y económicamente.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

Este segundo capítulo nos ayudará a tener una idea más clara sobre nuestra investigación, exponiendo los conceptos básicos y complementarios, así como la estructura teórica y científica que la sustenta.

Los muros de neumáticos reciclados sirven para la protección de caminos, viviendas y terrenos que presentan una amenaza latente de derrumbe o deslizamiento, estos muros pueden ser útiles para estabilizar taludes a través de la retención de los suelos, debido a su composición pueden ser de larga duración y resistentes a agentes naturales, siendo su construcción sencilla y de fácil adaptación en comunidades.

Ante la necesidad de reciclar los neumáticos de desecho, han surgido investigaciones que plantean su reutilización como material de refuerzo en muros de contención para estabilizar taludes, estas investigaciones evalúan el comportamiento de los neumáticos reciclados como estructura de contención a través de estimaciones experimentales y análisis numéricos. La primera investigación en la que se utilizó neumáticos reciclados como material de refuerzo en suelos, fue en el año 1976 en Francia. (Escobar, 2017).

Fue la reconstrucción de un terraplén en una carretera, reforzado con neumáticos en el norte de California, una de las primeras construcciones de este tipo en la década de los 70. (Peña, 2018)

En 1990, el ingeniero y doctor Nguyen Thanh Long, después de una serie de investigaciones, escribe su libro “Pneusol” en donde recopila sus estudios sobre la combinación suelo- neumático y su aplicación en estabilidad de taludes y refuerzo de suelos. (Peña, 2018)

En 1997 en la ciudad de Río de Janeiro se desarrolló una investigación sobre un muro de 60m de largo y 4m de alto, en donde se utilizaron neumáticos rellenos con suelo compactado. (Nader, 2018)

En el año 2012, se construye un muro de contención con neumáticos usados para la recuperación de un paso peatonal en el barrio Fuente Clara de Robledo en la

ciudad de Medellín, Colombia beneficiando a 200 habitantes. (Criollo y León, 2017)

Por otro lado, el muro de gaviones se ha utilizado ampliamente en el mundo en diversos proyectos para el control de la erosión, trabajos de recuperación de suelos, construcción de canales de ríos y estructuras de contención.

Las estructuras de gravedad en gaviones son sistemas tradicionales de contención. Su origen es italiano y fueron empleadas, por primera vez en su versión moderna, al final del siglo XIX. Desde entonces su utilización es creciente y los campos de utilización son más amplios cada día. En América Latina esta solución comenzó a ser utilizada al inicio de los años 70 y hoy ya existen muchas obras en todos los países de la región. (Almeida, 2015)

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1. Investigaciones internacionales

Nader (2018) en su investigación planteó como objetivo analizar si es viable realizar la construcción de un muro de contención con caucho reciclado, obtuvo como conclusión que el muro de caucho es viable además de generar un beneficio económico y medioambiental.

Peña (2018) en su investigación planteó como objetivo principal investigar el material compuesto por neumático y suelo compactado como unidad base para la construcción de muros de contención llegando a la conclusión de que los muros de contención construidos con neumáticos desechados son una buena alternativa para la construcción de estructuras de contención porque suman la estabilidad mecánica y un menor costo económico, en comparación a otros sistemas de contención tradicionalmente utilizados.

Daniela, Córdoba y Benavides (2019) en su investigación plantearon como objetivo principal diseñar y construir un muro de contención con neumáticos usados, para la comunidad del Barrio Rincón Santo (La Mesa – Cundinamarca), con el fin de contener el talud que afecta el acceso a algunas viviendas del barrio llegando a la conclusión que de acuerdo a los

estudios geotécnicos realizados, se logró determinar la estratigrafía del suelo a trabajar, esto con el fin de determinar el tipo de cimentación que se realizó con los neumáticos y la caracterización del suelo.

Clavijo (2021) en su investigación planteó como objetivo verificar el aprovechamiento de llantas recicladas en obras de ingeniería civil en Colombia, llegando a la conclusión es una buena alternativa técnica y económica el uso de llantas recicladas en obras de ingeniería civil.

Huertas y Rincón (2021) en su investigación planteó como objetivo proponer un muro de contención en material reciclable como una alternativa sostenible para la estabilización del talud, llegando a la conclusión de que las llantas recicladas tienen más durabilidad ya que es el material es muy difícil de desintegrar.

2.2.2. Investigaciones nacionales

Cueto (2018) en su investigación planteó como objetivo determinar la propuesta técnica para estabilizar talud con neumáticos reciclados en la trocha carrozable Hualituna – Curva Gervasio – Región Junín, llegando a la conclusión que la propuesta técnica utilizando neumáticos reciclados permitirá estabilizar el talud en la trocha carrozable Hualituna - curva Gervasio además de ser una alternativa de solución tanto técnica como económica rentable en tiempo y costo.

Canchari (2018) en su investigación planteó como objetivo diseñar muros de contención utilizando neumáticos reciclados mediante un análisis por gravedad y consideraciones sísmicas, llegando a la conclusión de que los muros de contención utilizando neumáticos reciclados son resistentes a las solicitudes de cargas evaluado mediante un análisis por gravedad y consideraciones sísmicas.

Gonzales y Valverde (2021) en su investigación plantearon como objetivo estudiar el comportamiento geotécnico e identificar la mejor alternativa de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en el Asentamiento Humano Los Laureles en el distrito de Villa El Salvador,

llegando a la conclusión el muro de llantas es la mejor alternativa para el corte 1 económicamente hablando con un valor de S/. 41.05 por metro cuadrado, menor que la opción de un muro de pircas y la mejor opción a nivel económico para el corte 2 sería un muro de pircas, con un valor de S/. 207.88 por metro cuadrado, menor que el muro de llantas.

Maguiña (2019) en su investigación planteó como objetivo principal obtener el porcentaje de incorporación del caucho a una mezcla asfáltica, llegando a la conclusión que el grano de caucho reciclado mejora la resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica.

Castro (2018) en su investigación planteó como objetivo principal evaluar el muro de contención como alternativa para soportar un evento sísmico en el asentamiento humano de Bellavista realizando extracción de muestras para diversos ensayos de laboratorios obteniendo, llegando a la conclusión de que el muro de contención es viable, sin embargo, debe de tener un mantenimiento y vigilancia continua.

2.2.3. Artículos relacionados con el tema

Miranda et al (2018) en su artículo planteó como objetivo evaluar y analizar el diseño de muro de contención a base de neumáticos reciclados y su impacto en la sociedad, llegando a la conclusión de que tanto de manera estructural como ambiental los muros de contención hechos de neumáticos son una excelente opción para la contención de tierras principalmente en zonas rurales que es donde se encuentran con mayor frecuencia zonas que requieren este tipo de estructuras.

Mello et al (2020) en su artículo planteó como objetivo comparar dos formas diferentes de muro de contención ambos por gravedad, el gavión como el suelo neumáticos con el fin de establecer sus ventajas y desventajas de carácter mecánico, económico y ambiental, llegando a la conclusión la resistencia de cada tipo de muro es satisfactoria, siendo sus valores cercanos, el muro de gaviones tiene un valor más alto en relación

a la estabilidad al deslizamiento y el muro de neumático es más estable al volcamiento.

Toprak et al (2016) en su artículo indica que los muros de gaviones constituyen una de las soluciones técnicas más económicas y eficientes para estabilizar taludes, destacando sus principales ventajas tales como la flexibilidad, permeabilidad, bajo costo de mantenimiento, estética, eficiente sistema de drenaje y sobre todo amigable con el medio ambiente.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1. Talud

Un talud es un terreno caracterizado por tener una inclinación o pendiente, ésta puede ser natural (Figura 5) o artificial por intervención humana (Figura 6) y puede estar conformado por suelo o roca.

Partes de un talud:

- a) **Cabeza o escarpe:** Es el cambio brusco de pendiente en la parte superior del talud o ladera.
- b) **Altura:** Es la distancia vertical entre la cabeza y el pie del talud.
- c) **Altura del nivel freático:** Es la distancia vertical entre el pie del talud y el nivel del agua.
- d) **Pendiente:** Es la medida de inclinación del talud.
- e) **Pie:** Es el cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

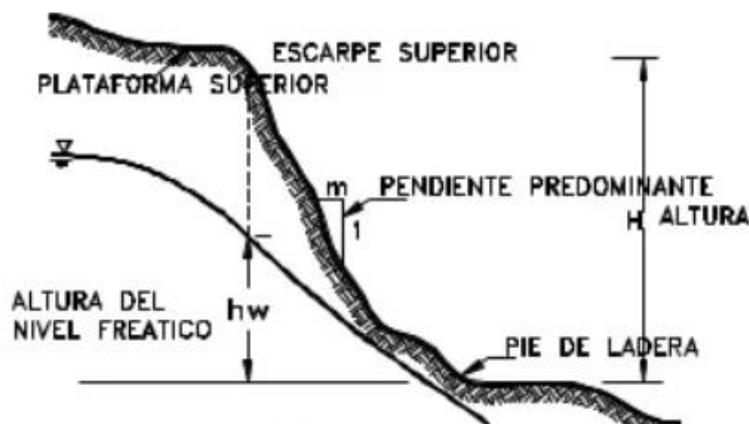


Figura 5. Partes de un talud natural

Fuente: Suarez, J. (2006). Estructuras de Contención de Gravedad

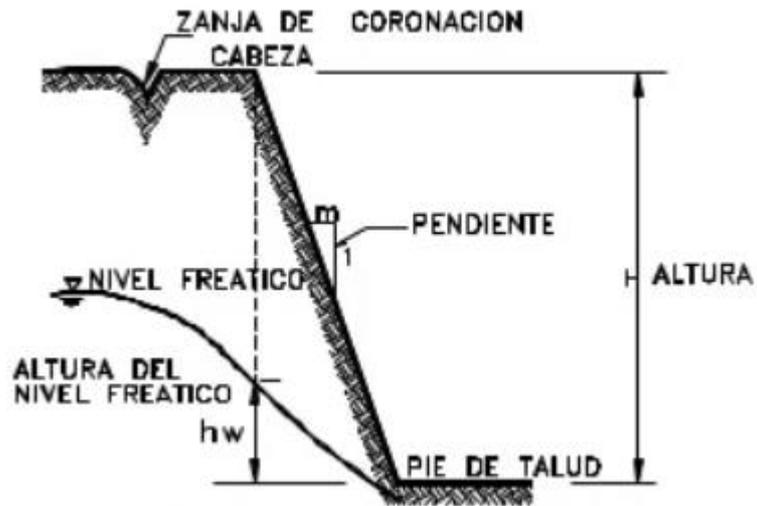


Figura 6. Partes de un talud artificial

Fuente: Suarez, J. (2006). Estructuras de Contención de Gravedad

Un talud de tierra no puede considerarse estable indefinidamente puesto que puede perder su estabilidad debido a agentes naturales externos tales como la presión hidrostática, intemperismo, erosión.

Para evaluar la estabilidad de un talud se necesita desarrollar los siguientes criterios:

- La mecánica de suelos.
- El comportamiento geodinámico del área.
- El flujo del agua.
- La geometría del talud.
- La topografía del entorno

2.3.2. Suelos arcillosos

Braja M. Das (2013) Un suelo arcilloso es aquel donde predominan partículas laminares microscópicas de mica, minerales de arcilla, entre otros. Generalmente su tamaño no excede de 0.002 mm. y desarrollan plasticidad al mezclarse con agua.

2.3.3. Factores que influyen en el comportamiento expansivo de suelos arcillosos

- a) Mineralogía de las arcillas: La capacidad que tiene el suelo a expandirse depende del tipo y la cantidad de arcilla presente. La montmorilonita y la vermiculita son minerales que producen cambios volumétricos, en cambio las ilitas y las caolinitas son raramente expansivos.
- b) Química del agua subterránea: Las propiedades mecánicas de una arcilla pueden modificarse debido al cambio de los cationes contenidos durante el proceso de adsorción, puesto que a diferentes cationes les corresponde distintos espesores de la película adsorbida. Cationes de Na, Ca, Mg y K disueltos en el agua son adsorbidos para balancear las cargas eléctricas superficiales.
- c) Succión del suelo: A mayor succión que es representada por la presión negativa de poros en los suelos no saturados, se produce mayor hinchamiento. Cusquibán Ocas W. (2014)
- d) Plasticidad: La plasticidad de un suelo se debe al contenido de partículas más finas de forma laminar, la cual influye en la compresibilidad del suelo mientras que el tamaño propio de las partículas influyen en la permeabilidad haciendo que ésta sea baja.
- e) Densidad seca inicial: Una densidad alta indica que las partículas del suelo están más próximas lo que denota que existen fuerzas de repulsión mayores, por lo tanto tienden a hincharse más al absorber agua.
- f) Condición de humedad inicial: Los cambios de humedad definen el hinchamiento o encogimiento del perfil de suelo. A menor humedad mayor capacidad de expansión. Cusquibán Ocas W. (2014).
- g) Permeabilidad: Es la capacidad que presentan los suelos arcillosos para permitir el ingreso del agua a través de sus vacíos. En la mayoría de los casos los suelos arcillosos son impermeables debido al tamaño de sus partículas (Tabla N°1), es por esto que retienen gran cantidad de agua (Tabla N°2).

Tabla N° 1. Grado de permeabilidad

Partícula mineral	Tamaño	Grado de permeabilidad
Limo	0.05mm a 0.02mm	Muy bajo
Arcilla	De 0.02mm a menos	Muy bajo o prácticamente impermeable

Fuente: Angelone y Garibay, 2006.

Tabla N° 2. Coeficiente de permeabilidad

Tipo de suelos	Grado de permeabilidad	Coeficiente de permeabilidad K (cm/seg)	Propiedades de drenajes
Limos	Bajo	1×10^{-3} a 1×10^{-5}	Franca a pobre
Arena limo arcilloso	Muy bajo	1×10^{-4} a 1×10^{-7}	Pobre o prácticamente imperceptible
Arcilla homogénea	Muy bajo o prácticamente impermeable	$< 1 \times 10^{-7}$	Prácticamente imperceptible

Fuente: Juárez Badillo, 2005.

- h) **Cohesión y adhesión:** A la atracción entre moléculas de agua, se le conoce como cohesión, mientras que a la atracción de las moléculas con superficies sólidas, se le denomina adhesión.

2.3.4. Muros de contención

Barbosa, C., Barbosa J. & Terreros J. (2015) Son elementos estructurales diseñados para soportar los esfuerzos laterales producidos por un terreno natural o material de relleno, estos pueden ser complementados con anclajes con el fin de aumentar su rigidez y resistencia, generando un mecanismo de transferencia entre el suelo y la estructura.

Los muros de contención funcionan por la acción de su propio peso para evitar el deslizamiento y el vuelco del terreno, pueden ser de gravedad, estructurales y mixtos (suelos reforzados).

Muro de contención de gravedad

Daniela L., Córdoba M., Benavides B. (2019) Son muros de contención que consiguen su resistencia debido a su propio peso. Son esencialmente pasivos, soportan cargas laterales por el deslizamiento del suelo y la altura puede ser muy limitada cuando están cimentados sobre suelos arcillosos, sin embargo, se utilizan con mucha frecuencia para estabilizar y prevenir deslizamientos pequeños.

Los muros de gravedad pueden ser rígidos (concreto) o flexibles (gaviones, de cribas, pedraplenes, de neumáticos reciclados). Figura 4

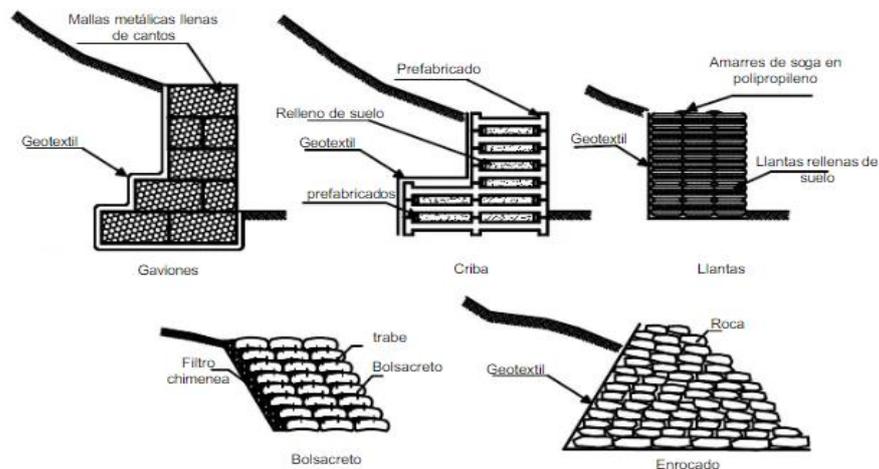


Figura 7. Tipos de muros de gravedad flexibles

Fuente: Suarez, J. (2006). Estructuras de Contención de Gravedad.

Tipos de falla de muros de contención

Deslizamiento

Este tipo de falla sucede cuando las fuerzas horizontales ejercidas por el terreno son mayores que las fuerzas horizontales resistentes del muro. Las posibles causas son: el mal diseño por inclinación del relleno y la utilización de suelos cohesivos para el relleno. Figura 8.

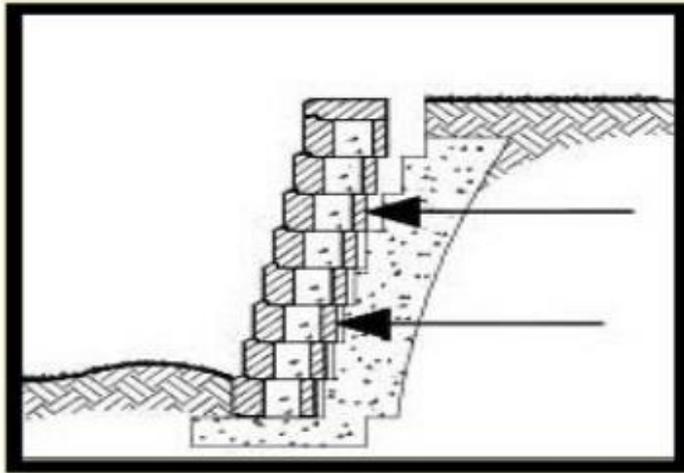


Figura 8. Falla por deslizamiento

Fuente: Allan Block Retaining Walls (pág 10)

Volcamiento

Este tipo de falla sucede cuando la pared gira alrededor de su borde inferior frontal, cuando la suma de los momentos volcantes es mayor a la suma de los momentos resistentes al vuelco. Figura 9.

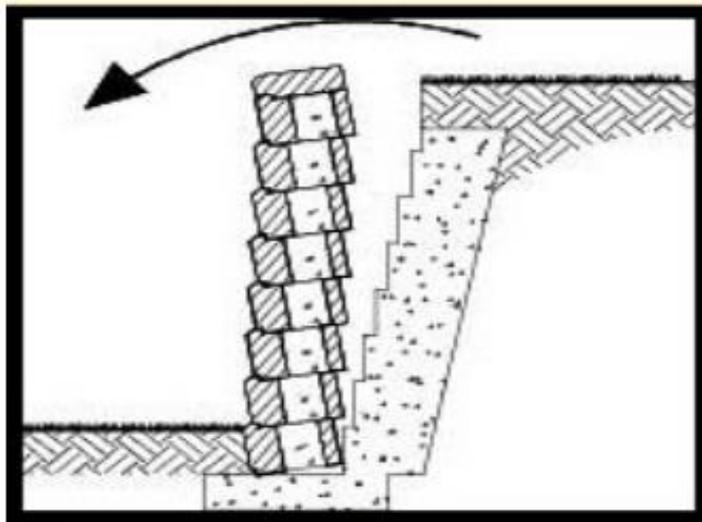


Figura 9. Falla por volcamiento

Fuente: Allan Block Retaining Walls (pág 10)

2.3.5. Neumáticos

El norteamericano Charles Goodyear fue quien descubrió en 1880, el proceso de vulcanización, el cual brinda al caucho la resistencia y solidez para fabricar un neumático.

En geotecnia la construcción de una estructura de gravedad de llantas sirve para limitar los empujes horizontales del suelo puesto que las llantas permiten el confinamiento lateral del material de relleno contribuyendo a la estabilidad del suelo.

Con el consumo de recursos de la población, cada vez se dificulta más el manejo y disposición de los residuos, especialmente de las llantas, que representan una gran contaminación ambiental debido al incremento de su producción y generación de residuos puesto que no son de material biodegradable.

En España, el caucho es considerado como residuo peligroso, por lo que las industrias tienen como obligación almacenarlo adecuadamente y reutilizarlo. En Colombia, Argentina y Chile existen leyes que fomentan el reciclaje y gestionan la responsabilidad de los fabricantes de llantas de caucho. (Abugattas, Carnero, 2020)

Decreto Supremo N° 024 - 2021- MINAM

El productor, toda persona natural o jurídica en calidad de fabricante o importador de vehículos motorizados nuevos o usados, equipados con neumáticos, tiene responsabilidad extendida sobre el neumático durante la fase post consumo. (Art. 8)

El productor tiene la obligación de:

1. Diseñar, implementar y administrar sistemas de manejo de los NFU, de forma individual y/o colectiva, que garanticen la adecuada gestión y manejo de dichos residuos.
2. Presentar un plan de manejo para los neumáticos fuera de uso NFU al MINAM.

La recolección de los NFU, se debe realizar por operadores de residuos sólidos autorizados para la recolección y transporte de NFU y entregados en puntos de acopio, según los sistemas de manejo.” (Art.31)

Quedan excluidos de la presente norma los neumáticos de: bicicletas, motocicletas y sillas de ruedas, neumáticos macizos (que no poseen cámara de aire) (Art. 34).

Tabla N° 3. Toneladas de NFU generadas en el año 2018

Categoría	Toneladas
Menor a 25 pulgadas	66.264,4
Mayor o igual a 25 pulgadas	26.725.3

Fuente: Decreto Supremo N° 024 - 2021- MINAM

Tabla N° 4. Distribución de Neumáticos Fuera de Uso por Oficina Registral

Desde datos MTC total de neumáticos en rodaje año 2018		Porcentaje
01- Zona Registral N° IX	01- Lima	67,20%
02- Zona Registral N° VIII	09 - Huancavelica	2,86%
03- Zona Registral N° XII	01- Arequipa	9,19%
04- Zona Registral N° VII	01- Huaraz	1,26%
05- Zona Registral N° I	01- Piura	2,26%
06- Zona Registral N° X	01- Cusco	3,81%
07- Zona Registral N° XIII	01- Tacna	3,01%
08- Zona Registral N° V	01- Trujillo	5,54%
09- Zona Registral N° IV	01- Iquitos	0,06%
10- Zona Registral N° XI	01- Ica	0,46%
11- Zona Registral N° II	01- Chiclayo	3,62%
12- Zona Registral N° III	01- Moyobamba	0,37%
13- Zona Registral N° VI	01- Pucallpa	0,30%
14- Zona Registral N° XIV	01- Ayacucho	0,08%

Fuente: Decreto Supremo N° 024 - 2021- MINAM

Uso de neumáticos como muros de contención

Los muros de neumáticos conocidos como Pneusol o Tiresoil, consisten en llantas usadas rellenas con suelo compactado, unidas entre sí por medio de una soga, usualmente de polipropileno o nylon. (Daniela, Córdoba & Benavides, 2019)

Los muros de neumáticos reciclados sirven para proteger viviendas, caminos o terrenos con amenaza de derrumbe o deslizamiento, son útiles para la estabilización de taludes y laderas. Debido a la composición de los materiales son de larga duración y resistentes a agentes naturales. (Cueto, 2018)

Son funcionales porque logran el soporte debido a su propio peso y su estabilidad se incrementa debido a la forma en escalera que presentan (de abajo hacia arriba) por la sobreposición de neumáticos rellenos de suelo compactado en los diversos niveles o filas.

Ventajas y beneficios:

- a) Alta resistencia y larga duración debido al material de los neumáticos.
- b) De construcción sencilla y fácil adaptabilidad de las comunidades.
- c) Gran resistencia a la lluvia, rayos solares y erosión.
- d) De fácil mantenimiento.
- e) Son flexibles y permeables, por lo que permiten la vegetación.
- f) Representa un costo bajo en comparación con otros muros (concreto, gaviones) ya que está compuesto de material reciclado.

2.3.6. Gaviones

Gabion es una palabra de origen italiano que significa jaula grande, se trata de una malla entrelazada de acero zincado de forma hexagonal, rectangular o semihexagonal llena de roca y piedra que crean estructuras de contención, las paredes pueden ser diseñadas como rígidas, semirrígidas y flexibles dependiendo del área de construcción, estado del agua subterránea, costo y propósito de uso.

Un gavión de forma hexagonal muestra mejores capacidades de resistencia en comparación con el gavión de forma rectangular convencional. (Ramli et al., 2013)

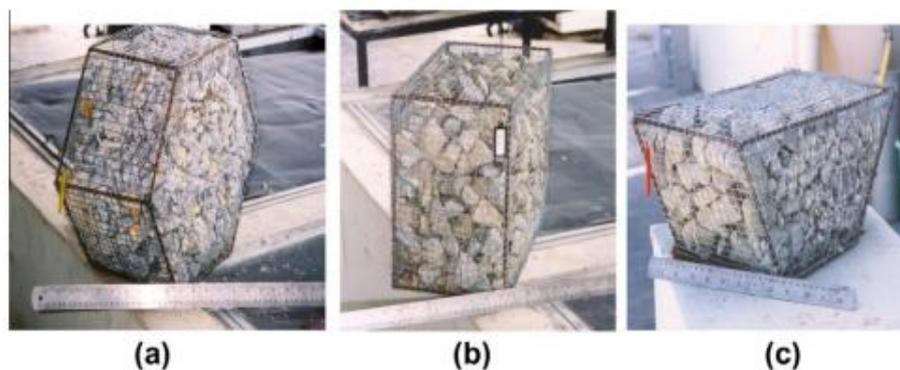


Figura 10. (a) Forma hexagonal, (b) Forma rectangular. (c) Forma semihexagonal

Fuente: Ramli et al. (2013). The stability of gabion walls for earth retaining structures

La malla utilizada para contener las piedras, sirve también como refuerzo integral para toda la estructura, esta debe satisfacer los requisitos de alta mecánica y resistencia a la corrosión, proveer a la estructura la capacidad de soportar los esfuerzos de tensión y corte.

Tabla N° 5. Cargas de ruptura de las mallas hexagonales de doble torsión (kg/m)

Tipo de malla	Carga de ruptura de las mallas hexagonales de doble torsión (kg/m)				
	Alambres – diámetros en milímetros				
	2.00	2.20	2.40	2.70	3.00
5 x 7	3500	4000	4500	-	-
6 x 8	3000	3500	4200	4700	-
8 x 10	-	-	3400	4300	5300
10 x 12	-	-	-	3500	4300

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

Tabla N° 6. Resistencia a la tracción de la malla (tf/m)

Malla	Resistencia Tm (tf/m)				
	Diámetro del alambre (mm)				
	2.00	2.20	2.40	2.70	3.00
5 x 7	3.5	4.0	4.5	-	-
6 x 8	3.0	3.5	4.2	4.7	-
8 x 10	-	-	3.4	4.3	5.3
10 x 12	-	-	-	3.5	4.3

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

Para el llenado de los gaviones, comúnmente se utilizan cantos rodados o piedras chancadas, sin embargo, también pueden utilizarse sacos rellenos

de arena o mortero, escombros, escorias de alto horno, bloques de concreto, etc.

2.3.5.1 Tipos de gaviones

a). **Gaviones tipo caja:** Malla de alambre hexagonal de doble torsión producida generalmente en forma de caja a partir de un único paño en diferentes tamaños. Las cestas de gaviones se utilizan con frecuencia en obras de carreteras y ferrocarriles. La Figura 1b muestra un ejemplo de un gavión tipo caja.

Las dimensiones de los gaviones tipo caja son estandarizadas, manteniendo un alto de 0,5m y 1m.

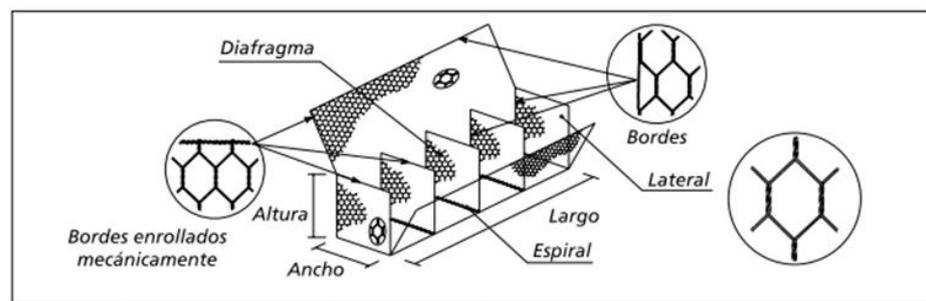


Figura 11. Gavión tipo caja

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)



Figura 12. Gavión tipo caja

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7. Dimensiones estándar de los gaviones tipo caja

Dimensiones Estándar			Volumen (m3)	Diafragmas
Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
1.5	1	0.5	0.75	-
2	1	0.5	1	1
3	1	0.5	1.5	2
4	1	0.5	2	3
1.5	1	1	1.5	-
2	1	1	2	1
3	1	1	3	2
4	1	1	4	3

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

b). Gaviones tipo colchón: Malla de alambre hexagonal de doble torsión producida generalmente en forma de paralelepípedo compuesta por dos elementos base y tapa. Se utilizan para prevenir la erosión en canales. En la figura 14 se puede ver la composición de un gavión tipo colchón mientras que la figura 16 muestra el uso del mismo como revestimiento de un canal.

Las dimensiones de los gaviones tipo colchón son estandarizadas.

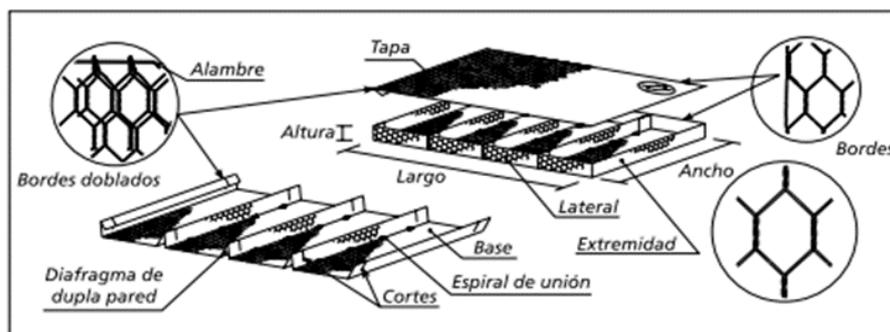


Figura 13. Gavión tipo colchón

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)



Figura 14. Gavión tipo colchón

Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Revestimiento de canales para evitar la erosión con colchones de gaviones

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8. Dimensiones estándar de Gavión tipo colchón

Largo (m)	Dimensiones Estándar		Área (m ²)	Diafragmas
	Ancho (m)	Alto (m)		
3	2	0.1	6	2
4	2	0.17	8	3
5	2	0.17	10	4
6	2	0.17	12	5
3	2	0.23	6	2
4	2	0.23	8	3
5	2	0.23	10	4
6	2	0.23	12	5
3	2	0.3	6	2
4	2	0.3	8	3
5	2	0.3	10	4
6	2	0.3	12	5

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

c). Gaviones tipo saco: Malla de alambre hexagonal producida generalmente en forma cilíndrica a partir de un único paño, de doble torsión. Este tipo se utiliza generalmente en obras hidráulicas en situaciones de emergencia, ya que tienen una estructura porosa y flexible. Las dimensiones de los gaviones tipo colchón son estandarizadas. (Figura 20).

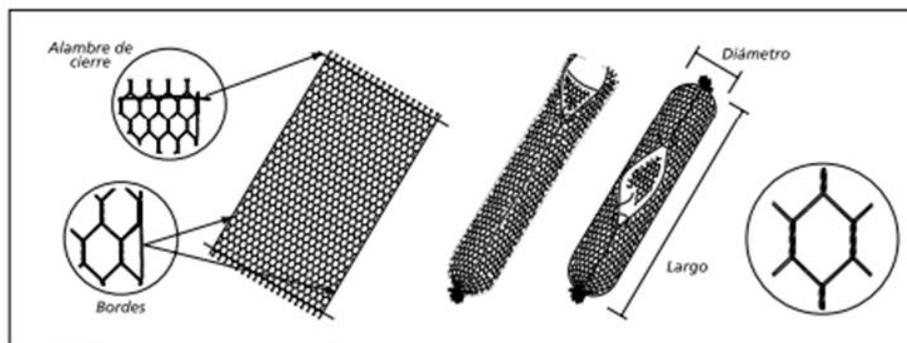


Figura 16. Gavión tipo saco

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

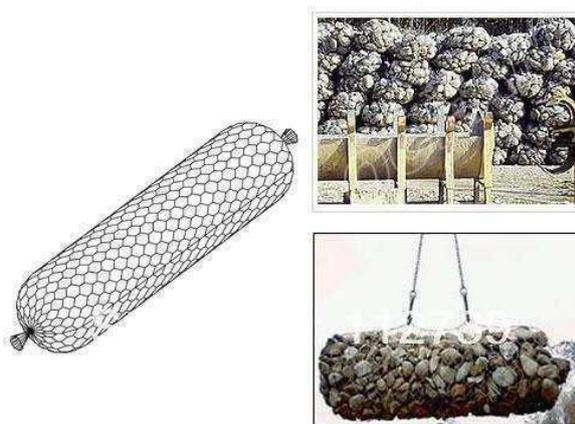


Figura 17. Gaviones en obras hidráulicas

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

Tabla N° 9. Dimensiones estándar de Gavión tipo saco

Dimensiones Estándar		Volumen (m ³)
Largo (m)	Diámetro (m)	
2	0.65	0.65
3	0.65	1
4	0.65	1.3
5	0.65	1.65
6	0.65	2

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

2.3.7. Proceso constructivo muro de contención con gaviones

Los gaviones tipo caja son agrupados en fardos, el fardo siempre debe ser almacenado en el lugar más próximo al montaje, debiendo ser un área plana.

Los gaviones están constituidos por un paño único que, al doblarse forma todas las caras de la caja, los paños son de malla hexagonal de doble torsión producida con alambres de acero revestidos con aleación de zinc o aluminio, y en casos especiales revestidos por una capa de plástico.

1. Montaje

La cara frontal, la cara posterior y la tapa son dobladas y levantadas verticalmente para formar la caja y unir los alambres sobresalientes de las

aristas, al igual que los diafragmas separadores. Por cada arista de 1m de largo, se necesita 1.4m de alambre

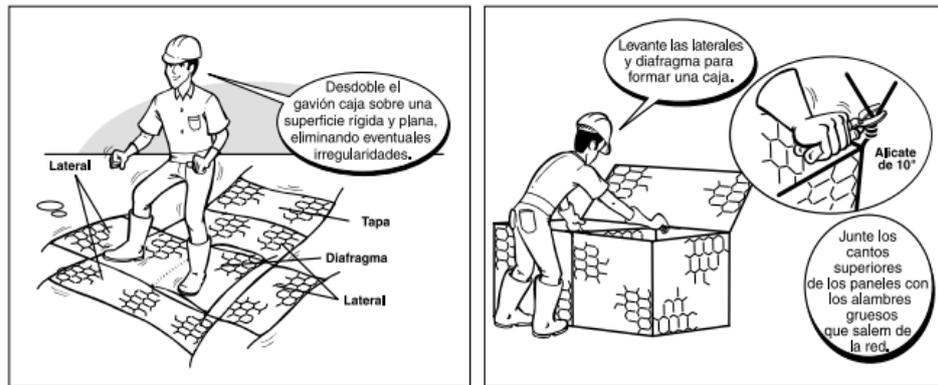


Figura 18. Montaje

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

2. Colocación

Para la colocación, el terreno debe ser preparado y nivelado. Las cajas aún vacías son amarradas a lo largo en todas las aristas en contacto, formando la primera capa de la estructura. El alambre utilizado para el amarre debe pasar a través de todas las mallas que forman el borde, debiendo alternarse una vuelta simple y una doble, para asegurar la unión entre gaviones y pueda resistir los esfuerzos de tracción a los que estará sometido.

Para lograr una buena estética, se puede utilizar encofrado para el acabado del paramento frontal.



Figura 19. Colocación

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

3. Llenado

Para el llenado deben ser usadas piedras limpias, compactas y no solubles en agua, deberán colocarse de manera apropiada para reducir el índice de vacíos (30% o 40%), hasta alcanzar los 0.30m de altura para gaviones de 1m de alto, mientras que 0.25m para gaviones de 0.50m de alto. Se deberá colocar dos tensores horizontalmente cada metro cúbico (mínimo cuatro alambres) tanto a la cara frontal como la cara posterior de cada célula.

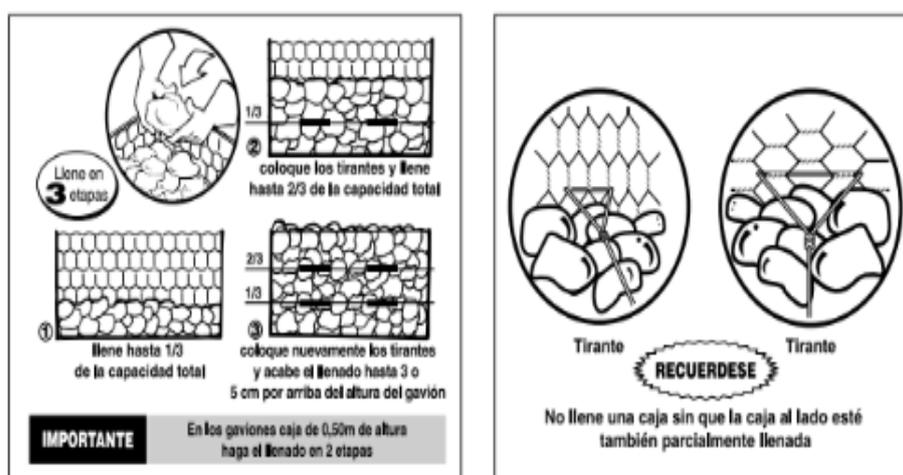


Figura 20. Llenado

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

4. Cierre

Al completar el llenado de los gaviones, se desdobra la tapa sobre la caja con la finalidad de cerrarla, amarrando todos los bordes superiores de los paneles verticales a lo largo de todo el perímetro libre para posteriormente pasar a los diafragmas.



Figura 21. Cierre

Fuente: Manual Técnico de Obras de Contención (2017)

Ventajas de los muros de gaviones

- a. Flexibilidad: Los elementos de gaviones constituyen una solución conveniente para suelos con un alto potencial de asentamiento e hinchazón. Los elementos de gaviones flexibles no se agrietan y no se ven afectados por el terremoto, como los muros de contención por gravedad.
- b. Permeabilidad: Los elementos de gaviones no requieren un sistema de drenaje adicional debido a los espacios entre los materiales de relleno.

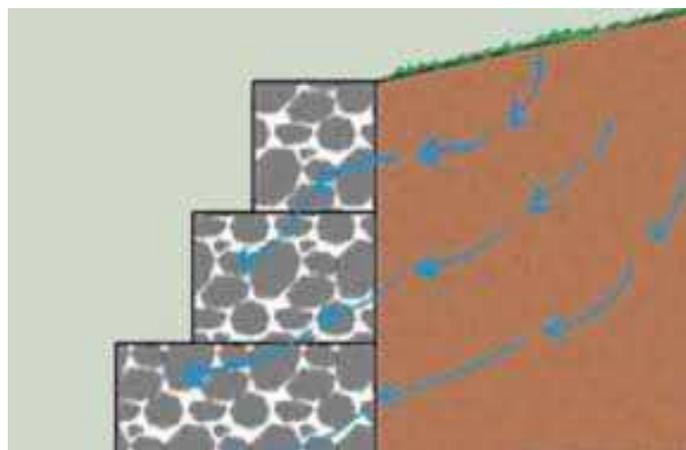


Figura 22. Permeabilidad de los elementos de gaviones

Fuente: Toprak, (2000)

- c. Económico: Los costos de envío de los elementos de gaviones son más bajos debido a la facilidad de embalaje. El montaje de la malla de red no requiere mano de obra calificada, y por lo tanto, los costos de mano de obra son bajos. El material de relleno puede suministrarse fácilmente desde una cantera cerca del lugar de trabajo. Los costos de mantenimiento de los elementos de gaviones son extremadamente bajos.
- d. Respetuoso del medio ambiente: Los elementos Gabion son compatibles con el medio ambiente. Los huecos en el suelo entre los materiales de relleno permiten que la plantación crezca con el tiempo. Los elementos de gaviones no se ven afectados por fenómenos naturales.
- e. Estética: En arquitectura se utilizan elementos de gaviones para arreglos interiores y exteriores. Los elementos de gaviones tienen una perspectiva natural.

Desventajas de los muros de gaviones

- a. Una de las desventajas de los muros de gaviones es la corta vida útil que poseen debido al revestimiento metálico, el cual se ve afectado por la corrosión, a menos que se tomen las medidas necesarias para compensarla.
- b. Las superficies irregulares y materiales de relleno expuesto.
- c. Mayor susceptibilidad al vandalismo.

2.3.8. Proceso constructivo muro de contención con neumáticos

Este sistema tiene como material base los neumáticos desechados y los recicla para reutilizarlos como elemento de contención.



Figura 23. Vista de muros de neumáticos reciclados

Fuente: Medeiros et al., (2000)

a) Conformación y nivelación del terreno

Miranda et al (2018) recomienda realizar cortes o rellenos para luego nivelar por tramos, en forma de terraplén que tenga el ancho de la llanta, dejando cierta inclinación hacia adentro del terreno).



Figura 24. Conformación y nivelación del terreno

Fuente: Miranda et al (2018)

b) Selección de las llantas fuera de uso

Para un correcto proceso constructivo del muro se debe seleccionar neumáticos en buen estado. En caso de cumplir su vida útil es de vital importancia verificar que la estructura interna de los neumáticos no debe estar expuesta para ser reutilizado.



Figura 25. Recolección y selección de llantas de desechos

Fuente: Rodríguez (2016)

c) Corte de las llantas fuera de uso

Rodríguez (2016) recomienda que una de las caras de la llanta debe ser retirada con un cortadora eléctrica, para permitir ser llenada con material de relleno.



Figura 26. Cortado de llantas

Fuente: Rodríguez (2016)

d) Llenado en las llantas fuera de uso

Según Rodríguez (2016) se debe utilizar un material de buena calidad, ya sea que provenga de la excavación del suelo natural del lugar o de un sitio de préstamo. Se recomienda el uso de un compactador manual.



Figura 27. Llenado manual de material seleccionado en la llanta
Fuente: Rodríguez (2016)

e) Amarre entre las llantas fuera de uso

Antúnez (2019) sugiere utilizar para el amarre entre llantas una cuerda de polipropileno de diámetro de 3/16” para las hileras inferiores y en la parte superior una cuerda de diámetro 1/4”, haciendo una alineación como se muestra en la Figura 31.

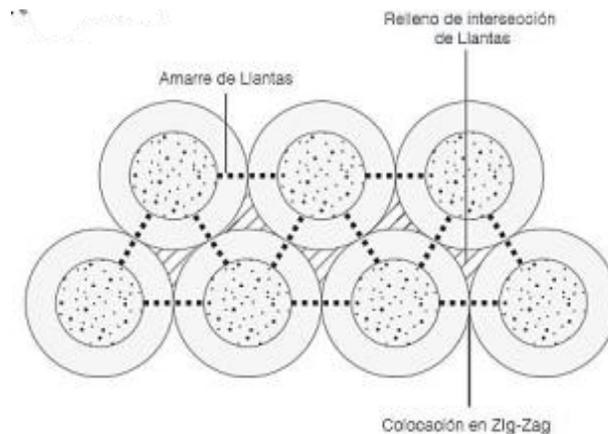


Figura 28. Esquema de colocación de llantas

Fuente: Manual de construcción y mantenimiento de muro de llantas (2019)

f) Drenaje

Rodríguez (2016) expone que se debe de utilizar drenes horizontales, este debe de tener 2" de diámetro y dejando una zanja sin perforar, para ayudar a eliminar la presión hidrostática y así prolongar la vida útil. Para muros mayores de 2.5 m Antúnez (2019) recomienda introducir tuberías de 4" de PVC perforadas en una de sus caras, además de envolver con una manta geotextil.



Figura 29. Sistema de drenaje para muros de llantas

Fuente: Rodríguez (2016)

2.3.9. Métodos de análisis de estabilidad de taludes

A través de los métodos de límite de equilibrio permite obtener un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo, obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Una vez se han determinado las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y otras propiedades del suelo y del talud, se puede proceder a calcular el factor de seguridad del talud. Este análisis de estabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento. (Aguilar & Zuñiga, 2015)

La mayoría de los métodos de límite de equilibrio tienen en común, la comparación de las fuerzas o momentos resistentes y actuantes sobre una determinada superficie de falla. Las variaciones principales de los diversos

métodos son, el tipo de superficie de falla y la forma cómo actúan internamente las fuerzas sobre la superficie. (Aguilar & Zuñiga, 2015)

Método Ordinario de Fellenius

Conocido también como método sueco, método de las Dovelas o método U.S.B.R. Este método asume superficies de falla circulares, divide el área de falla en tajadas verticales, obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada tajada y con la sumatoria de estas fuerzas obtiene el Factor de Seguridad. (Aguilar & Zuñiga, 2015)

Las fuerzas que actúan sobre una dovela son :

- a. El peso o fuerza de gravedad, la cual se puede descomponer en una tangente y una normal a la superficie de falla
- b. Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción que actúan en forma tangente a la superficie de falla.
- c. Las fuerzas de presión de tierras y cortante en las paredes entre dovelas, las cuales no son consideradas por Fellenius, pero sí son tenidas en cuenta en otros métodos de análisis más detallados. (Aguilar & Zuñiga, 2015)

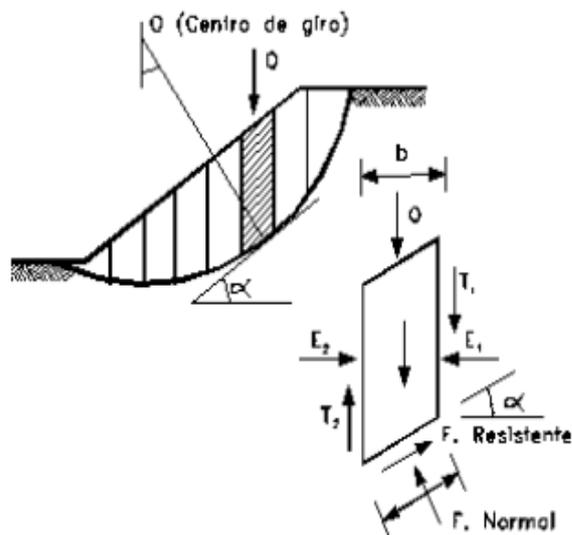


Figura 30. Fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovelas

Fuente: Suarez, J. 2006. Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales

$$F.S. = \frac{\sum [C' b \sec \alpha + (W \cos \alpha - u b \sec \alpha) \tan \Phi]}{\sum W \sin \alpha} \quad (1)$$

Donde:

α = Angulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.

W = Peso total de cada tajada.

u = Presión de poros = $\gamma_w h_w$

b = Ancho de la tajada

C', Φ = Parámetros de resistencia del suelo.

Método de Bishop simplificado

Bishop (1955) presentó un método utilizando Dovelas y teniendo en cuenta el efecto de las fuerzas entre las Dovelas.

La solución rigurosa de Bishop es muy compleja y por esta razón se utiliza una versión simplificada de su método, de acuerdo a la expresión (Jaime Suarez. 2002):

$$F.S. = \frac{\sum [C' b + (W - ub) \tan \alpha]}{\sum W \sin \alpha} \quad (2)$$

Donde:

$$m\alpha = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \Phi}{FS} \right) \quad (3)$$

b = Ancho de la Dovela

W = Peso de cada dovela

C', Φ = Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma_w x h_w$

α = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

Asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero. Reduciendo el número de incógnitas. La solución es sobredeterminada debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela.

Método de Spencer

Suarez (2009) escribe que el Método de Spencer es muy completo al cumplir con la característica del equilibrio (equilibrio de momentos y equilibrio de esfuerzos). El proceso de resolución toma en cuenta y asume que las fuerzas establecidas entre las dovelas están de forma paralela (igual ángulo). Al principio Spencer, trabajó este método para superficies circulares solamente, pero al pasar de los años se comprobó que la fórmula 2 podría servir para superficies que no sean circulares sin ningún problema.

$$Ff = \frac{\sum [C' l \cos \alpha + (p - ul) \tan \phi' \cos \alpha]}{\sum P \sin \alpha + \sum kW \pm A} \quad (4)$$

Donde:

P: fuerza normal a la base de la dovela

W: Peso de cada dovela

C' = Parámetro de resistencia del suelo.

l: Medida transversal de cada dovela generalmente es la unidad

α = Ángulo del radio y la vertical en cada dovela.

ϕ = Ángulo de fricción interna efectivo

K y A son las distancias desde el punto de acción de cada una de las

fuerzas al centro de rotación.

2.4. Definición de términos básicos

Talud. - Superficie inclinada, con respecto a la horizontal, que adoptan las masas de suelo. Pueden producirse de forma natural (ladera) o por la intervención del hombre (cortes o taludes artificiales).

Densidad. - Esta propiedad se basa prácticamente en las partículas que componen el suelo, como también el peso específico relativo de las partículas o el peso específico real de las partículas, o bien mediante parámetros que se refieren al agregado en general en pocas palabras al suelo, como puede ser la densidad

aparente del suelo o densidad total o global del mismo en la condición de humedad en que se encuentre, la densidad twitch saturada y la densidad seca del suelo. (González y Valverde, 2021)

Densidad Efectiva o Sumergida. - Es el peso del agregado de partículas sumergido por unidad de volumen. La porosidad del suelo (n) se mide por la relación entre el volumen de vacíos o poros y el volumen total de la muestra El índice de poros o relación de vacíos (e) expresa la relación entre el volumen de vacíos o poros y el volumen de los sólidos o partículas del suelo. (González y Valverde, 2021)

Densidad relativa del suelo. - Es un índice que cuantifica el grado de empaquetamiento del agregado de partículas del suelo in situ expresado por su índice de poros respecto a los valores máximo (suelto) y mínimo (denso) medidos en ensayos. Fue definido por Terzaghi (1925) como $D_r = (e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min})$. Los valores se sitúan por debajo de 1/3 en suelos sueltos, entre 1/3 y 2/3 en suelos medios y entre 2/3 y 1 para suelos densos. (González y Valverde, 2021)

Gavión. – Estructura de contención compuesta por una malla entrelazada de forma hexagonal, rectangular o cilíndrica, llena de roca y piedra.

Granulometría. - La granulometría por tamizado es uno de los métodos más usados para establecer las diferentes clases de partículas que contiene un suelo. Es realizado mediante el tamizado, con varios tamices donde cada uno cuenta con aberturas diferentes (mallas) y agitado suavemente por un equipo mecánico. (González y Valverde, 2021)

Grado de Saturación. - El grado de saturación o S o S_r en un suelo es la proporción que se obtiene entre el volumen de los poros o vacíos del suelo y el volumen del agua. (González y Valverde, 2021)

Peso específico real de las partículas. - Es la relación de una muestra de suelo entre el peso total de las partículas y su volumen medido en picnómetro por el volumen de agua que desplazan sumergidas en su interior y sus dimensiones son de gr/cc. Donde su valor depende de la naturaleza de las partículas del suelo y es un valor promedio según las proporciones de granos de cuarzo, calcita, dolomita,

silicatos diversos, óxidos e hidróxidos, fragmentos de roca de variada composición, fragmentos y caparazones de fósiles, o materia orgánica. (González y Valverde, 2021)

Peso específico relativo de las partículas. - Es la relación entre la densidad de las mismas y la densidad del agua 4° C (Lambe y Whitmann, 1972). Siendo este un valor adimensional como se verá para analizar las relaciones entre las propiedades volumétricas del suelo. (González y Valverde, 2021)

Neumático. - “Es el componente mecánico de la rueda de un vehículo, fabricado a base de caucho, productos químicos, hilos textiles y/o alambres y otras materias”. (DS 2020)

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general:

El muro de gaviones representa la mejor alternativa técnica y económica de contención para un suelo arcilloso en la provincia de Cutervo, Cajamarca.

3.1.2. Hipótesis específicas:

- a. El muro de gaviones presenta una mayor estabilidad frente a un muro de neumáticos según métodos de equilibrio límite.
- b. El muro de gaviones tiene un menor tiempo de ejecución frente al muro de neumáticos.
- c. El muro de gaviones tiene un menor costo que el muro de neumáticos.

3.2. Variables

3.2.1. Variables independientes

Suelo arcilloso

Muros de neumáticos reciclados

Muros de gaviones

3.2.2. Variables dependientes

Factor de seguridad

3.3. Sistema de variables

3.3.1. Definición conceptual

- a) Suelo arcilloso

Están formados principalmente por arcillas la cual está constituido fundamentalmente por silicatos de aluminio hidratado. Es un tipo de suelo que cuando está húmedo o mojado resulta pegajoso, pero cuando está seco es muy fino y suave dado que la arcilla está formada por partículas diminutas de menos de 0.005 mm de diámetro. (López & Ortiz, 2018)

- b) Muro de neumáticos reciclados

Son muros utilizados para proteger caminos y terrenos con amenazas de derrumbes y deslizamientos, sirven para estabilizar taludes y laderas inestables.

c) Muro de gaviones

Los muros de gaviones son estructuras flexibles, constituidas por cajas fabricadas de malla de alta resistencia, con dimensiones que vienen en fracciones de medio metro, las cuales son rellenas con bloques sanos de roca. (Piñar, 2008)

d) Factor de seguridad

Es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para la cual se diseña. Fellenius (1992) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla. (Pinzón, 2012)

3.3.2. Definición operacional

a) Suelo arcilloso

Se determina las propiedades físicas y mecánicas mediante un estudio de suelos realizando los siguientes ensayos: análisis granulométrico, contenido de humedad, límite líquido y plástico, clasificación SUCS, descripción visual – manual, corte directo, peso unitario, porcentaje de cloruros, porcentaje de sulfatos y sales solubles totales.

b) Muro de neumáticos reciclados

Se realiza un pre dimensionamiento utilizando la teoría de diseño de Coulomb, verificando los tres tipos de fallas: al vuelco, deslizamiento y por capacidad de carga. Posteriormente se analiza la estabilidad del muro por métodos de equilibrio límite calculando el factor de seguridad estático y dinámico.

c) Muro de gaviones

Se realiza un pre dimensionamiento utilizando la teoría de diseño de Coulomb, verificando los tres tipos de fallas: al vuelco, deslizamiento y por capacidad de carga. Posteriormente se analiza la estabilidad del muro por métodos de equilibrio límite calculando el factor de seguridad estático y dinámico.

d) Factor de seguridad

Se determina como la relación entre la resistencia media al corte del suelo y el esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.

Tabla N° 10. Operacionalización de las Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta
Suelo arcilloso	Están formados principalmente por arcillas de menos de 0.005 mm de diámetro., la cual está constituido fundamentalmente por silicatos de aluminio hidratado.	Se determina las propiedades físicas y mecánicas mediante un estudio de suelos realizando los siguientes ensayos: análisis granulométrico, contenido de humedad, límite líquido y plástico, clasificación SUCS, descripción visual – manual, corte directo, peso unitario, porcentaje de cloruros, porcentaje de sulfatos y sales solubles totales.	Parámetros físicos y mecánicos	Cohesión Angulo de fricción	Adimensional Fi	Numero °	Cuantitativa - continua	Formato de laboratorio mecánica de suelos	Norma CE.020 – Estabilización de suelos y taludes
Muro de neumáticos reciclados	Son muros utilizados para proteger caminos y terrenos con amenazas de derrumbes y deslizamientos, sirven para estabilizar taludes y laderas inestables.	Se determinarán las propiedades físicas y mecánicas del terreno mediante calicatas que nos brindan los parámetros necesarios para el diseño.	Dimensiones del muro	Altura total del muro Diámetro de neumáticos	Metros Metros	m m	Cuantitativa - Continua	Hoja de cálculo excel	Software slide

Muro de gaviones	Los muros de gaviones son estructuras flexibles, constituidas por cajas fabricadas de malla de alta resistencia, con dimensiones que vienen en fracciones de medio metro, las cuales son rellenas con bloques sanos de roca.	Se realiza un pre dimensionamiento utilizando la teoría de diseño de Coulomb, verificando los tres tipos de fallas: al vuelco, deslizamiento y por capacidad de carga. Posteriormente se analiza la estabilidad del muro por métodos de equilibrio límite calculando el factor de seguridad estático y dinámico.	Dimensiones del muro	Altura total del muro	Metros	m	Cuantitativa - Continua	Hoja de cálculo excel	Software slide
Factor de seguridad	Es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para la cual se diseña. Fellenius (1992) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla	Se determina como la relación entre la resistencia media al corte del suelo y el esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.	Resistencia al deslizamiento y estabilidad	FS	Adimensional	FS>1.5	Cuantitativa - continua	Hoja de cálculo excel	Software slide

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Método de la investigación

La presente investigación emplea el método deductivo, con una orientación aplicada y enfoque cuantitativo, porque se obtienen datos en campo para poder demostrar la hipótesis en base a cálculos numéricos.

4.2. Tipo de la investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo y explicativo. Es descriptivo porque detalla el procedimiento de diseño de un muro de contención de neumático reciclado que permita estabilizar taludes y explicativo porque demuestra la relación causal que hay entre las variables independientes, muro de gaviones y neumáticos reciclados y su incidencia en el factor de seguridad de un muro de contención como variable dependiente.

4.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, porque detalla la eficiencia del uso de neumáticos reciclados en la estabilización de taludes mediante cálculos numéricos en una población determinada.

4.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental, ya que se basa en la recopilación de datos en su estado natural para su posterior análisis.

Transversal porque la investigación y la recopilación de datos se llevó a cabo en un periodo definido.

Prospectiva porque la recopilación de datos es de elaboración propia

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

La población estudiada comprende los taludes ubicados en el sector Niño Dios, distrito de Cutervo, provincia de Cutervo y región Cajamarca. Sus coordenadas son: entre los 5°40'30" en su extremo septentrional, formado por los ríos Chamaya y Marañón, en la Jayua, a orillas del río Chotano, distrito de Cutervo, Latitud Oeste: Entre los meridianos 78°10'36", en sus extremos occidentales, en el cerro Capitán del distrito de Querocotillo.

Criterios de inclusión:

- ✓ Taludes del distrito de Cutervo, taludes de suelos arcillosos, taludes que presentan riesgo de deslizamiento.

Criterio de exclusión:

- ✓ Taludes que presenten nivel freático, Taludes mayores de 10m de altura.

Tabla N° 11. Ubicación de la población

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR
Cajamarca	Cutervo	Cutervo	Niño Dios

Fuente: Elaboración propia, 2022



Figura 31. Ubicación de la población escogida

Fuente: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (2015)

4.5.2. Muestra

Hernandez (2014) define la muestra como un subgrupo representativo de la población a estudiar sobre la cual se recolectarán datos, es por esto que debe definirse con precisión.

Para la presente investigación, la muestra estudiada comprende un tramo de talud ubicado en las coordenadas 742467.96 E y 9294611.74 N perteneciente al sector Niño Dios, distrito de Cutervo, provincia de Cutervo y región Cajamarca. Es no probabilística e intencional debido a las características específicas de la investigación.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de la población, muestra y muestreo de 5 autores.

Tabla N° 12. Cuadro comparativo de población, muestra y muestreo

AUTOR	TÍTULO	POBLACIÓN	MUESTRA	MUESTREO
González A. & Valverde L. (2021)	"Estudio del comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los laureles de Villa el salvador"	Taludes pertenecientes a un suelo arenoso en Villa el Salvador, Lima - Perú	4 calicatas de un talud de suelo arenoso del AA.HH. Los Laureles de Villa El Salvador, Lima - Perú que fueron sometidas a ensayos de laboratorio: de corte directo, peso unitario, contenido de humedad, análisis granulométrico.	No probabilístico (muestra delimitada por los autores)
Cayllahua U. (2021)	"Análisis estático de estabilidad del muro de gaviones de la carretera central utilizando envases PET en Chicla - Huarochirí - Lima, 2020"	Tramo de la carretera central km 117+800 - 118+000 del distrito de Chicla, provincia Huarochirí - Lima	Progresiva km 117+900.	No probabilístico (muestra delimitada por el autor)
Castro E. (2018)	"Evaluación de muros de contención para estabilización de taludes como propuesta ante la vulnerabilidad sísmica en el AA.HH. Bellavista, distrito de Independencia, 2018"	Muros de contención del Asentamiento Humano Bellavista	Muro de Contención del Asentamiento Humano Bellavista en la calle los Girasoles este muro de contención tiene una longitud de 36 metros lineales.	De tipo intencional y no probabilístico.
Cueto J. (2018)	"Propuesta técnica para estabilizar talud con neumáticos reciclados, trocha carrozable Hualituna – Curva Gervasio – región Junín"	Taludes que se encuentran en ambas márgenes de la trocha carrozable Hualituna – Curva Gervasio – Región Junín, con una longitud de km 05+740.	Progresiva km 01+570 – 01+575.	No probabilístico e intencional.
Canchari C. (2018)	"Diseño de muros de contención utilizando neumáticos reciclados en laderas de cerro del AA.HH. Ciudad de los Constructores, Distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018"	Ampliación de la avenida el Muro Oeste del AA.HH. Ciudad de los Constructores distrito de San Juan de Lurigancho-Lima.	Vía de acceso con 35 metros lineales desde la progresiva km 0+020 hasta la 0+055 de la prolongación avenida el Muro Oeste del asentamiento humano Ciudad de los Constructores distrito de San Juan de Lurigancho.	No probabilístico (muestra delimitada por el autor)

Fuente: Elaboración propia, 2022

4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos es prolectivo, porque se recogerá datos mediante la realización de ensayos de laboratorio, observación en campo y fotografías.

4.6.1. Instrumento de recolección de datos

Como instrumentos de recolección de datos se utilizaron ensayos de laboratorio de mecánica de suelos: análisis granulométrico, contenido de humedad, límite líquido y plástico, clasificación SUCS, corte directo y peso unitario de la zona de estudio, lo que nos permitió obtener las características físicas y mecánicas del terreno de fundación. Además de las normas E.050, CE.020 Suelos y Taludes DS N° 017-2012 para establecer los parámetros del factor de seguridad.

4.6.2. Métodos y técnicas

Los métodos y técnicas para el estudio de la presente investigación que se utilizan son: para el diseño y criterio de falla, el método de Coulomb y para en análisis de estabilidad los métodos Fellenius, Bishop y Spencer que nos permitirá verificar el factor de seguridad.

4.7. Descripción de procesamiento de análisis

El procesamiento de datos se realiza mediante hojas de cálculo en Excel en donde preliminarmente se predimensiona los muros de contención, por un lado el de gaviones y por otro el de neumáticos reciclados mediante la teoría Coulumb para validar la resistencia frente a fallas como deslizamiento, volteo y capacidad de carga en condiciones estáticas y pseudo estáticas. Posteriormente se realiza el modelamiento del muro utilizando el software Slide basado en métodos de equilibrio limite tales como Fellenius, Bishop y Spencer se encuentra el muro que presente mayor estabilidad. Finalmente, se elabora un análisis de costos y presupuestos con el uso del software S10 y un análisis temporal con el programa Ms. Project, con el fin de realizar un comparativo para encontrar la mejor alternativa técnica y económica.

CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Diagnóstico y situación actual

5.1.1 Antecedentes

Ubicación de la zona de estudio

La ubicación del proyecto se encuentra en el departamento de Cajamarca, en la provincia de Cutervo, en el distrito Cutervo en la urbanización Barrio Niño Dios.

La provincia de Cutervo se encuentra ubicada en la parte central del espacio geográfico del Departamento de Cajamarca, en la cadena central del sector de los Andes Norteños del Perú. Sus coordenadas son: entre los 5°40'30" en su extremo septentrional, formado por los ríos Chamaya y Marañón, en la Jayuya, a orillas del río Chotano, distrito de Cutervo, Latitud Oeste: Entre los meridianos 78°10'36", en sus extremos occidentales, en el cerro Capitán del distrito de Querocotillo.



Figura 32. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

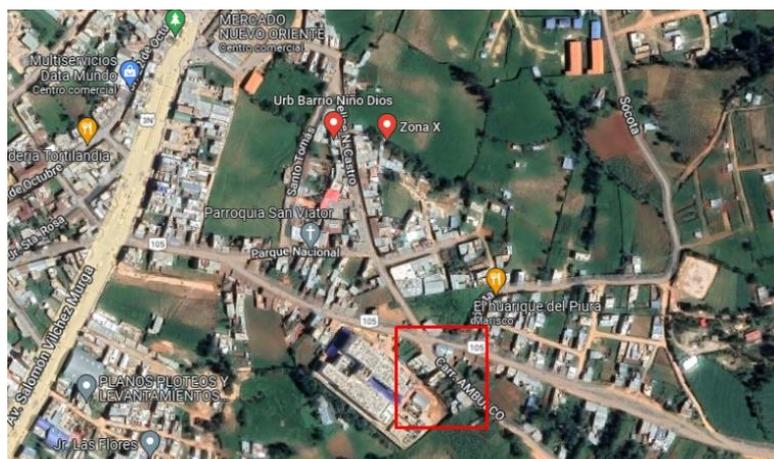


Figura 33. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google maps (2022)

Ubicación geográfica

Coordenadas: Entre los 5° 40' 39" en su extremo septentrional, formado por la confluencia de los ríos Chamaya y Marañón, en la Jayua, a orillas del río Chotano, distrito de Cutervo. La latitud Oeste: Entre los meridianos 78° 10' 36", en sus extremos occidentales, en el cerro Capitán del distrito de Querocotillo.

Tiene como límites:

Por el Norte: Provincia de Jaén

Por el Sur: Provincia de Chota

Por el Este: Departamento de Amazonas

Por el Oeste: Departamento de Lambayeque

Condición climática

El clima es semi.seco y templado, propio de la sierra, con temperaturas que oscilan entre los 16°C hasta los 28°C constituyendo un clima seco, templado y soleado durante el día y frío en las noches, con presencia de vientos fuertes y lluvias torrenciales durante los meses de enero a mayo.

La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 2003-2015) es 15.4°C y 14.4°C respectivamente.

El régimen de lluvias que va desde el mes de octubre hasta mayo, registra precipitaciones que van desde 800 hasta 1200 mm anuales, en las partes más altas las precipitaciones son rangos superiores.

La precipitación media acumulada anual para el periodo 2001-2015 es 737.0 mm.

El área de estudio se encuentra a una Altitud Aproximada de 2640.00 msnm.

Geología y sismicidad

De acuerdo al mapa geológico de los cuadrángulos de Cutervo 13-f (Boletín, serie A: Carta Geológica Nacional; N°38 del INGEMMET). La provincia tectónica de Cutervo consiste en una faja plegada que ocupa el sector oriental de la región.



Figura 34. Mapa geológico del cuadrángulo de Cutervo

Fuente: Carta Geológica Nacional; N°38 INGEMMET

5.1.2 Generalidades

Para la presente investigación se realizó 1 visita a la zona de estudio; en la visita, se reconoció el terreno y se definió la zona de investigación. Para el diseño de los muros de contención, se cuenta con el estudio de suelos del terreno producto de otro proyecto, en el cual se realizaron 6 calicatas, pero para la investigación solo se utilizará 2 que coinciden con el tramo de diseño.



Figura 35. Tramo de talud arcilloso por contener

Fuente: Elaboración propia

- **Tramo de diseño**

Para la presente investigación, se define el tramo de diseño en la figura 37. Además, se considera el corte con mayor desnivel del tramo para realizar el diseño y con la información del estudio de mecánica de suelos se procede con el procesamiento de datos para el diseño.



Figura 36. Tramo de talud arcilloso por contener

Fuente: Elaboración propia



Figura 37. Calicata 01

Fuente: Elaboración propia



Figura 38. Calicata 02

Fuente: Elaboración propia

En las 02 calicatas se obtuvo el siguiente perfil estratigráfico:

Tabla N° 13. Ubicación de calicatas

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	UBICACIÓN
C-01	3	E.742467.968 / N. 9294611.738
C-02	3	E. 742488.111 / N.9294588.487

Fuente: Propia

Tabla N° 14. Perfil estratigráfico

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
C1	0.00 – 0.10 m	Relleno
C1	0.10 – 3.00 m	Clasificación SUCS “ML” y AASHTO “A-4 IG(8)”, limo de baja plasticidad, húmedo, semi compacto, de color pardo fuerte, sin presencia de grava
C2	0.00 – 0.10 m	Relleno
C2	0.10 – 3.00 m	Clasificación SUCS “ML” y AASHTO “A-7-6 IG(9)”, limo de baja plasticidad, húmedo, semi compacto, de color pardo fuerte, sin presencia de grava

Fuente: Propia

- **Ensayos de laboratorio:**

Con los resultados del estudio de mecánica de suelos, se obtiene para el diseño los siguientes parámetros:

Tabla N° 15. Parámetros para el diseño

Descripción	Símbolo	Calicata 01	Calicata 02
Peso unitario (gr/cm ³)	γ	1.06	1.08
Angulo de fricción (°)	Φ	21.30	21.40
Cohesión (kg/cm ²)	C	0.40	0.38
Coficiente Activo Estático	Ka	0.47	0.47
Coficiente en Reposo Estático	Ko	0.64	0.64
Coficiente Pasivo Estático	Kp	2.14	2.15
Coficiente de Fricción bajo cimentación	Tan (Φ)	0.39	0.39

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño se tomará el valor promedio entre ambas calicatas. Se adjunta el estudio de mecánica de suelos en anexos

- Topografía

Para la presente investigación se cuenta con las curvas del nivel de terreno por lo que se procedió a modelar el terreno en Revit y a obtener el corte del tramo de diseño. En la figura 40 se sombrea de color azul el corte a diseñar.

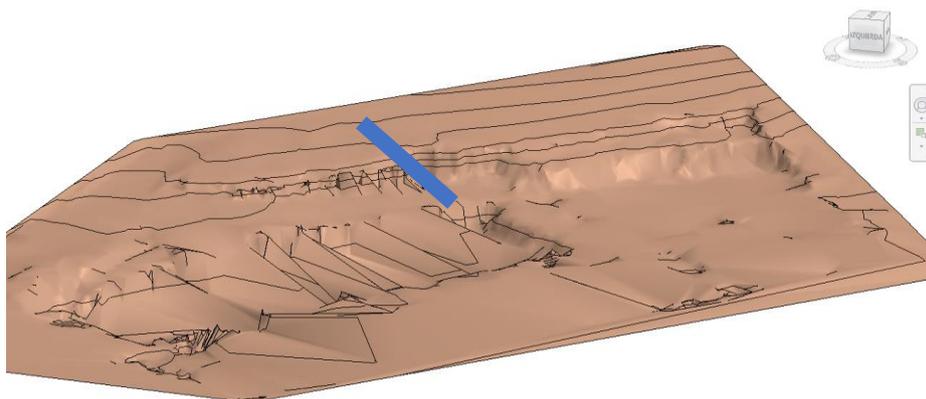


Figura 39. Modelamiento 3D topografía

Fuente: Elaboración propia

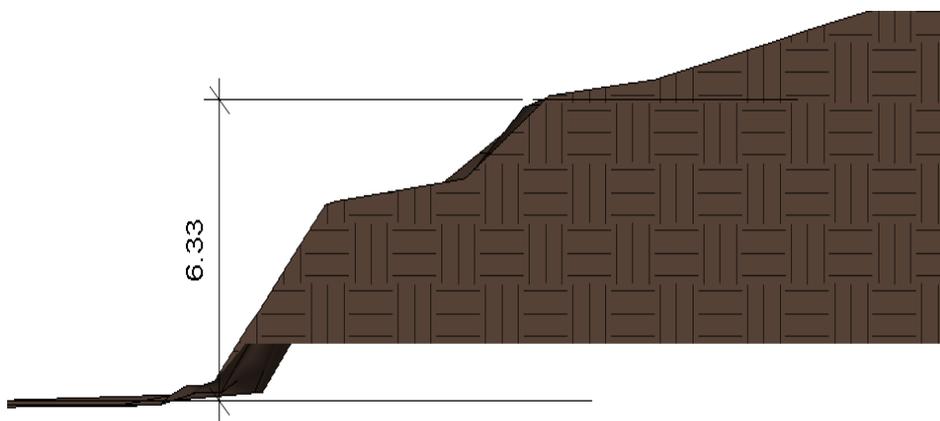


Figura 40. Corte de sección de análisis

Fuente: Elaboración propia

5.2 Análisis comparativos entre muros de contención

5.2.1 Análisis técnico de muros de contención

a) Análisis de diseño mediante la teoría de Coulumb

-Muro de Gavión

Primero se realizó un predimensionamiento del muro de contención (Fig. con los parámetros obtenidos del laboratorio.

Para analizar la estabilidad del muro de contención, se calcularon los factores de seguridad por vuelco, por deslizamiento y por capacidad de carga.

Para la presente investigación no se utilizará el coeficiente sísmico.

Los datos iniciales para el predimensionamiento en el caso del muro de gaviones principal son:

DATOS DEL MURO:

Tabla N° 16. Dimensiones del muro de contención de gavión

	Área	a_i	h_i
MURO GAVION	A1	1	1
	A2	2	2
	A3	3	2
	A4	4	2

Fuente. Elaboración Propia

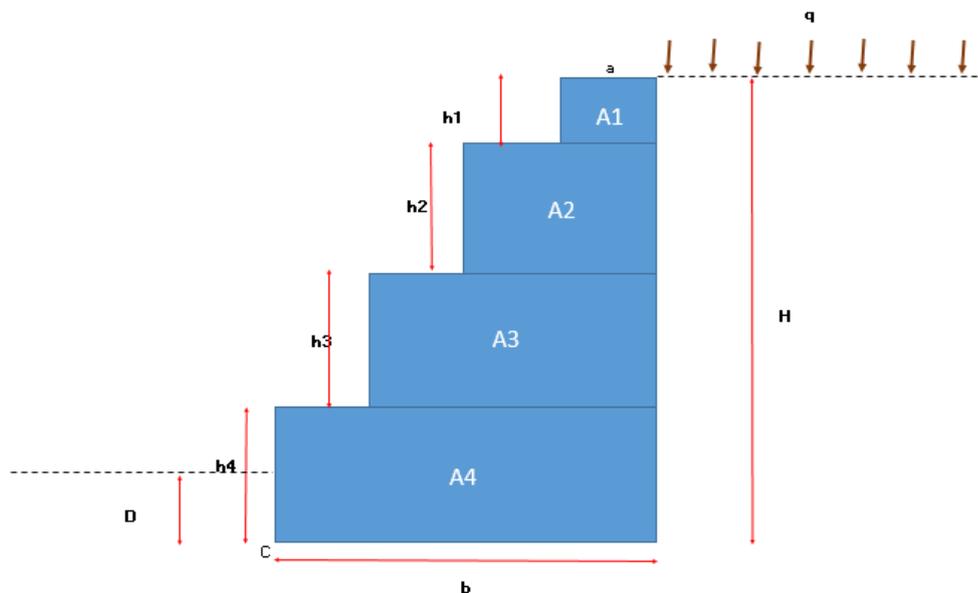


Figura 41. Diseño de muro de gavión

Fuente: Elaboración propia

DATOS DEL SUELO

Tabla N° 17. Dimensiones del muro de contención de gavión

Relleno	γ (Ton/m ³)	c (Ton/m ²)	ϕ (°)	δ° :	H(m)
Relleno	1.166	3.936	21.3	14.20	7
Suelo de cimentación	1.188	3.7392	21.4	14.27	1

Fuente. Propia (2022)

Se consideró una sobrecarga de 1tn/m² debido a las viviendas existentes y tráfico de vehículos.

$$q(\text{Ton/m}^2): 1$$

Para el peso específico del gavión se tomó en cuenta la porosidad de la piedra de relleno (n=30%) y el peso específico de la misma $\gamma_{\text{piedra}} = 2.43 \text{ tn/m}^3$. Por lo tanto:

$$\gamma_{\text{gavion}} (\text{Ton/m}^3) = \gamma_{\text{piedra}} \cdot (1-n) = 2.43 (1-0.3) = 1.7 \text{ tn/m}^3$$

Análisis estático de estabilidad

Cálculos:

1.- Primero calculamos los coeficientes de presión activa K_a y pasiva K_p con la teoría de Coulomb.

K_a = Coeficiente de presión activa de tierra de Coulomb

$$= \frac{\text{sen}^2 (\beta + \phi')}{\text{sen}^2 \beta \text{ sen} (\beta - \delta') \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen} (\phi' + \delta') \text{ sen} (\phi' - \alpha)}{\text{sen} (\beta - \delta') \text{ sen} (\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots (1)$$

$$K_a = 0.416$$

K_p = coeficiente de presión pasiva de Coulomb

$$= \frac{\text{sen}^2 (\beta - \phi')}{\text{sen}^2 \beta \text{ sen} (\beta + \delta') \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen} (\phi' + \delta') \text{ sen} (\phi' + \alpha)}{\text{sen} (\beta + \delta') \text{ sen} (\beta + \alpha)}} \right]^2} \dots (2)$$

$$K_p = 3.167$$

2-. Calculamos los empujes que actúan sobre el muro:

➤ El empuje activo:

$$Pa = \frac{1}{2} * Ka * \gamma * H^2 \quad \dots (3)$$

$$Pa = 11.894 \text{ ton}$$

➤ El empuje pasivo:

$$Pp = \frac{1}{2} * Kp * \gamma * D^2 \quad \dots (4)$$

$$Pp = 1.881 \text{ ton}$$

3-. Calculamos los esfuerzos sobre el muro.

Tabla N° 18. Cuadro de fuerzas que actúan en el muro de gavión

Fuerzas	FH(ton)	FV(ton)	d(m)	MR (ton-m)	MV (ton-m)
1		1.701	3.50	5.95	
2		6.804	3.00	20.41	
3		10.206	2.50	25.52	
4		13.608	2.00	27.22	
5	2.915		3.50		10.20
6		2.918	4.00	11.67	
7	11.531		2.33		26.906
8	-1.881		0.33		-0.627
$\Sigma =$	12.56	35.24	$\Sigma =$	90.77	36.48

Fuente. Elaboración propia (2022)

❖ **Comprobación de volteo:**

$$FS \text{ volteo} = \frac{\sum M_R}{\sum M_V} \quad \dots (5)$$

Donde,

ΣM_r : Suma de los momentos de fuerzas que tienden a evitar el vuelco el muro sobre el punto C.

ΣM_v : Suma de los momentos de fuerzas que tienden a volcar el muro sobre el punto C.

De la Tabla N°18, tenemos que la suma de momentos resistentes $\sum M_r = 90.77$ ton-m, mientras que la suma de momentos que producen el vuelco $\sum M_v = 36.48$ ton-m.

Entonces podemos calcular nuestro F.S por vuelco de la ecuación (5):

$$F.S_{\text{volteo}} = 2.49 > 2 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

❖ **Comprobación de deslizamiento:**

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{\sum F_{H_R}}{\sum F_{H_A}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Donde,

$\sum F_{H_R}$: Suma de fuerzas horizontales resistentes.

$\sum F_{H_A}$: Suma de fuerzas horizontales impulsoras.

Según la Tabla N°18, tenemos que la suma de fuerzas horizontales impulsoras $\sum F_{H_A} = 12.56$ ton, mientras que la suma de fuerzas horizontales resistentes será:

$$\sum F_{H_R} = \sum F_v \tan \phi + C * B + P_p \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\sum F_{H_R} = 20.81$$

Entonces podemos calcular nuestro F.S por deslizamiento de la ecuación (6):

$$F.S_{\text{deslizamiento}} = 1.66 > 1.5 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

❖ **Comprobación de la falla por capacidad de carga:**

$$FS_{\text{capacidad de carga}} = \frac{q_u}{q_{\text{máx}}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Donde,

$$q_{m\acute{a}x} = q_{punta} = \frac{\sum Fv}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad \dots (9)$$

Además,

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - Mv}{\sum Fv} \quad \dots (10)$$

$$e = 0.459$$

Por lo tanto, de la ecuación (9):

$$q_{m\acute{a}x} = 14.88 \text{ ton/m}^2$$

Para calcular la máxima capacidad de carga del suelo q_u :

$$q_u = c' N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad \dots (11)$$

Donde N_c, N_q, N_γ , son factores de capacidad de carga, obtenidos de la siguiente tabla:

Tabla N° 19. Factores de capacidad de carga

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	23	18.05	8.66	8.20
1	5.38	1.09	0.07	24	19.32	9.60	9.44
2	5.63	1.20	0.15	25	20.72	10.66	10.88
3	5.90	1.31	0.24	26	22.25	11.85	12.54
4	6.19	1.43	0.34	27	23.94	13.20	14.47
5	6.49	1.57	0.45	28	25.80	14.72	16.72
6	6.81	1.72	0.57	29	27.86	16.44	19.34
7	7.16	1.88	0.71	30	30.14	18.40	22.40
8	7.53	2.06	0.86	31	32.67	20.63	25.99
9	7.92	2.25	1.03	32	35.49	23.18	30.22
10	8.35	2.47	1.22	33	38.64	26.09	35.19
11	8.80	2.71	1.44	34	42.16	29.44	41.06
12	9.28	2.97	1.69	35	46.12	33.30	48.03
13	9.81	3.26	1.97	36	50.59	37.75	56.31
14	10.37	3.59	2.29	37	55.63	42.92	66.19
15	10.98	3.94	2.65	38	61.35	48.93	78.03
16	11.63	4.34	3.06	39	67.87	55.96	92.25
17	12.34	4.77	3.53	40	75.31	64.20	109.41
18	13.10	5.26	4.07	41	83.86	73.90	130.22
19	13.93	5.80	4.68	42	93.71	85.38	155.55
20	14.83	6.40	5.39	43	105.11	99.02	186.54
21	15.82	7.07	6.20	44	118.37	115.31	224.64
22	16.88	7.82	7.13	45	133.88	134.88	271.76

Fuente. Fundamento de ingeniería geotécnica (2015)

Como $\phi' = 21.4^\circ$, procedemos a interpolar en la tabla N°19, obteniendo:

$$N_c = 16.244$$

$$N_q = 7.37$$

$$N_\gamma = 6.572$$

Seguimos con las siguientes ecuaciones:

$$B' = B - 2e = 3.081 \text{ m}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \frac{D}{B'} = 1.103$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'} = 1.119$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (\text{Se considera 1, por ser una cimentación continua})$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{Pa \cos \alpha}{\Sigma Fv} \right) = 1.245$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi'} \right)^2 = 0.973$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi'} \right)^2 = 0.887$$

Entonces:

$$q_u = 84.66 \text{ ton/m}^2$$

Entonces podemos calcular nuestro F.S capacidad de carga:

$$\text{F.S capacidad de carga} = 5.69 > 3.0 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

Análisis pseudo estático de estabilidad

Cálculos:

1.- Primero calculamos los coeficientes de presión activa K_a y pasiva K_p con la teoría de Coulomb, de igual forma calculamos el coeficiente K_{ae} mediante la solución de Mononobe-Okabe para condiciones sísmicas.

K_a = Coeficiente de presión activa de tierra de Coulomb

$$= \frac{\text{sen}^2(\beta + \phi')}{\text{sen}^2 \beta \text{ sen}(\beta - \delta') \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{ sen}(\phi' - \alpha)}{\text{sen}(\beta - \delta') \text{ sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots (1)$$

$$K_a = 0.416$$

K_p = coeficiente de presión pasiva de Coulomb

$$= \frac{\text{sen}^2(\beta - \phi')}{\text{sen}^2 \beta \text{ sen}(\beta + \delta') \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{ sen}(\phi' + \alpha)}{\text{sen}(\beta + \delta') \text{ sen}(\beta + \alpha)}} \right]^2} \dots (2)$$

$$K_p = 3.167$$

K_{ae} = coeficiente de presión activa de tierra

$$= \frac{\text{sen}^2(\phi' + \beta - \theta')}{\cos \theta' \text{sen}^2 \beta \text{sen}(\beta - \theta' - \delta') \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{sen}(\phi' - \theta' - \alpha)}{\text{sen}(\beta - \delta' - \theta') \text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots (3)$$

$$\theta' = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{(1 - k_v)} \right] \dots (4)$$

$$K_{ae} = 0.501$$

2-. Calculamos los empujes que actúan sobre el muro:

➤ El empuje activo:

$$P_a = \frac{1}{2} * K_a * \gamma * H^2 \dots (5)$$

$$P_a = 11.894 \text{ ton}$$

➤ El empuje pasivo:

$$P_p = \frac{1}{2} * K_p * \gamma * D^2 \dots (6)$$

$$P_p = 1.881 \text{ ton}$$

➤ El empuje activo en condiciones sísmicas:

$$P_{ae} = \frac{1}{2} * K_{ae} * (1 - K_v) * \gamma * H^2 \dots (7)$$

$$\text{Coeficiente Sísmico } K_h = 0.1$$

$$\text{Coeficiente Sísmico } K_v = 0$$

$$P_{ae} = 14.302 \text{ ton}$$

$$\Delta P_{ae} = P_{ae} - P_a \dots (8)$$

$$\Delta P_{ae} = 2.408 \text{ ton}$$

ΔP_{ae} actúa a una distancia de $0.6H$ desde el fondo del muro, entonces calculamos la resultante:

$$\bar{z} = \frac{(0.6H)(\Delta P_{ae}) + \left(\frac{H}{3}\right)(P_a)}{P_{ae}} \dots\dots (9)$$

$$\bar{z} = 2.648 \text{ m}$$

3-. Calculamos los esfuerzos sobre el muro.

Tabla N° 20. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión

Fuerzas	FH(ton)	FV(ton)	d(m)	MR (ton-m)	MV (ton-m)
1		1.701	3.50	5.95	
2		6.804	3.00	20.41	
3		10.206	2.50	25.52	
4		13.608	2.00	27.22	
5	2.915		3.50		10.20
6		3.508	4.00	14.03	
7	13.865		2.65		36.709
8	-1.881		0.33		-0.627
$\Sigma =$	14.90	35.83	$\Sigma =$	93.13	46.28

Fuente. Elaboración propia (2022)

❖ **Comprobación de volteo:**

$$FS \text{ volteo} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_V} \dots\dots(10)$$

Donde,

ΣM_R : Suma de los momentos de fuerzas que tienden a evitar el vuelco el muro sobre el punto C.

ΣM_V : Suma de los momentos de fuerzas que tienden a volcar el muro sobre el punto C.

De la Tabla N°20, tenemos que la suma de momentos resistentes $\sum Mr = 93.13$ ton-m, mientras que la suma de momentos que producen el vuelco $\sum Mv = 46.28$ ton -m.

Entonces podemos calcular nuestro F.S por vuelco de la ecuación (10):

$$F.S_{\text{volteo}} = 2.01 > 1.5 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

❖ *Comprobación de deslizamiento:*

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{\sum FH_R}{\sum FH_A} \dots\dots\dots (11)$$

Donde,

$\sum FH_R$: Suma de fuerzas horizontales resistentes.

$\sum FH_A$: Suma de fuerzas horizontales impulsoras.

Según la Tabla N°20, tenemos que la suma de fuerzas horizontales impulsoras $\sum FH_A = 14.90$ ton, mientras que la suma de fuerzas horizontales resistentes será:

$$\sum FH_R = \sum F_V \tan\phi + C * B + Pp \dots\dots\dots (12)$$

$$\sum FH_R = 20.962$$

Entonces podemos calcular nuestro F.S por deslizamiento de la ecuación (11):

$$F.S_{\text{deslizamiento}} = 1.41 > 1.25 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

❖ *Comprobación de la falla por capacidad de carga:*

$$FS_{\text{capacidad de carga}} = \frac{q_u}{q_{\text{máx}}} \dots\dots\dots (13)$$

Donde,

$$q_{m\acute{a}x} = q_{punta} = \frac{\sum Fv}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad \dots (14)$$

Además,

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - Mv}{\sum Fv} \quad \dots (15)$$
$$e = 0.6$$

Por lo tanto, de la ecuación (9):

$$q \text{ máx} = 18.26 \text{ ton/m}^2$$

Para calcular la máxima capacidad de carga del suelo q_u :

$$q_u = c' N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad \dots (16)$$

Donde N_c, N_q, N_γ , son factores de capacidad de carga, obtenidos de la siguiente tabla:

Tabla N° 21. Factores de capacidad de carga

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	23	18.05	8.66	8.20
1	5.38	1.09	0.07	24	19.32	9.60	9.44
2	5.63	1.20	0.15	25	20.72	10.66	10.88
3	5.90	1.31	0.24	26	22.25	11.85	12.54
4	6.19	1.43	0.34	27	23.94	13.20	14.47
5	6.49	1.57	0.45	28	25.80	14.72	16.72
6	6.81	1.72	0.57	29	27.86	16.44	19.34
7	7.16	1.88	0.71	30	30.14	18.40	22.40
8	7.53	2.06	0.86	31	32.67	20.63	25.99
9	7.92	2.25	1.03	32	35.49	23.18	30.22
10	8.35	2.47	1.22	33	38.64	26.09	35.19
11	8.80	2.71	1.44	34	42.16	29.44	41.06
12	9.28	2.97	1.69	35	46.12	33.30	48.03
13	9.81	3.26	1.97	36	50.59	37.75	56.31
14	10.37	3.59	2.29	37	55.63	42.92	66.19
15	10.98	3.94	2.65	38	61.35	48.93	78.03
16	11.63	4.34	3.06	39	67.87	55.96	92.25
17	12.34	4.77	3.53	40	75.31	64.20	109.41
18	13.10	5.26	4.07	41	83.86	73.90	130.22
19	13.93	5.80	4.68	42	93.71	85.38	155.55
20	14.83	6.40	5.39	43	105.11	99.02	186.54
21	15.82	7.07	6.20	44	118.37	115.31	224.64
22	16.88	7.82	7.13	45	133.88	134.88	271.76

Fuente. Fundamento de ingeniería geotécnica (2015)

Como $\phi' = 21.4^\circ$, procedemos a interpolar en la Tabla N°21, obteniendo:

$$N_c = 16.244$$

$$N_q = 7.37$$

$$N_\gamma = 6.572$$

Seguimos con las siguientes ecuaciones:

$$B' = B - 2e = 2.615 \text{ m}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \frac{D}{B'} = 1.121$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'} = 1.140$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (\text{Se considera 1, por ser una cimentación continua})$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{Pa \cos \alpha}{\Sigma F_v} \right) = 1.250$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi'} \right)^2 = 0.973$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi'} \right)^2 = 0.887$$

Entonces:

$$q_u = 84.41 \text{ ton/m}^2$$

Entonces podemos calcular nuestro F.S capacidad de carga:

$$\text{F.S capacidad de carga} = 4.62 > 3.0 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

-Muro de Neumático

Primero se realizó un pre dimensionamiento del muro de contención con los parámetros obtenidos del laboratorio.

Para analizar la estabilidad del muro de contención, se calcularon los factores de seguridad por vuelco, por deslizamiento y por capacidad de carga.

Para la presente investigación no se utilizará el coeficiente sísmico.

Los datos iniciales para el pre dimensionamiento en el caso del muro de gaviones principal son:

DATOS DEL MURO:

Tabla N° 22. Dimensiones del muro de contención de gavión

MURO 2	Dimensión	(m)
	a	2
MURO 2	c	2
	b	4

Fuente: Elaboración Propia

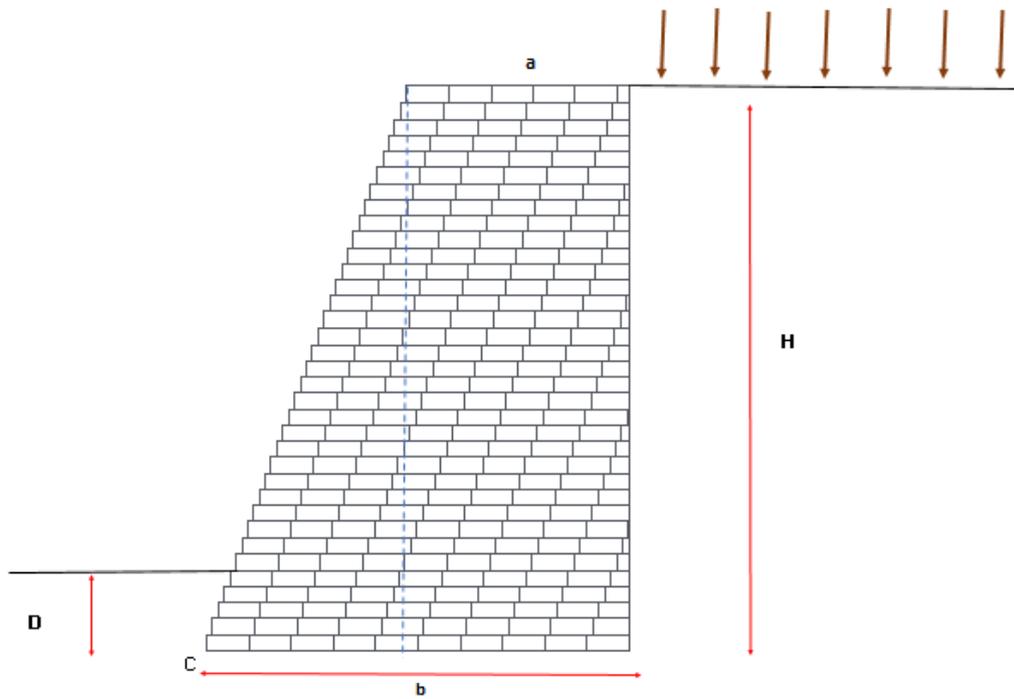


Figura 42. Diseño de muro de gavión

Fuente: Elaboración Propia

DATOS DEL SUELO

Tabla N° 23. Dimensiones del muro de contención de gavión

Relleno	γ (Ton/m ³)	c (Ton/m ²)	ϕ (°)	δ° :	H(m)
Relleno	1.166	3.936	21.3	14.20	7
Suelo de cimentación	1.188	3.7392	21.4	14.27	1

Fuente: Elaboración Propia

Se consideró una sobrecarga de 1tn/m² debido a las viviendas existentes y tráfico de vehículos.

$$q(\text{Ton/m}^2) = 1$$

Para el peso específico del neumático se tomó en cuenta otras investigaciones.

$$\gamma \text{ neumático (Ton/m}^3) = 1.495 \text{ tn/m}^3$$

Análisis estático de estabilidad

Cálculos:

1.- Primero calculamos los coeficientes de presión activa K_a y pasiva K_p con la teoría de Coulomb.

K_a = Coeficiente de presión activa de tierra de Coulomb

$$= \frac{\text{sen}^2(\beta + \phi')}{\text{sen}^2 \beta \text{ sen}(\beta - \delta') \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{ sen}(\phi' - \alpha)}{\text{sen}(\beta - \delta') \text{ sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots\dots (1)$$

$$K_a = 0.416$$

K_p = coeficiente de presión pasiva de Coulomb

$$= \frac{\text{sen}^2(\beta - \phi')}{\text{sen}^2 \beta \text{ sen}(\beta + \delta') \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{ sen}(\phi' + \alpha)}{\text{sen}(\beta + \delta') \text{ sen}(\beta + \alpha)}} \right]^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$K_p = 3.167$$

2-. Calculamos los empujes que actúan sobre el muro:

➤ El empuje activo:

$$Ea = \frac{1}{2} * Ka * \gamma * H^2 \quad \dots\dots (3)$$

$$Ea = 11.894 \text{ ton}$$

➤ El empuje pasivo:

$$Ep = \frac{1}{2} * Kp * \gamma * D^2 \quad \dots\dots (4)$$

$$Ep = 1.881 \text{ ton}$$

3-. Calculamos los esfuerzos sobre el muro.

Tabla N° 24. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión

Fuerzas	FH(ton)	FV(ton)	brazo(m)	MR (ton-m)	MV (ton-m)
1		10.465	2.33	24.42	
2		20.930	3.50	73.26	
3	2.915		3.50		10.20
4		2.918	4.00	11.67	
5	11.531		2.33		26.906
6	-1.881		0.33		-0.627
$\Sigma =$	12.56	34.31	$\Sigma =$	109.34	36.48

Fuente: Elaboración propia (2022)

❖ **Comprobación de volteo:**

$$FS \text{ volteo} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_V} \quad \dots\dots(5)$$

Donde,

ΣM_r : Suma de los momentos de fuerzas que tienden a evitar el vuelco el muro sobre el punto C.

ΣM_v : Suma de los momentos de fuerzas que tienden a volcar el muro sobre el punto C.

De la Tabla N°24, tenemos que la suma de momentos resistentes $\sum M_r = 109.34$ ton-m, mientras que la suma de momentos que producen el vuelco $\sum M_v = 36.48$ ton-m.

Entonces podemos calcular nuestro F.S por vuelco de la ecuación (5):

$$F.S_{\text{volteo}} = 3.00 > 2 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

❖ *Comprobación de deslizamiento:*

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{\sum F_{H_R}}{\sum F_{H_A}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Donde,

$\sum F_{H_R}$: Suma de fuerzas horizontales resistentes.

$\sum F_{H_A}$: Suma de fuerzas horizontales impulsoras.

Según la Tabla N°24, tenemos que la suma de fuerzas horizontales impulsoras $\sum F_{H_A} = 12.56$ ton, mientras que la suma de fuerzas horizontales resistentes será:

$$\sum F_{H_R} = \sum F_V \tan \phi + C * B + P_p \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\sum F_{H_R} = 20.57$$

Entonces podemos calcular nuestro F.S por deslizamiento de la ecuación (6):

$$F.S_{\text{deslizamiento}} = 1.64 > 1.5 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

❖ *Comprobación de la falla por capacidad de carga:*

$$FS_{\text{capacidad de carga}} = \frac{q_u}{q_{\text{máx}}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Donde,

$$q_{m\acute{a}x} = q_{punta} = \frac{\sum Fv}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad \dots (9)$$

Además,

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - Mv}{\sum Fv} \quad \dots (10)$$

$$e = 0.124$$

Por lo tanto, de la ecuación (9):

$$q_{m\acute{a}x} = 6.99 \text{ ton/m}^2$$

Para calcular la máxima capacidad de carga del suelo q_u :

$$q_u = c' N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad \dots (11)$$

Donde N_c, N_q, N_γ , son factores de capacidad de carga, obtenidos de la siguiente tabla:

Tabla N° 25. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	23	18.05	8.66	8.20
1	5.38	1.09	0.07	24	19.32	9.60	9.44
2	5.63	1.20	0.15	25	20.72	10.66	10.88
3	5.90	1.31	0.24	26	22.25	11.85	12.54
4	6.19	1.43	0.34	27	23.94	13.20	14.47
5	6.49	1.57	0.45	28	25.80	14.72	16.72
6	6.81	1.72	0.57	29	27.86	16.44	19.34
7	7.16	1.88	0.71	30	30.14	18.40	22.40
8	7.53	2.06	0.86	31	32.67	20.63	25.99
9	7.92	2.25	1.03	32	35.49	23.18	30.22
10	8.35	2.47	1.22	33	38.64	26.09	35.19
11	8.80	2.71	1.44	34	42.16	29.44	41.06
12	9.28	2.97	1.69	35	46.12	33.30	48.03
13	9.81	3.26	1.97	36	50.59	37.75	56.31
14	10.37	3.59	2.29	37	55.63	42.92	66.19
15	10.98	3.94	2.65	38	61.35	48.93	78.03
16	11.63	4.34	3.06	39	67.87	55.96	92.25
17	12.34	4.77	3.53	40	75.31	64.20	109.41
18	13.10	5.26	4.07	41	83.86	73.90	130.22
19	13.93	5.80	4.68	42	93.71	85.38	155.55
20	14.83	6.40	5.39	43	105.11	99.02	186.54
21	15.82	7.07	6.20	44	118.37	115.31	224.64
22	16.88	7.82	7.13	45	133.88	134.88	271.76

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica (2015)

Como $\phi' = 21.4^\circ$, procedemos a interpolar en la Tabla N°25, obteniendo:

$$N_c = 16.244$$

$$N_q = 7.37$$

$$N_\gamma = 6.572$$

Seguimos con las siguientes ecuaciones:

$$B' = B - 2e = 4.247 \text{ m}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \frac{D}{B'} = 1.074$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'} = 1.086$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (\text{Se considera 1, por ser una cimentación continua})$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{Pa \cos \alpha}{\Sigma F_v} \right) = 1.237$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi'} \right)^2 = 0.973$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi'} \right)^2 = 0.8888$$

Entonces:

$$q_u = 86.59 \text{ ton/m}^2$$

Entonces podemos calcular nuestro F.S capacidad de carga:

$$\text{F.S capacidad de carga} = 12.39 > 3.0 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

Análisis pseudo estático de estabilidad

Cálculos:

1.- Primero calculamos los coeficientes de presión activa K_a y pasiva K_p con la teoría de Coulomb, de igual forma calculamos el coeficiente K_{ae} mediante la solución de Mononobe-Okabe para condiciones sísmicas.

K_a = Coeficiente de presión activa de tierra de Coulomb

$$= \frac{\text{sen}^2 (\beta + \phi')}{\text{sen}^2 \beta \text{ sen} (\beta - \delta') \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen} (\phi' + \delta') \text{ sen} (\phi' - \alpha)}{\text{sen} (\beta - \delta') \text{ sen} (\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$K_a = 0.416$$

K_p = coeficiente de presión pasiva de Coulomb

$$= \frac{\text{sen}^2(\beta - \phi')}{\text{sen}^2\beta \text{sen}(\beta + \delta') \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta')\text{sen}(\phi' + \alpha)}{\text{sen}(\beta + \delta')\text{sen}(\beta + \alpha)}} \right]^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$K_p = 3.167$$

K_{ae} = coeficiente de presión activa de tierra

$$= \frac{\text{sen}^2(\phi' + \beta - \theta')}{\cos\theta' \text{sen}^2\beta \text{sen}(\beta - \theta' - \delta') \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta')\text{sen}(\phi' - \theta' - \alpha)}{\text{sen}(\beta - \delta' - \theta')\text{sen}(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\theta' = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{(1 - k_v)} \right] \dots\dots\dots (4)$$

$$K_{ae} = 0.501$$

2-. Calculamos los empujes que actúan sobre el muro:

➤ El empuje activo:

$$Pa = \frac{1}{2} * Ka * \gamma * H^2 \dots\dots\dots (5)$$

$$Pa = 11.894 \text{ ton}$$

➤ El empuje pasivo:

$$Pp = \frac{1}{2} * Kp * \gamma * D^2 \dots\dots\dots (6)$$

$$Pp = 1.881 \text{ ton}$$

➤ El empuje activo en condiciones sísmicas:

$$Pae = \frac{1}{2} * K_{ae} * (1 - K_v) * \gamma * H^2 \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Coeficiente Sísmico } K_h = 0.1$$

$$\text{Coeficiente Sísmico } K_v = 0$$

$$Pae = 14.302 \text{ ton}$$

$$\Delta P_{ae} = P_{ae} - P_a \quad \dots\dots (8)$$

$$\Delta P_{ae} = 2.408 \text{ ton}$$

ΔP_{ae} actúa a una distancia de 0.6H desde el fondo del muro, entonces calculamos la resultante:

$$\bar{z} = \frac{(0.6H)(\Delta P_{ae}) + \left(\frac{H}{3}\right)(P_a)}{P_{ae}} \quad \dots\dots (9)$$

$$\bar{z} = 2.648 \text{ m}$$

3-. Calculamos los esfuerzos sobre el muro.

Tabla N° 26. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión

Fuerzas	FH(ton)	FV(ton)	d(m)	MR (ton-m)	MV (ton-m)
1		10.465	2.33	24.42	
2		20.930	3.50	73.26	
3	2.915		3.50		10.20
4		3.508	4.00	14.03	
5	13.865		0.88		12.236
6	-0.940		0.33		-0.313
$\Sigma =$	15.84	34.90	$\Sigma =$	111.71	22.12

Fuente. Elaboración propia

❖ **Comprobación de volteo:**

$$FS \text{ volteo} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_V} \quad \dots\dots(10)$$

Donde,

ΣM_r : Suma de los momentos de fuerzas que tienden a evitar el vuelco el muro sobre el punto C.

ΣM_v : Suma de los momentos de fuerzas que tienden a volcar el muro sobre el punto C.

De la Tabla N°26, tenemos que la suma de momentos resistentes $\Sigma M_r = 111.71$ ton-m, mientras que la suma de momentos que producen el vuelco $\Sigma M_v = 22.12$ ton -m.

Entonces podemos calcular nuestro F.S por vuelco de la ecuación (10):

$$F.S_{\text{volteo}} = 5.05 > 1.5 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

❖ *Comprobación de deslizamiento:*

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{\Sigma FH_R}{\Sigma FH_A} \dots\dots\dots (11)$$

Donde,

ΣFH_R : Suma de fuerzas horizontales resistentes.

ΣFH_A : Suma de fuerzas horizontales impulsoras.

Según la Tabla N°26, tenemos que la suma de fuerzas horizontales impulsoras $\Sigma FH_A = 15.84$ ton, mientras que la suma de fuerzas horizontales resistentes será:

$$\Sigma FH_R = \Sigma F_V \tan\phi + C * B + Pp \dots\dots\dots (12)$$

$$\Sigma FH_R = 20.727$$

Entonces podemos calcular nuestro F.S por deslizamiento de la ecuación (11):

$$F.S_{\text{deslizamiento}} = 1.31 > 1.25 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

❖ *Comprobación de la falla por capacidad de carga:*

$$FS_{\text{capacidad de carga}} = \frac{q_u}{q_{m\acute{a}x}} \dots\dots\dots (13)$$

Donde,

$$q_{m\acute{a}x} = q_{punta} = \frac{\sum Fv}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad \dots (14)$$

Además,

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - Mv}{\sum Fv} \quad \dots (15)$$
$$e = 0.5$$

Por lo tanto, de la ecuación (9):

$$q \text{ máx} = 16.14 \text{ ton/m}^2$$

Para calcular la máxima capacidad de carga del suelo q_u :

$$q_u = c' N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad \dots (16)$$

Donde N_c, N_q, N_γ , son factores de capacidad de carga, obtenidos de la siguiente tabla:

Tabla N° 27. Cuadro de fuerzas resistentes que actúan en el muro de gavión

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	23	18.05	8.66	8.20
1	5.38	1.09	0.07	24	19.32	9.60	9.44
2	5.63	1.20	0.15	25	20.72	10.66	10.88
3	5.90	1.31	0.24	26	22.25	11.85	12.54
4	6.19	1.43	0.34	27	23.94	13.20	14.47
5	6.49	1.57	0.45	28	25.80	14.72	16.72
6	6.81	1.72	0.57	29	27.86	16.44	19.34
7	7.16	1.88	0.71	30	30.14	18.40	22.40
8	7.53	2.06	0.86	31	32.67	20.63	25.99
9	7.92	2.25	1.03	32	35.49	23.18	30.22
10	8.35	2.47	1.22	33	38.64	26.09	35.19
11	8.80	2.71	1.44	34	42.16	29.44	41.06
12	9.28	2.97	1.69	35	46.12	33.30	48.03
13	9.81	3.26	1.97	36	50.59	37.75	56.31
14	10.37	3.59	2.29	37	55.63	42.92	66.19
15	10.98	3.94	2.65	38	61.35	48.93	78.03
16	11.63	4.34	3.06	39	67.87	55.96	92.25
17	12.34	4.77	3.53	40	75.31	64.20	109.41
18	13.10	5.26	4.07	41	83.86	73.90	130.22
19	13.93	5.80	4.68	42	93.71	85.38	155.55
20	14.83	6.40	5.39	43	105.11	99.02	186.54
21	15.82	7.07	6.20	44	118.37	115.31	224.64
22	16.88	7.82	7.13	45	133.88	134.88	271.76

Fuente. Fundamento de ingeniería geotécnica (2015)

Como $\phi' = 21.4^\circ$, procedemos a interpolar en la Tabla N°27, obteniendo:

$$N_c = 16.244$$

$$N_q = 7.37$$

$$N_\gamma = 6.572$$

Seguimos con las siguientes ecuaciones:

$$B' = B - 2e = 5.133 \text{ m}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \frac{D}{B'} = 1.062$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{q_u}{N_c \tan \phi'} = 1.071$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (\text{Se considera 1, por ser una cimentación continua})$$

$$\psi^{\circ} = \tan^{-1} \left(\frac{Pa \cos \alpha}{\Sigma Fv} \right) = 1.242$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^{\circ}}{\phi'} \right)^2 = 0.973$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^{\circ}}{\phi'} \right)^2 = 0.887$$

Entonces:

$$q_u = 88.67 \text{ ton/m}^2$$

Entonces podemos calcular nuestro F.S capacidad de carga:

$$\text{F.S capacidad de carga} = 67.7 > 3.0 \rightarrow \text{Sí cumple, es estable!}$$

b) Análisis mediante métodos de equilibrio límite utilizando el software

Slide

Después de validar el predimensionamiento en hoja de Excel, se realizó el modelamiento de las secciones de estudio en el programa Slide V 6.0. Los pasos realizados para la modelación y análisis de los muros de contención son los siguientes:

1. Modelación de talud, estrato de suelo y muro de contención.
2. Definición de los parámetros geotécnicos del suelo.
3. Adición de la carga distribuida
4. Creación del grid
5. Adición de la carga sísmica
6. Elección de métodos de equilibrio limite
7. Interpretación de resultados

- **Sobrecarga:**

En la presente investigación, se consideró una sobrecarga de 1ton/m² (9.81 KN/m²) por las edificaciones colindantes que presenta el talud.

- Sismo:
En el mapa de peligro sísmico ubicado en la ciudad de Cajamarca, en la provincia de Cutervo se aprecia una aceleración horizontal máxima de 0.24g (Ver Anexo 02), que posee un período de retorno de 500 años. Por lo tanto, se va a utilizar el coeficiente sísmico con un valor de 0.12g, puesto que se consideró el 50% de la aceleración pico del terreno.
- Parámetros de terreno y muros de contención:
Para la presente investigación, se utilizaron los siguientes parámetros.

Tabla N° 28. Resumen de parámetros utilizados

Descripción	Peso Unitario (KN/m ³)	Cohesión (KN/m ²)	Angulo de fricción (°)
Terreno Natural	10.49	38.2459	21.35
Muro de neumáticos	14.95	20	26
Muro de gaviones	16.67	98	40

Fuente: Elaboración propia

Muro de neumáticos reciclados

- Análisis estático
 - Método de Fellenius:

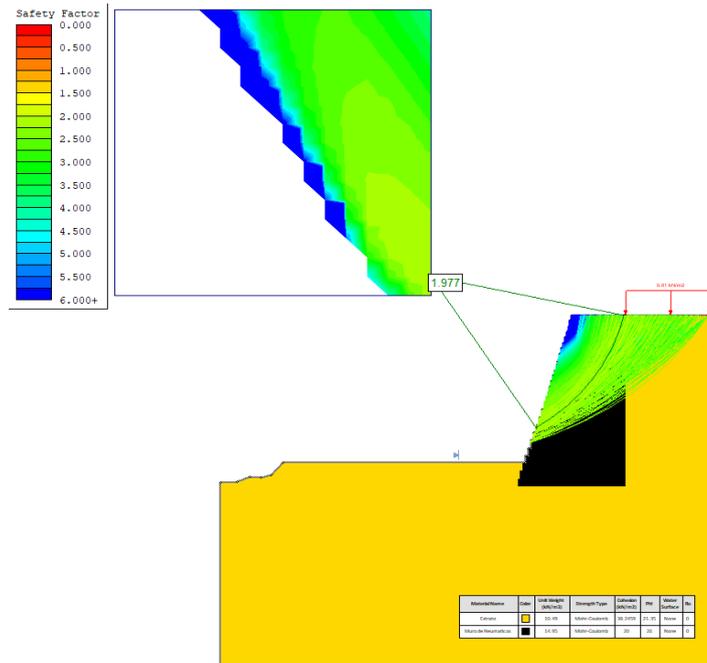


Figura 43. Método de Fellenius para muro de neumáticos reciclados

Fuente: Elaboración propia

- Método de Bishop:

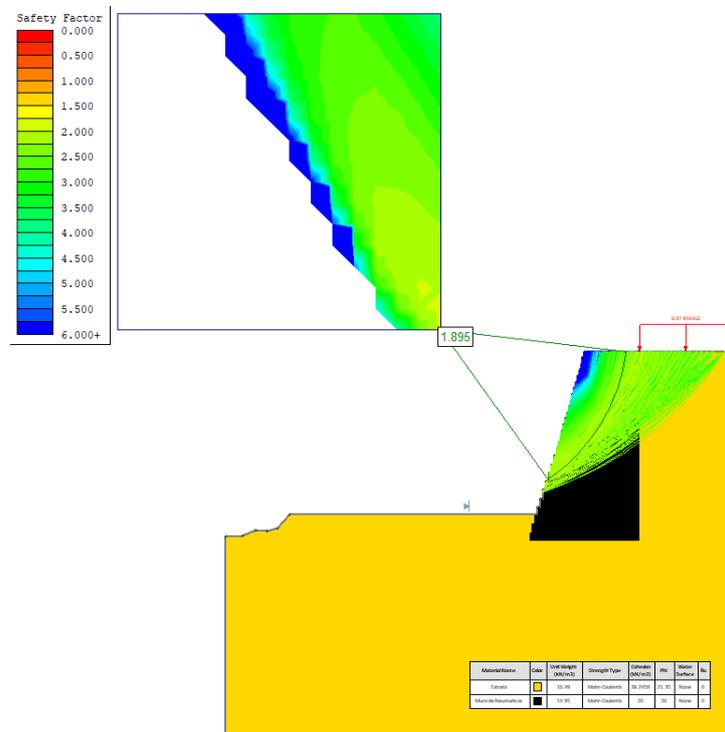


Figura 44. Método de Bishop para muro de neumáticos reciclados

Fuente: Elaboración propia

- Método de Spencer:

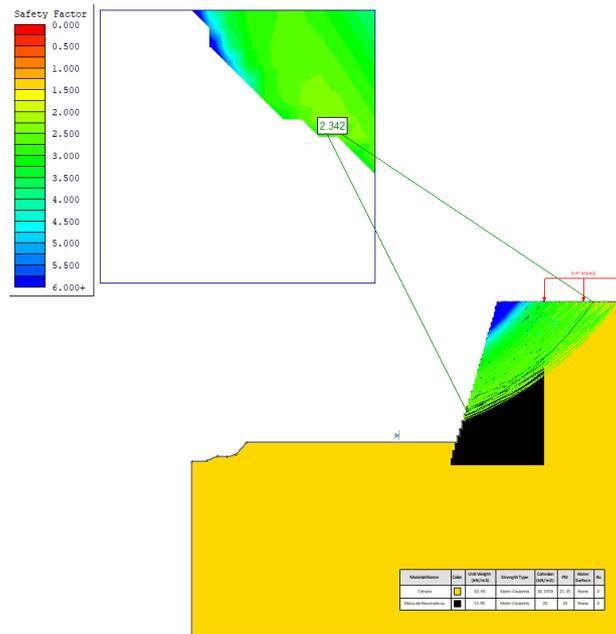


Figura 45. Método de Spencer para muro de neumáticos reciclados

Fuente: Elaboración propia

- Método de Morgenstern-Price:

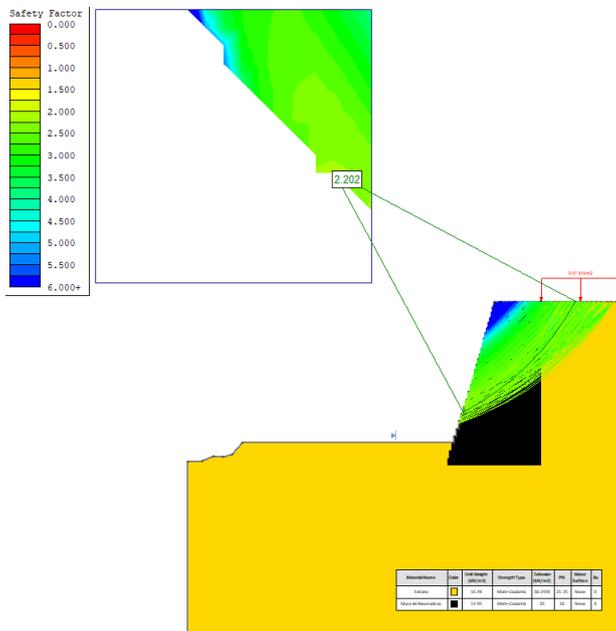


Figura 46. Método de Morgenstern-Price para muro de neumáticos reciclados

Fuente: Elaboración propia

- Análisis pseudo estático

- Método de Fellenius:

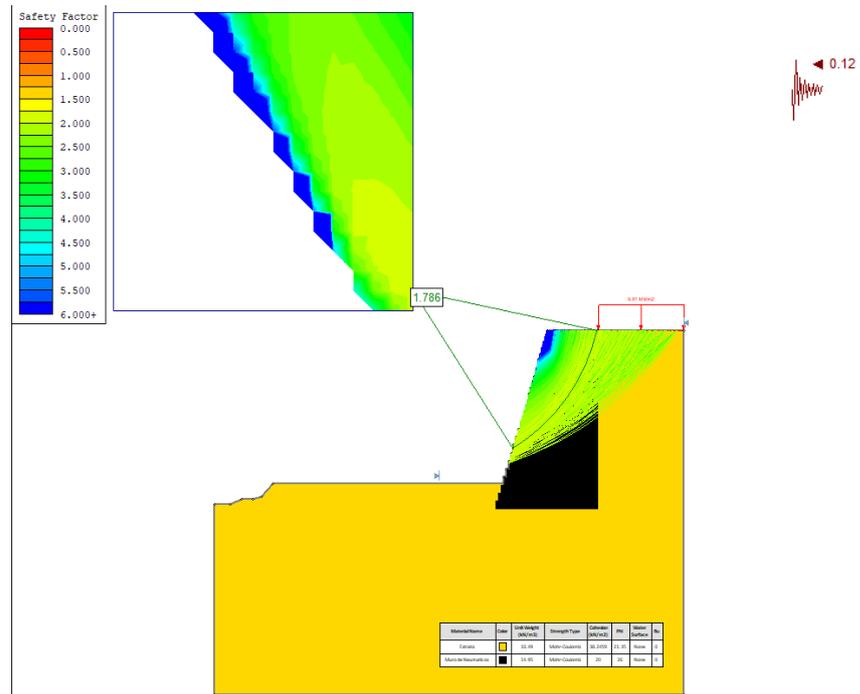


Figura 47. Método de Fellenius para muro de neumáticos reciclados

Fuente: Elaboración propia

- Método de Bishop:

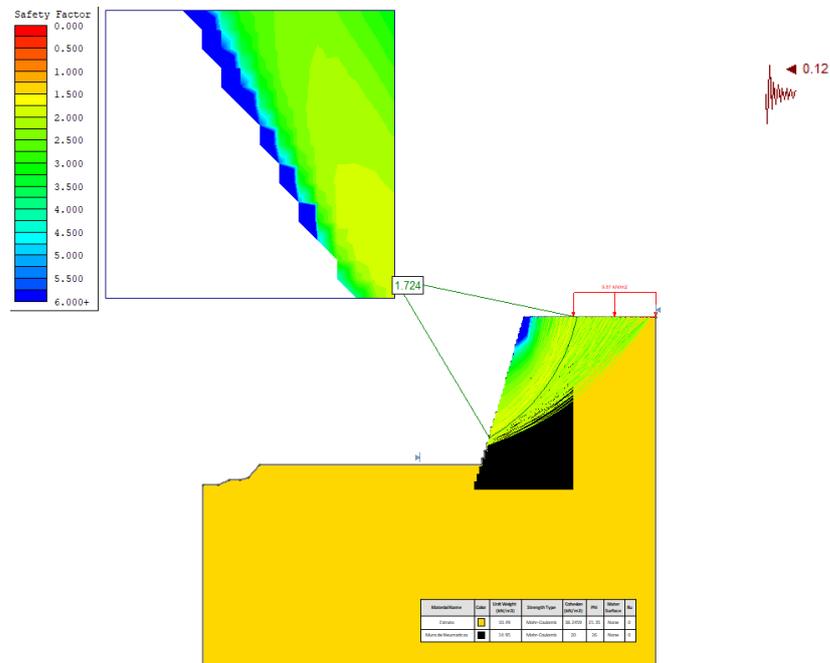


Figura 48. Método de Bishop para muro de neumáticos reciclados

Fuente: Elaboración propia

- Método de Spencer:

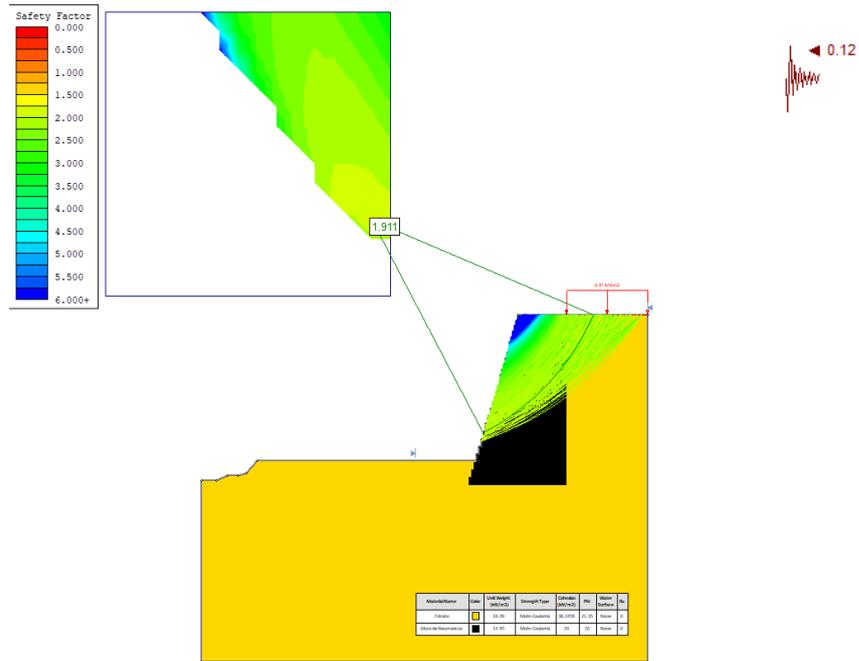


Figura 49. Método de Spencer para muro de neumáticos reciclados

Fuente: Elaboración propia

- Método de Morgenstern Price:

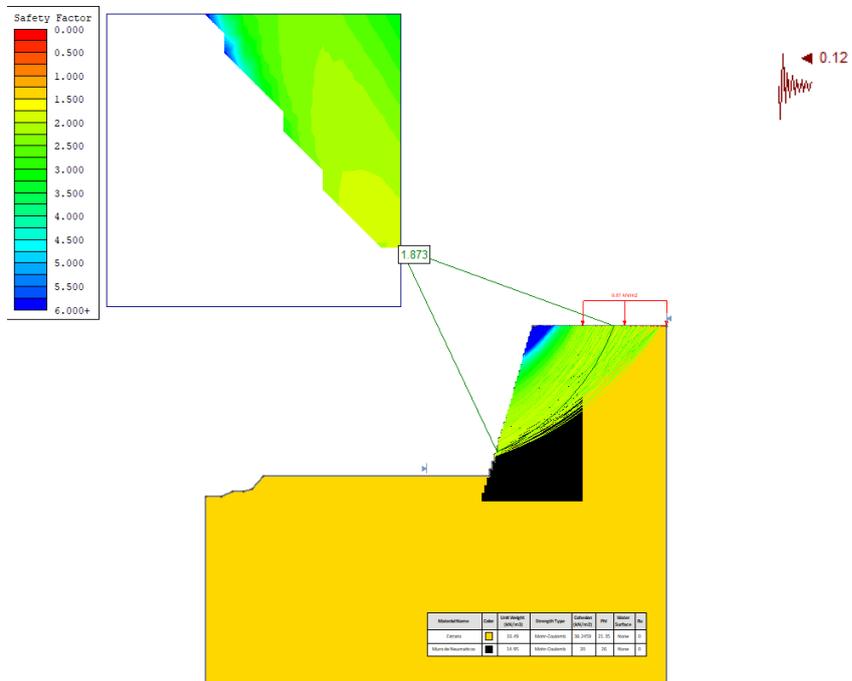


Figura 50. Método de Morgenstern-Price para muro de neumáticos reciclados

Fuente: Elaboración propia

Muro de gaviones

- Análisis estático

- Método de Fellenius:

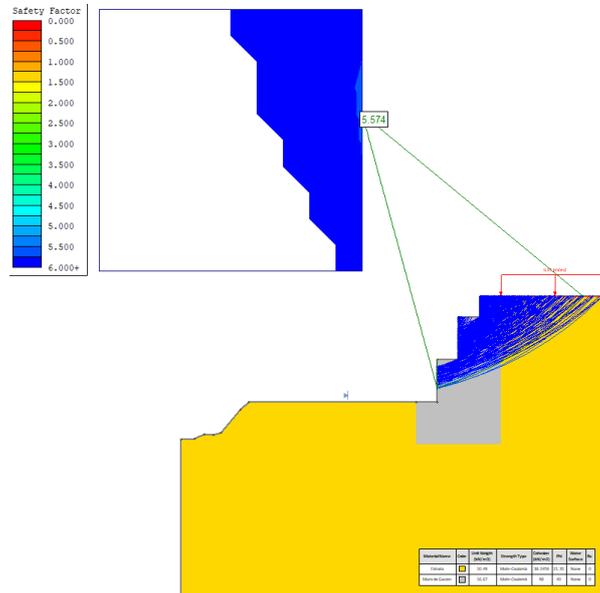


Figura 51. Método de Fellenius para muro de gaviones

Fuente: Elaboración propia

- Método de Bishop:

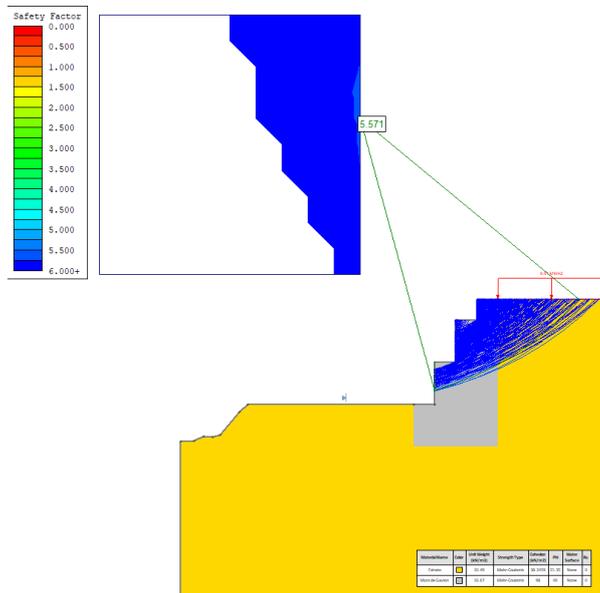


Figura 52. Método de Bishop para muro de gaviones

Fuente: Elaboración propia

- Método de Spencer:

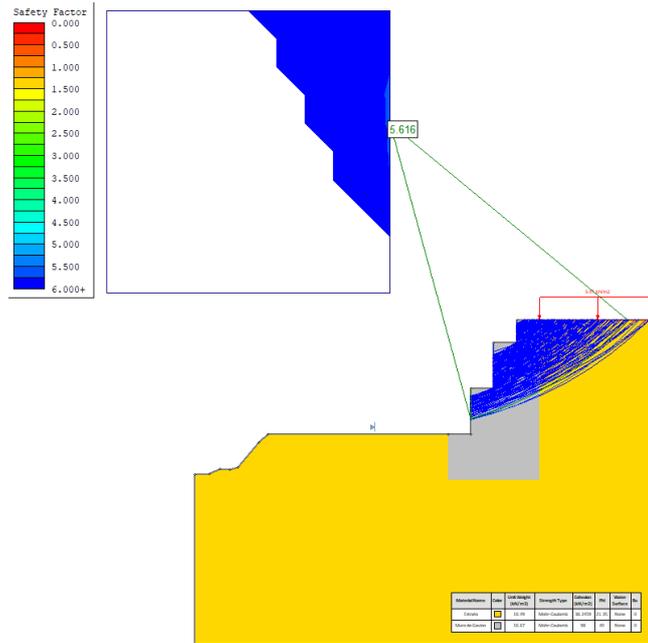


Figura 53. Método de Spencer para muro de gaviones

Fuente: Elaboración propia

- Método de Morgenstern Price:

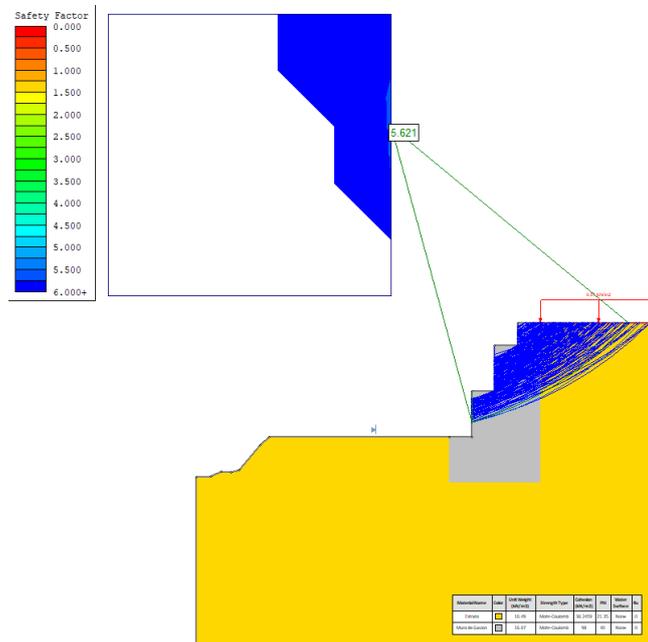


Figura 54. Método de Morgenstern-Price para muro de gaviones

Fuente: Elaboración propia

- Análisis pseudo estático

- Método de Fellenius:

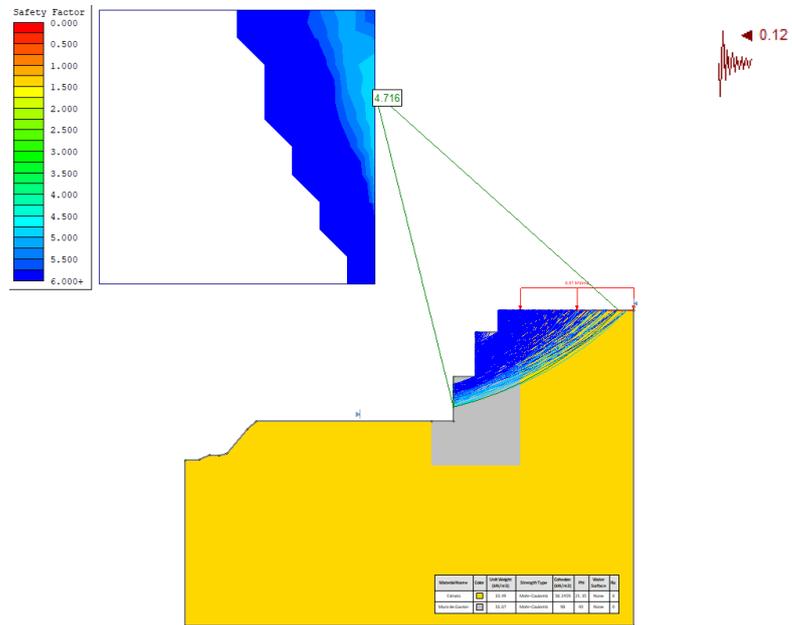


Figura 55. Método de Fellenius para muro de gaviones

Fuente: Elaboración propia

- Método de Bishop:

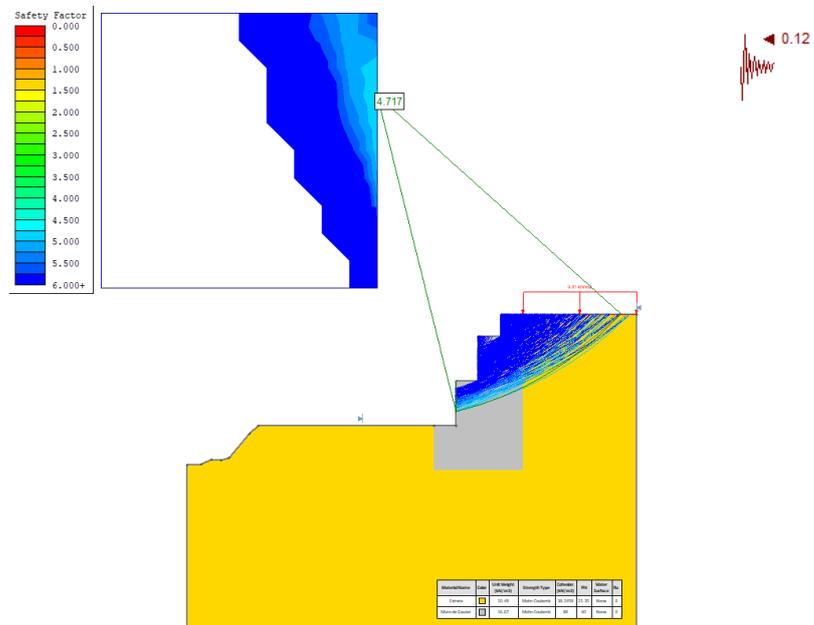


Figura 56. Método de Bishop para muro de gaviones

Fuente: Elaboración propia

- Método de Spencer:

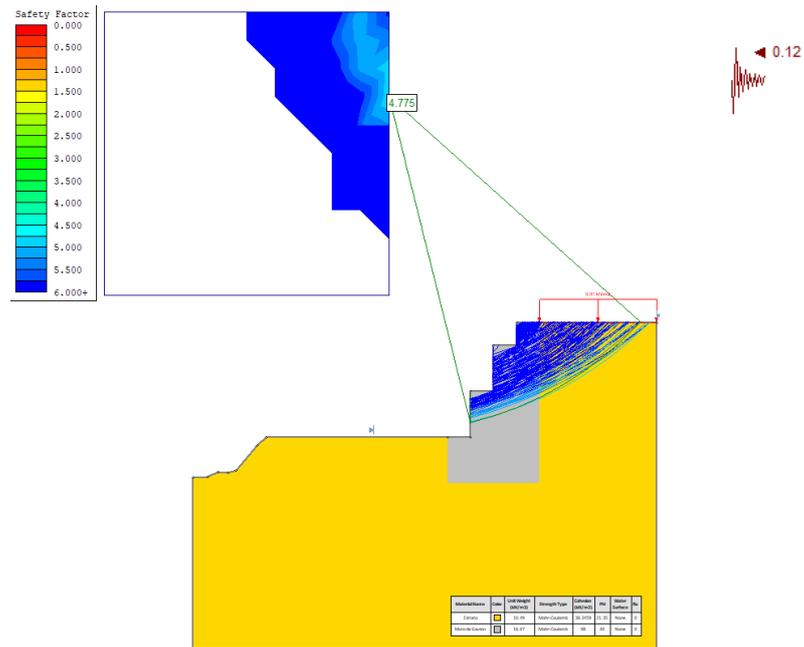


Figura 57. Método de Spencer para muro de gaviones
Fuente: Elaboración propia

- Método de Morgenstern Price:

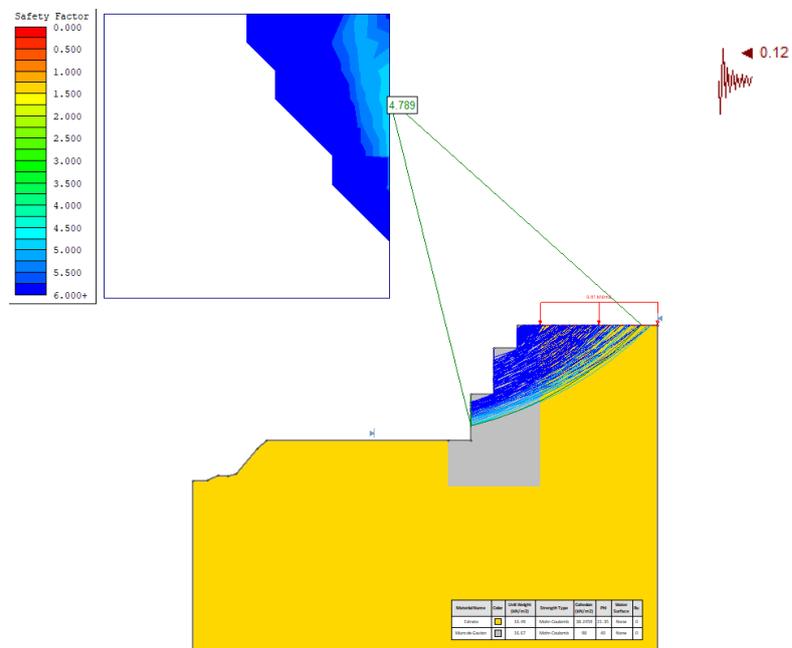


Figura 58. Método de Morgenstern-Price para muro de gaviones
Fuente: Elaboración propia

Presentación de resultados:

- Muro de neumáticos reciclados

Tabla N° 29. Resultados de muro de neumáticos reciclados

Factores de seguridad			
Tipo de análisis	Métodos	FS	Estado
Estático	Fellenius	1.977	Cumple
	Bishop	1.895	Cumple
	Spencer	2.342	Cumple
	Morgenster Price	2.202	Cumple
	Fellenius	1.786	Cumple
Pseudo estático	Bishop	1.724	Cumple
	Spencer	1.911	Cumple
	Morgenster Price	1.873	Cumple

Fuente: Elaboración propia

- Muro de gaviones

Tabla N° 30. Resultados de muro de gaviones

Factores de seguridad			
Tipo de análisis	Métodos	FS	Estado
Estático	Fellenius	5.574	Cumple
	Bishop	5.571	Cumple
	Spencer	5.616	Cumple
	Morgenster Price	5.621	Cumple
	Fellenius	4.716	Cumple
Pseudo estático	Bishop	4.717	Cumple
	Spencer	4.775	Cumple
	Morgenster Price	4.789	Cumple

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Análisis económico de muro de neumático reciclado y gaviones

Se realizará un análisis de precio unitario por cada tipo de muro de contención con el fin de conocer la diferencia de costo entre ambos tipos de muro. Asimismo, con las dimensiones del tramo, se estimará el presupuesto.

- Muro de Neumáticos Reciclados

Tabla N° 31. Análisis de precios unitarios para un muro de neumáticos reciclados

Partida	01.01	MURO DE CONTENCIÓN DE NEUMÁTICOS RECICLADOS					
Rendimiento	m3/DIA	M.O. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : m3			477.83
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	24.23	24.23	
0101010005	PEON	hh	4.0000	4.0000	17.29	69.16	
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	1.0000	24.23	24.23	
							117.62
Materiales							
020601000100	TUBERIA PVC-SAL 4" X 3 m	und		1.0000	33.81	33.81	
0210110001	NEUMATICOS RECICLADOS	und		8.0000	38.00	304.00	
0210110002	CUERDA DE POLIPROPILENO 3/16" (ROLLO x 500m)	ril		0.0400	175.50	7.02	
							344.83
Equipos							
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	1.0000	9.50	9.50	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	117.82	5.88	
							15.38

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Volumen} = 53.25 \text{ m} \times 20.859 \text{ m}^2 = 1110.74 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo total} = 1110.74 \text{ m}^3 \times 477.83 \text{ soles/m}^3 = \text{S/ } 530\,745.73$$

- Muro de gaviones

Tabla N° 32. Análisis de precios unitarios para un muro de gaviones

Partida	01.02	MURO DE CONTENCIÓN DE GAVIONES					
Rendimiento	m3/DIA	M.O. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : m3			489.67
Código	Descripción Recurs	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	24.23	48.46	
0101010005	PEON	hh	4.0000	8.0000	17.29	138.32	
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	2.0000	24.23	48.46	
							235.24
Materiales							
020401000300	ALAMBRE GALVANIZADO N° 8	kg		0.0450	3.80	0.17	
020430000100	GAVION TIPO CAJA DE 5.0 x 1 x 1 m (2.7 mm)	und		0.2000	480.00	96.00	
0207010005	PIEDRA MEDIANA	m3		1.5000	85.00	127.50	
							223.67
Equipos							
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	2.0000	9.50	19.00	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	235.24	11.78	
							30.76

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Volumen} = 53.25 \text{ m} \times 19.00 \text{ m}^2 = 1011.75 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo total} = 1011.75 \text{ m}^3 \times 489.67 \text{ soles/m}^3 = \text{S/ } 495\,423.62$$

5.2.3 Análisis temporal de muro de neumático reciclado vs gaviones

- Muro de Neumáticos Reciclados

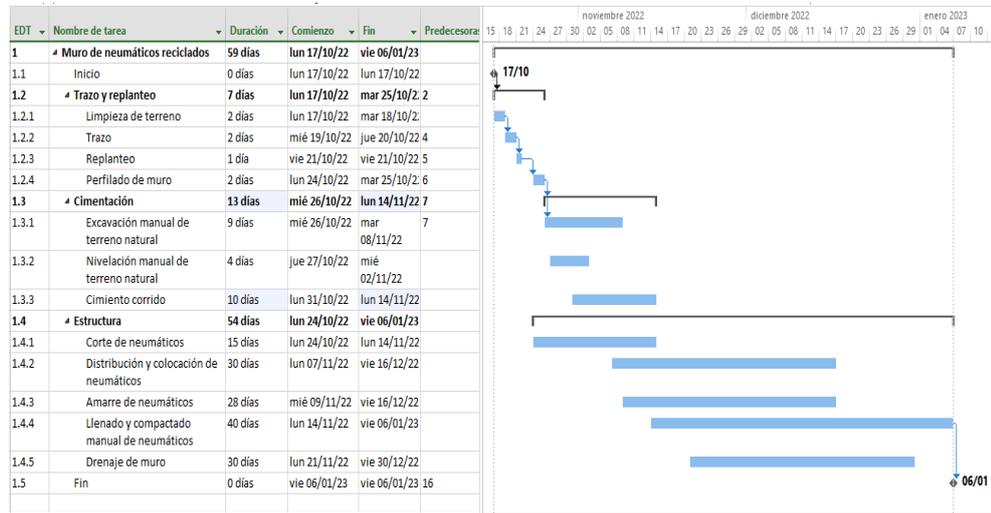


Figura 59. Cronograma de ejecución de muro de neumáticos reciclados.

Diagrama de Gantt

Fuente: Elaboración propia

- Muro de gaviones

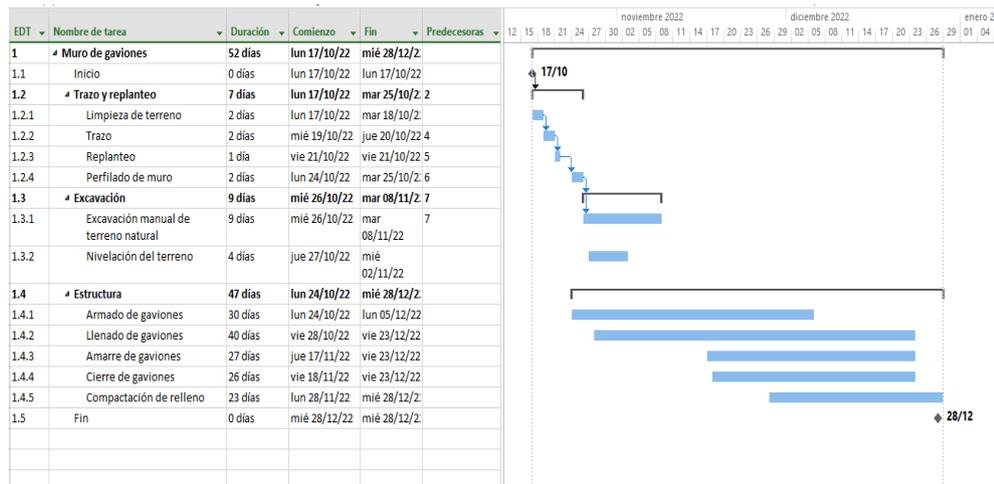


Figura 60. Cronograma de ejecución de muro de gaviones.

Fuente: Elaboración propia

5.3 Análisis de resultados

5.3.1 Análisis de diseño mediante la teoría de Coulumb

De los resultados obtenidos, los 2 tipos de muros cumplen en el aspecto técnico al tener un factor de seguridad estatico y pseudo estatico mayor a lo establecido por la norma CE020 y E050 para volteo, deslizamiento y capacidad de carga.

Tabla N° 33. Resultados de muro de gaviones

Factores de seguridad			
Tipo de análisis	Tipo de falla	FS	Estado
Estático	Volteo	2.49	Cumple
	Deslizamiento	1.66	Cumple
	Capacidad de carga	5.69	Cumple
Pseudo estático	Volteo	2.01	Cumple
	Deslizamiento	1.41	Cumple
	Capacidad de carga	4.62	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 34. Resultados de muro de neumáticos reciclados

Factores de seguridad			
Tipo de análisis	Tipo de falla	FS	Estado
Estático	Volteo	3.00	Cumple
	Deslizamiento	1.64	Cumple
	Capacidad de carga	12.39	Cumple
Pseudo estático	Volteo	5.05	Cumple
	Deslizamiento	1.31	Cumple
	Capacidad de carga	67.70	Cumple

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Análisis de equilibrio límite utilizando el software Slide

En la sección analizada, los 2 tipos de muros (gaviones y neumáticos) cumplen con el factor de seguridad tanto para el análisis estático y pseudo estático mediante los métodos de Fellenius, Bishop, Spencer y Morgenstern Price.

Tabla N° 35. Cuadro resumen del factor de seguridad entre tipo de muros

		Muro de neumático	Muro de gaviones
Análisis Estático	Fellenius	1.977	5.574
	Bishop	1.895	5.571
	Spencer	2.342	5.616
	Morgenstern Price	2.202	5.621
Análisis Pseudo-estático	Fellenius	1.786	4.716
	Bishop	1.724	4.717
	Spencer	1.911	4.775
	Morgenstern Price	1.873	4.789

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

Se realizó un análisis comparativo en aspectos técnico, económico y temporal entre los muros de gaviones y neumáticos reciclados con el fin de ver la mejor alternativa de contención. En el aspecto técnico se inició comprobando la estabilidad de los muros frente a las fallas de deslizamiento, volteo y capacidad de carga mediante la teoría de Coulumb para condiciones estáticas y dinámicas y se realizó el análisis de estabilidad mediante métodos de equilibrio limite. En el aspecto económico se comparó costos totales entre ambos tipos de muro y en el aspecto técnico se comparó tiempo de procesos constructivos entre ambos.

Los resultados obtenidos para el aspecto técnico mediante la teoría de Coulumb en condiciones estáticas el muro de gaviones se obtuvo valores del factor de seguridad por deslizamiento $1.66 > 1.50$, volteo $2.49 > 2$ y capacidad de carga $5.69 > 3$ mayores a sus valores mínimos; para condiciones pseudo estática se obtuvo valores del factor de seguridad por deslizamiento $1.41 > 1.25$, volteo $2.01 > 1.50$ y capacidad de carga $4.62 > 3$ mayores a sus valores mínimos. Los resultados muestran que el muro de gaviones es resistente a las cargas solicitadas por el terreno. Para el muro de neumáticos reciclados en condiciones estáticas se obtuvo valores del factor de seguridad por deslizamiento $1.66 > 1.50$, volteo $2.49 > 2$ y capacidad de carga $5.69 > 3$ mayores a sus valores mínimos; para condiciones pseudo estática se obtuvo valores del factor de seguridad por deslizamiento $1.41 > 1.25$, volteo $2.01 > 1.50$ y capacidad de carga $4.62 > 3$ mayores a sus valores mínimos. Los resultados muestran que el muro de gaviones es resistente a las cargas solicitadas por el terreno.

Los resultados obtenidos mediante métodos de equilibrio limite en condiciones estáticas para el muro de gaviones se obtuvo valores del factor de seguridad por el método de Fellenius 5.574, Bishop 5.571, Spencer 5.616 y Morgenstern Price 5.621; para condiciones pseudo estáticas se obtuvo valores del factor de seguridad por Fellenius 4.716, Bishop 4.717, Spencer 4.775 y Morgenstern Price 4.789. Para muros de neumáticos reciclados en condiciones estáticas se obtuvo valores del factor de seguridad por Fellenius 1.977, Bishop 1.895, Spencer 2.342 y Morgenstern Price 2.202; para condiciones pseudo estáticas se obtuvo valores del factor de seguridad por Fellenius 1.789, Bishop 1.724, Spencer 1.911 y Morgenster Price 1.873 por lo que se comprueba la hipótesis específica 1 en la que señala que el muro de gaviones presenta una mayor

estabilidad frente a los muros de neumáticos debido a que su valor del factor de seguridad por 4 diferentes métodos de equilibrio limite es mayor en comparación al de neumáticos reciclados.

Los resultados obtenidos para el aspecto temporal indican que para realizar la construcción del muro de neumáticos reciclados se tiene una duración de 59 días mientras que en las mismas condiciones para el muro de gaviones tiene una duración de 52 días por lo que se comprueba la hipótesis específica 2 en la que señala que el muro de gaviones tiene un menor tiempo de ejecución en comparación al muro de neumáticos

Los resultados obtenidos para el aspecto económico indican que para realizar la construcción del muro de neumáticos reciclados se tiene un costo de total de S/ 530 745.73 mientras que en las mismas condiciones para el muro de gaviones tiene un costo de S/ 495 423.62 por lo que se comprueba la hipótesis específica 3 en la que señala que el muro de gaviones tiene un menor costo en comparación del muro de neumáticos.

CONCLUSIONES

1. Según los resultados obtenidos del análisis comparativo, la mejor alternativa técnica y económica de contención es el muro de gaviones debido a que presenta una mayor estabilidad con un factor de seguridad de 5.571, un menor costo de S/.495 423.62 y menor tiempo de ejecución con 52 días frente al muro de neumáticos reciclados.
2. Utilizando el software Slide se pudo analizar la estabilidad de los muros de contención de gaviones y de neumáticos reciclados, obteniendo como factores de seguridad global por el método de Bishop un factor de 5.571 y 1.895 respectivamente (Tabla N° 35), tomando estos como los más críticos puesto que son menores al resto de métodos, cumpliendo de igual forma con el mínimo.
3. Según los cronogramas de ejecución planteados, se observa que el muro de gaviones es la mejor alternativa en cuanto a tiempo de ejecución gracias a su práctico procedimiento constructivo, ejecutándose en 52 días, mientras que el muro de neumáticos reciclados tiene un tiempo de 59 días. (Figura 62 y Figura 63)
4. Se puede concluir que la mejor alternativa de contención en aspectos económicos es el muro de gaviones, puesto que cuesta S/.495 423.62 (Tabla N°32) mientras que el muro de neumáticos reciclados tiene un costo de S/. 530 745.73 (Tabla N°31).

RECOMENDACIONES

1. Para futuras investigaciones, analizar la estabilidad de un talud de suelo arcilloso utilizando otros tipos de muro de contención, tales como el muro de pircas, bolsacreto, entre otros, mediante métodos de equilibrio limite.
2. Analizar la estabilidad de un talud de suelo arcilloso mediante otros métodos de análisis como Peterson, Janbu, utilizando software como GE05, GeoSlope.
3. Para esta investigación se consideró un talud sin nivel freático, para futuras investigaciones se recomienda analizar la estabilidad de un talud con presencia de nivel freático mediante métodos de equilibrio limite.
4. Para una mayor resistencia y durabilidad del muro de gaviones, se puede utilizar un geotextil entre el muro-terreno para evitar la filtración del agua captada por el terreno.
5. Se debe tratar en lo posible que el material de relleno de los gaviones sea de canto rodado con un alto peso específico, ya que el comportamiento de los muros depende de su peso propio.
6. Para garantizar una estructura estética del paramento frontal del muro de gavión, se puede utilizar encofrado para mejorar la verticalidad de este.
7. Para un mejor desenvolvimiento del muro de neumáticos reciclados, se puede utilizar una mezcla de suelo - cemento cada 3 hiladas para proporcionar mayor resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angelone, S., Garibay, M. T., & Casaux, M. C. (2006). Permeabilidad de suelos. Geol. y Geotec—Permeabilidad Suelos. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32225836/Permeabilidad_en_Suelos
- Aguilar, O. & Zuñiga, C. (2015). Análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante los Métodos de equilibrio límite aplicado a taludes o laderas aledañas al cerro de la popa, casco urbano de Cartagena.. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/2089>
- Almeida, P. (2015). Obras de contención manual técnico. Obtenido de <https://www.maccaferri.com/br/es/documentos/manuales/>
- Avilés, M. (2014). Análisis técnico y económico para muros de contención de hormigón armado comparado con muros de gaviones y sistemas de suelo reforzado para alturas H=5m, H=7.5m, H=10m, H=15m, para una longitud de 80m. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2555>
- Antúnez, B. (2019). Manual para la construcción y mantenimiento de muro de llantas. Obtenido de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manual_de_construcci%C3%B3n_y_mantenimiento_de_muro_de_llantas_en_barrios_populares_de_Tegucigalpa_es.pdf
- Badillo J. & Rodríguez R. (2005). Mecánica de suelos tomo I. Fundamentos de Mecánica de Suelos. 3ra Edición, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Barros, P., Sarabia, G., Valdés, F., Serrano, P. & Gaytan, I. (2019). Muro de contención construido con neumáticos estabilizados mecánicamente. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/ric/v34n3/0718-5073-ric-34-03-252.pdf>
- Barbosa C., Barbosa J. & Terreros J. (2015). Análisis de la interacción suelo estructura en muros de contención de concreto reforzado en voladizo sobre suelos arcillosos colombianos. Obtenido de <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3391>
- Block A., Retaining Walls. (s.f.). AB Engineering Manual. Obtenido de <https://www.allanblock.com/literature/PDF/EngManual.pdf>

- Canchari C. (2018). Diseño de muros de contención utilizando neumáticos reciclados en laderas de cerro del AA.HH. Ciudad de los Constructores, Distrito de San Juan de Lurigancho, Lima 2018. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39261/Canchari_V C.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castro E. (2018). Evaluación de muros de contención para estabilización de taludes como propuesta ante la vulnerabilidad sísmica en el asentamiento humano Bellavista, distrito de Independencia, 2018. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35408>
- Clavijo F. (2021). Análisis documental del uso de llantas recicladas en obras civiles a nivel nacional. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/42450>
- Cueto J. (2018). Propuesta técnica para estabilizar talud con neumáticos reciclados, trocha carrozable Hualituna – curva Gervasio – región Junín. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/781>
- Cusquisibán W. (2014) Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/685>
- Daniela L., Córdoba M. & Benavides B. (2019). Diseño y construcción de muro de contención en neumático usado en el municipio de la mesa. Obtenido de <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/7562>
- Decreto Supremo N° 024 - 2021- MINAM Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2079842/R%C3%A9gimen%20Especial%20de%20Gesti%C3%B3n%20y%20Manejo%20NFU.pdf.pdf>
- Escobar W. (2017). Evaluación de la alternativa para la estabilización de taludes mediante la implementación de llantas en la montaña la Ponderosa (Localidad Ciudad Bolívar Barrio Bella flor). Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13100>

- Gonzales A. & Valverde L. (2021). Estudio de comportamiento geotécnico y alternativas de contención del suelo arenoso para la estabilidad de taludes en los laureles de Villa el Salvador. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/4683>
- Gretta C. & Abugattas C. (2020). Investigación sobre la realidad del caucho en desuso en Perú comparándolo con otros países. Obtenido de http://54.213.100.250/bitstream/20.500.12590/16341/1/ABUGATTAS_DELGADO_CAM_INV.pdf
- Hernández R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación, 6a. edición. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Huertas J. & Rincón H. (2021). Propuesta de muro de contención en llantas reciclables para la estabilización de taludes en zonas informales a nivel urbano. Estudio de caso corporación expresiones artísticas Arco iris, sector de Yomasa, localidad de Usme. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/26782>
- León J. (2017). Construcción y análisis de un modelo experimental de muro de contención, fabricado con llantas recicladas usando suelo in situ. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6885>
- López J. & Ortiz G. (2018). Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay. Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/152/1/Tesis-Estabilizaci%C3%B3n%20de%20suelos%20arcillosos%20con%20cal.pdf>
- Maguiña W. (2019). Caucho reciclado de llantas en la mezcla de Asfalto a Compresión para mejorar las Propiedades Mecánicas. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2919>
- Medeiros V., Sayão A., Gerscovich D., Sierira A. Reuso de Pneus em Geotecnia. Seminario Nacional Sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais. 2000. São Paulo.
- Miranda R., Alonso G. & Jiménez C. (2018). Análisis y diseño de muros de contención a base de neumáticos y su impacto en la sociedad. Obtenido de

https://www.ingenieria.unach.mx/images/Articulos_revista/revistapakbal_43_pag15-20.pdf

Nader J. (2018). Viabilidad de muro de contención de gravedad mediante la utilización de llantas usadas. Obtenido de <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/7188>

Norma CE. 020. Estabilización de suelos y taludes. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf

Norma E.050. Suelos y Cimentaciones. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2011/puno/4.%20INGENIERIA%20GEOTECNICA%20EN%20EDIFICACIONES.pdf>

Peña C. (2018). Muros de contención mediante la utilización de neumáticos desechados para alturas menores. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/42202>

Piñar, R. (2008). Proyecto de construcción de un muro de gaviones de 960 m³. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6034>

Pinzon, L. (2012). Variación del factor de seguridad en taludes compuestos por cenizas volcánicas, comparando los parámetros mecánicos de 2 taludes fallados con las propiedades de un suelo sometido a saturación. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16991/VARIACION%20DEL%20FACTOR%20DE%20SEGURIDAD.pdf?sequence=1>

Rodríguez, (2016). Estandarización de técnicas de diseño y construcción de muros de tierra reforzada con llantas de desecho. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57245/71389816.2016.pdf?sequence=1>

Sosa N. & Lara, J. (2018). Peligros geológicos en el barrio Carniche y Los Olivos. Región Cajamarca, provincia Cutervo, distrito Cutervo, parajes Barrio Carniche y Los Olivos. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1712>

- Suarez, J. (2006). Estructuras de Contención de Gravedad. Obtenido de Deslizamientos: Técnicas de remediación, 110-132.
- Suarez, J. (2009). *Deslizamientos - Análisis Geotécnico*. Bucaramanga, Colombia: Publicaciones Universidad Industrial de Santander (UIS)
- Suarez, J. (2002). Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Obtenido de https://www.academia.edu/40311609/DESLIZAMIENTOS_Y_ESTABILIDAD_DE_TALUDES_EN_ZONAS_TROPICALES
- Suarez, J. (2017). Métodos de Manejo y Estabilización. Obtenido de Métodos de Manejo y Estabilización. Obtenido de https://www.academia.edu/25354094/Deslizamientos_Soluci%C3%B3n_Jaime_Suarez_
- Toprak B., Sevim O. & Kalkan I. (2016). Gabion walls and their use. Obtenido de International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering. Volume-3, Issue-4, Aug.-2016

ANEXOS

Anexo 1. Ensayos de laboratorio



ADRICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
00099487
942 904 210
Info@adlicorpsac.com / adlicorpsac@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 – Cercado de Lima – Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO

SOLICITANTE : SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.		N° REGISTRO : RE - LMS/LEM - 01	
PROYECTO : Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa Maria Nivel II - 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento C			
UBICACIÓN : Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.			
FECHA : Setiembre del 2021			
CALIGATA : C - 1		MIVEL FREÁTICO : NO PRESENTÓ	
PROFUNDIDAD : 3.00 m			
UBICACIÓN : Coord.: E. 742467.968 / N. 9294611.736			

PROF. (m)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION		SIMBOLO
				SUCS	AASHTO	
0.00	A CIELO ABIERTO	---	RELLENO	PT	---	[Symbol]
0.25		M-1	MATERIAL DE LIMO DE BAJA PLASTICIDAD, HÚMEDO, SEMI COMPACTO, DE COLOR PARDO FUERTE, SIN PRESENCIA DE GRAVA.	ML	A-4 (6)	[Symbol]
0.50						
0.75						
1.00						
1.25						
1.50						
1.75						
2.00						
2.25						
2.50						
2.75						
3.00						



ADRICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alex R. Advanzón Regalado
MFE LAS PUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 340112

📍 JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136

📍 CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Orosco N° 557

📍 CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047

☎ 930 639 923 ✉ jaen@adlicorpsac.com

☎ 942 477 839 / 912 786 935 ✉ cutervo@adlicorpsac.com

☎ 942 904 210 ✉ chclayo@adlicorpsac.com

Fuente: Adicorp SAC (2021)



ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
00099487
942 904 210
Info@adicorpsac.com / adicorpsac@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 – Cercado de Lima – Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO

SOLICITANTE : SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO : Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa Maria Nivel II - 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento C
UBICACIÓN : Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA : Setiembre del 2021
CALICATA : C - 2
N° REGISTRO : RE - LMS/LEM - 02
PROFUNDIDAD : 3.00 m
NIVEL FREÁTICO : NO PRESENTÓ
UBICACIÓN : Coord. E. 742488.111 / N. 0204588.487

PROF. (m)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIFICACION		SIMBOLO
				SUCS	AASHTO	
0.00	A CIELO ABIERTO	---	RELLENO	PT	---	
0.30		M-1	MATERIAL DE LIMO DE BAJA PLASTICIDAD, HÚMEDO, SEMI COMPACTO, DE COLOR PARDO AMARILLENTO FUERTE, SIN PRESENCIA DE GRAVA.	ML	A-7-B (9)	
0.60						
0.90						
1.20						
1.50						
1.80						
2.10						
2.40						
2.70						
3.00						

ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
[Signature]
Alex R. Advanzén Regalado
JEFE LAB. SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 3150

Fuente: Adicorp SAC (2021)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTS II 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

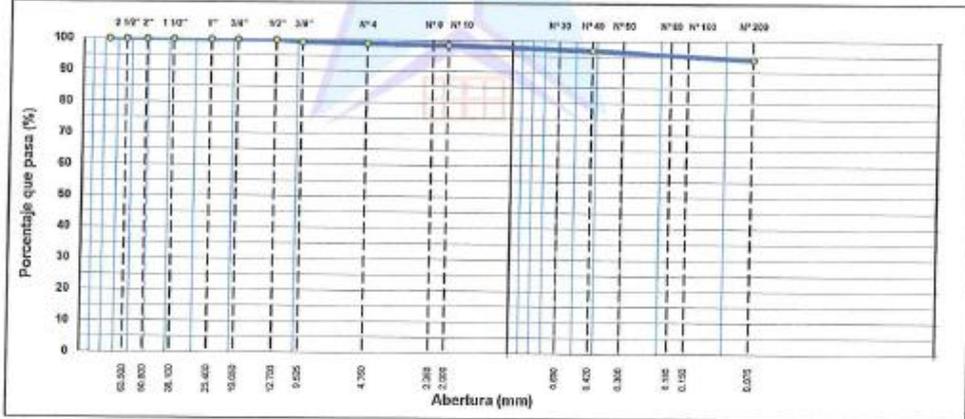
SOLICITANTE : SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO : Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel II-1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
UBICACIÓN : Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA : Setiembre del 2021
CALICATA : C - 1
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 3.00
UBICACIÓN : Coord.: E. 742467.968 / N. 9294511.738

N° REGISTRO : AG - LMS/LEM - 01
MATERIAL :
LADO :
PROGR. (Km) :

TAMIZ	ABERT. mm	REGRES.	SRET. PARC.	SRET. AC.	% Q'PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 881.8 gr
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 9.7 gr
2"	50.800						PESO FINO = 871.9 gr
1 1/2"	38.100						LÍMITE LÍQUIDO = 39 %
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		LÍMITE PLÁSTICO = 37 %
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		ÍNDICE PLÁSTICO = 3 %
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0		CLASIF. AASHTO = A-4 (B)
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	99.2		CLASIF. SUCCS = ML
1/4"	6.350	0.9	0.1	0.9	99.1		Ensayo Malla #200
# 4	4.750	1.9	0.2	1.1	98.9		P.S. Seco. = 681.6
# 8	2.360	2.7	0.3	1.4	98.6		P.S. Lavado = 9.7
# 10	2.000	1.1	0.1	1.5	98.5		% Grava = 1.1 %
# 30	0.600	0.4	1.1	2.8	97.4		% Arena = 4.9 %
# 40	0.420	2.4	0.4	3.0	97.0		% Fino = 94.1 %
# 50	0.300	4.4	0.5	3.5	95.5		% HUMEDAD = 1057.0
# 60	0.250	19.0	1.1	4.6	95.4		P.S.S. = 765.2
# 100	0.150	3.5	0.4	5.0	95.0		% Humedad = 39.3
# 200	0.075	8.2	0.9	6.0	94.1		OBSERVACIONES:
< # 200	FONDO	829.2	94.1	100.0	0.0		
FINO		871.9					Coef. Uniformidad = -
TOTAL		881.8					Coef. Curvatura = -
							Índice de Consistencia = 0.05
							Pol. de Expansión = Semilíquido

Descripción suelo: Limo de baja plasticidad

CURVA GRANULOMÉTRICA



ADRICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alex R. Adrijón Regalado
JEFE LAB. SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 215014

ADRICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar Almirano Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA

- JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136
- CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Orasco N° 557
- CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047
- 930 639 923
- 942 477 839 / 912 786 935
- 942 904 210
- jaen@adricorpsac.com
- cutervo@adricorpsac.com
- chiclayo@adricorpsac.com

Fuente: Adicorp SAC (2021)



ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
00099487
942 904 210
Info@adlicorpsac.com / adlicorpsac@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 - Cercado de Lima - Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

LIMITES DE ATTERBERG

MTCE 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-99 Y T-90

SOLICITANTE : SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.

PROYECTO : Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel II - 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.

UBICACIÓN : Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.

FECHA : Setiembre del 2021

GALICATA : C - 1

MUESTRA : M - 1

PROF. (m) : 0.00-3.00

UBICACIÓN : Coord.: E. 742467.265 / N. 8284611.738

N° REGISTRO : LA - LMS/LEN - 01

MATERIAL :

LADO :

PROGR. (Gm) :

LÍMITE LÍQUIDO

N° TARRO	10	9	8
TARRO + SUELO HÚMEDO	45.00	43.69	41.28
TARRO + SUELO SECO	39.89	37.69	36.45
AGUA	5.09	6.00	4.83
PESO DEL TARRO	29.00	22.72	23.62
PESO DEL SUELO SECO	13.89	14.87	12.63
% DE HUMEDAD	45.12	40.00	37.65
N° DE GOLPES	15	23	32

LÍMITE PLÁSTICO

N° TARRO	12		
TARRO + SUELO HÚMEDO	34.22		
TARRO + SUELO SECO	30.50		
AGUA	3.29		
PESO DEL TARRO	22.05		
PESO DEL SUELO SECO	8.93		
% DE HUMEDAD	36.84		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	39
LÍMITE PLÁSTICO	37
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	3

OBSERVACIONES

ADICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alex R. Advánzen Regalado
JEFE LAB. SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 215014

ADICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Ómar Alejandro Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA

JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136 930 639 923 jaen@adlicorpsac.com
CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Orosco N° 557 942 477 839 / 912 786 935 cutervo@adlicorpsac.com
CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047 942 904 210 chiclayo@adlicorpsac.com

Fuente: Adicorp SAC (2021)

HUMEDAD NATURAL (MTC E 108)

SOLICITANTE : SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.	
PROYECTO : Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel B-1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departam	
UBICACIÓN : Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.	
FECHA : Setiembre del 2021	
CALICATA : C - 1	N° REGISTRO : HM - LMB/LEB - 01
MUESTRA : M - 1	MATERIAL :
PROF. (m) : 0.00- 3.00	LADO :
UBICACIÓN : Coord.: E. 742487.908 / N. 9294811.736	PROGR. (Km) :

DATOS

N° de Ensayo	D- 14		
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	1057.00		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	786.20		
Peso de Tara (gr.)	97.20		
Peso de Agua (gr.)	270.60		
Peso Mat. Seco (gr.)	689.00		
Humedad Natural (%)	39.30		
Promedio de Humedad (%)			39.3

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

ADRICORP S.A.C.
INGENIERIA GEOTECNICA
Alex R. Adyónzón Regalado
CPE LAS SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP. 215012

ADRICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTECNICOS
Omar Altamirano Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA



ADICORP S. A. C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
00099487
942 904 210
info@aditcorp.sac.com / aditcorp.sac@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 – Cercado de Lima – Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

DENSIDAD NATURAL HUMEDA

(A.S.T.M. D 2937)

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.	
PROYECTO	: "Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel II - 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca"	
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.	
FECHA	: Setiembre del 2021	
CALICATA	: C - 1	N° REGISTRO : PU - LMSLEM - 01
MUESTRA	: M - 1	
PROP. (m)	: 0.00 - 3.00 m	
UBICACIÓN	: Coord. E. 742407.908 / N. 9294811.738	

ENSAYO :	1	
PESO MUESTREADOR + M. HUMEDA INICIAL (gr)	130.50	
PESO MUESTREADOR (gr)	42.09	
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	58.41	
VOLUMEN MUESTREADOR (cm ³)	60.05	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.47	
Y_{humeda} (gr/cm³)	1.47	

DENSIDAD SECA

(A.S.T.M. D 2937)

ENSAYO :	1	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.47	
DENSIDAD AGUA (gr/cm ³)	1.00	
HUMEDAD NATURAL (%)	39.30	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.06	
Y_{seca} (gr/cm³)	1.06	

ADICORP SAC.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alfonso R. Adrianzen Regalado
INGENIERO CIVIL
CIP 215017

ADICORP SAC.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar Altamirano Davila
TÉCNICO LABORATORISTA

JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136
CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Orosco N° 557
CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047

930 639 923 jaen@aditcorp.sac.com
942 477 839 / 912 786 935 cutervo@aditcorp.sac.com
942 904 210 chclayo@aditcorp.sac.com

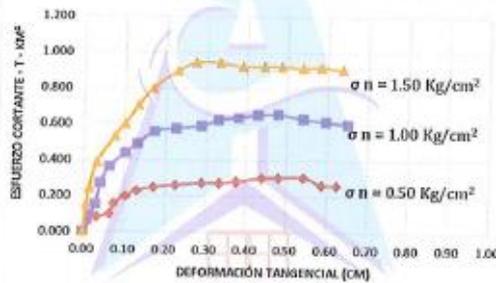
Fuente: Adicorp SAC (2021)

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080	
SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO	: "Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel II- 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - De
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA	: Setiembre del 2021
CALICATA	: C - 1
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m
UBICACIÓN	: Coord. E. 742467.958 / N. 9294611.738
N° REGISTRO : CD - LMSLEM - 01	

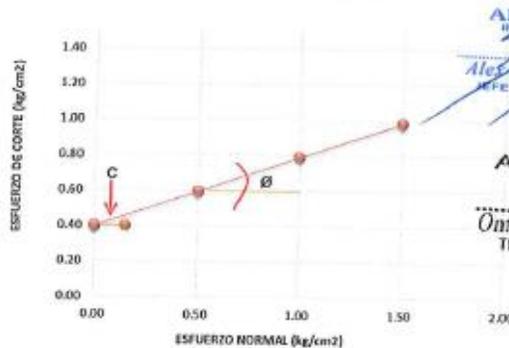
N° DE ESPECIMEN	PESO VOLUMÉTRICO SECO (gr/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)	PROPORCIÓN DE ESFUERZOS (t/s)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm ²)	HUMEDAD SATURADA (%)
1	1.057	0.50	1.190	39.30	0.595	44.31
2	1.054	1.00	0.790	39.60	0.790	44.70
3	1.049	1.50	0.656	40.00	0.984	45.04

RESULTADO :			
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA	Φ	:	21.30 °
COHESIÓN APARENTE	C	:	0.40 kg/cm ²
DENSIDAD SECA PROMEDIO	$\gamma_s < N^{\circ}4$:	1.06 g/cm ³
HUMEDAD NATURAL	w	:	39.30 %

DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ADRICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
ALEX R. ADRIANZÉN REGALADO
JEFE LAB. SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 315077

ADRICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
OSCAR AKAMIRANO DAVILA
TÉCNICO LABORATORISTA



ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
00099487
942 904 210
info@adricorpsac.com / adricorpsac@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 – Cercado de Lima – Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

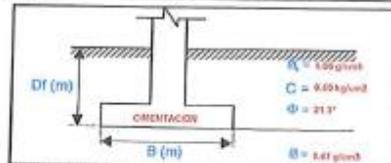
CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO	: *Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa Maria Nivel II- 1 - Distrito Cutervo - Provinci
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca
FECHA	: Setiembre del 2021
CALICATA	: C - 1
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m
UBICACIÓN	: Coord.: E. 742467.968 / N. 9294611.738

MP REGISTRO : CP - LMS/LEM - 01

CIMENTACION

Parámetros de cálculo	
Angulo de Friccion Interna	21.30 °
Cohesión	0.40 kg/cm ²
Densidad del Suelo Natural	1.47 g/cm ³
Densidad del Suelo Seco	1.06 g/cm ³
Humedad del Suelo	39.30 %
Factor de Seguridad	3.00



Según TERZAGUI Y PECK (1967):

$$q_{ult} = CN_c S_c + \gamma D_f N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

$$Q_{adm} = Q_{ult} / FS$$

Coef. de Empuje de Tierras	
ka	= 0.47
Kp	= 2.14
ko	= 0.64

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA (Vesic)				FACTORES DE FORMA			
				Corrid.	Cuad./Circ.	Rect.	
N _c	= 19.33	N _q /N _c	= 0.44	S _c	= 1	1.44	1.35
N _q	= 8.54	tan φ	= 0.39	S _q	= 1	1.39	1.31
N _γ	= 4.54			S _γ	= 1	0.60	0.68

CIMENTACION CORRIDA

$$Q_u = C^* N_c S_c + \gamma D_f N_q S_q + 1/2 \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

Ancho de Ciment. B (m)	Larg. Ciment. L (m)	Desplante Df (m)	Qult. kg/cm ²	Qadm. kg/cm ²	Δe cm	Δc cm	Δadm cm
0.80		0.80	1.64	0.55	0.05	0.80	0.43
0.80		1.00	1.87	0.62	0.06	0.80	0.43
1.00		1.50	2.37	0.79	0.08	0.80	0.44
1.20		3.00	3.77	1.26	0.13	0.80	0.46

CIMENTACION CUADRADA

$$Q_u = 1.3^* C^* N_c S_c + \gamma D_f N_q S_q + 0.4^* \gamma B^* N_\gamma S_\gamma$$

Ancho de Ciment. B (m)	Larg. Ciment. L (m)	Desplante Df (m)	Qult. kg/cm ²	Qadm. kg/cm ²	Δe cm	Δc cm	Δd cm
1.00	1.00	0.80	2.57	0.86	0.09	0.80	0.44
1.50	1.50	1.00	2.88	0.96	0.10	0.80	0.45
2.00	2.00	1.50	3.56	1.19	0.12	0.80	0.51
2.50	2.50	3.00	5.50	1.83	0.18	0.80	0.49

CIMENTACION RECTANGULAR

$$Q_u = C^* N_c S_c + \gamma D_f N_q S_q + 1/2^* \gamma B^* N_\gamma S_\gamma$$

Ancho de Ciment. B (m)	Larg. Ciment. L (m)	Desplante Df (m)	Qult. kg/cm ²	Qadm. kg/cm ²	Δe cm	Δc cm	Δd cm
1.20	1.50	0.80	2.19	0.73	0.07	0.80	0.44
1.50	2.00	1.00	2.48	0.83	0.08	0.80	0.44
1.80	2.40	1.50	3.12	1.04	0.10	0.80	0.45
2.50	3.00	3.00	5.01	1.67	0.17	0.80	0.48

- | | | |
|---|--|--|
| <p>ADICORP SAC
JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136
930 639 923
jaen@adricorpsac.com</p> | <p>ADICORP SAC
CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Cosco N° 557
942 477 839 / 912 786 988
cutervo@adricorpsac.com</p> | <p>ADICORP SAC
CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047
942 904 210
chiclayo@adricorpsac.com</p> |
|---|--|--|



ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
00099487
942 904 210
Info@adicoipsac.com / adicoipsac@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 - Cercado de Lima - Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

RESULTADOS GEOTÉCNICOS

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO	: "Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa Maria Nivel II - 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca
FECHA	: Setiembre del 2021
CALICATA	: C - 1
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m
UBICACIÓN	: Coord.: E. 742467.968 / N. 9294611.738

N° REGISTRO: RG - LMS/LEM - 01

CAPACIDAD PORTANTE

O P C I O N	Desplante	Ancho de Ciment.	\square	Φ	C	Quit.	Qadm.
	Df (m)	B (m)	g/cm ³	(°)	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
1	0.80	1.00	1.06	21.30	0.40	1.74	0.58
	1.00	1.00	1.06	21.30	0.40	1.92	0.64
	1.50	1.00	1.06	21.30	0.40	2.37	0.79
	1.80	1.00	1.06	21.30	0.40	2.64	0.88
	2.00	1.00	1.06	21.30	0.40	2.82	0.94
	2.50	1.00	1.06	21.30	0.40	3.27	1.09
2	3.00	1.00	1.06	21.30	0.40	3.72	1.24
	0.80	1.20	1.06	21.30	0.40	1.78	0.59
	1.00	1.20	1.06	21.30	0.40	1.96	0.65
	1.50	1.20	1.06	21.30	0.40	2.41	0.80
	1.80	1.20	1.06	21.30	0.40	2.69	0.90
	2.00	1.20	1.06	21.30	0.40	2.87	0.96
3	2.50	1.20	1.06	21.30	0.40	3.32	1.11
	3.00	1.20	1.06	21.30	0.40	3.77	1.26
	0.80	1.50	1.06	21.30	0.40	1.86	0.62
	1.00	1.50	1.06	21.30	0.40	2.04	0.68
	1.50	1.50	1.06	21.30	0.40	2.49	0.83
	1.80	1.50	1.06	21.30	0.40	2.76	0.92
3	2.00	1.50	1.06	21.30	0.40	2.94	0.98
	2.50	1.50	1.06	21.30	0.40	3.39	1.13
	3.00	1.50	1.06	21.30	0.40	3.84	1.28

ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alfonso R. Arriarán Regalado
REFE LMS SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 215014

ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar Altamirano Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA

JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136
CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Orosco N° 557
CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047

930 639 923 jaen@adicoipsac.com
942 477 839 / 912 786 935 cutervo@adicoipsac.com
942 904 210 chclayo@adicoipsac.com

Fuente: Adicorp SAC (2021)



CÁLCULO DE ASENTAMIENTO INMEDIATO

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.	
PROYECTO	: "Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa Maria Nivel II- 1 - Distrito Cutervo - Provincia C...	
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.	
FECHA	: Setiembre del 2021	
CALICATA	: C - 1	N° REGISTRO : CAI - LMS/LEM - 01
MUESTRA	: M - 1	
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m	
UBICACIÓN	: Coord.: E. 742467.968 / N. 9294611.738	

$$s_i = qB \frac{1-\mu^2}{E_s} I_f$$

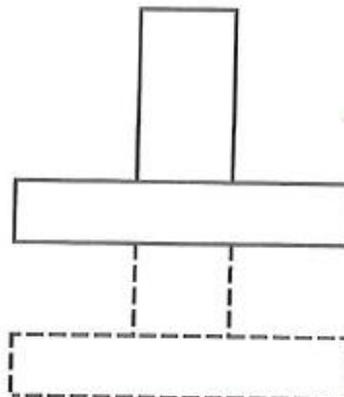
Δq_s	0.79 kg/cm ²
B	100.00 cm
E_s	51.00 kg/cm ²
I_f	0.82
U	0.35

$\delta_i(\text{cm})$: **1.11 cm** < 2.54 cm

Donde:

- δ_i : Asentamiento (cm)
- Δq_s : Esfuerzo neto transmisible (Kg/cm²)
- B : Ancho de Cimentación (cm)
- E_s : Módulo de Elasticidad (Kg/cm²)
- I_f : Factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación
- U : Relación de Poisson

$\delta_i(\text{cm})$: 1.11 cm



ADRICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alex K. Adrimón Regalado
JEFE LAB. SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 219814

ADRICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar Altamirano Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA



ADICORP S.
A.
C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
00099487
942 904 210
info@aditcorp.com / aditcorp@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 – Cercado de Lima – Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO (David y Komornik, 1969)

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO	: *Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa Maria Nivel II- 1 - Distrito Cutervo - Provincia C
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA	: Setiembre del 2021
CALICATA	: C - 1
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m
UBICACIÓN	: Coord.: E. 742467.968 / N. 9294611.738

N° REGISTRO : PH - LMS/LEM - 01

$$\text{Log}(P_o) = 2.132 + 0.0208LL + 0.000665d - 0.0269W_o$$

Donde:

P_o : Presión de hinchamiento (Kg/cm²)
 LL : Límite Líquido (%)
 Y_d : Densidad Seca (Kg/m³)
 W_o : Humedad Natural en porcentaje (%)

DATOS:

$LL = 39.00 \%$
 $Y_d = 1056.91 \text{ Kg/m}^3$
 $W_o = 39.30 \%$

PRESIÓN DE EXPANSIÓN

$P_o = 0.41 \text{ Kg/cm}^2$

ADICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alfonso R. Adriján Regalado
JEFE LAS PUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 215614

ADICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar Alzambrano Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA

JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136
CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Orosco N° 557
CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047

930 639 923 jaen@aditcorp.com
942 477 839 / 912 786 935 cutervo@aditcorp.com
942 904 210 chiclayo@aditcorp.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTO E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

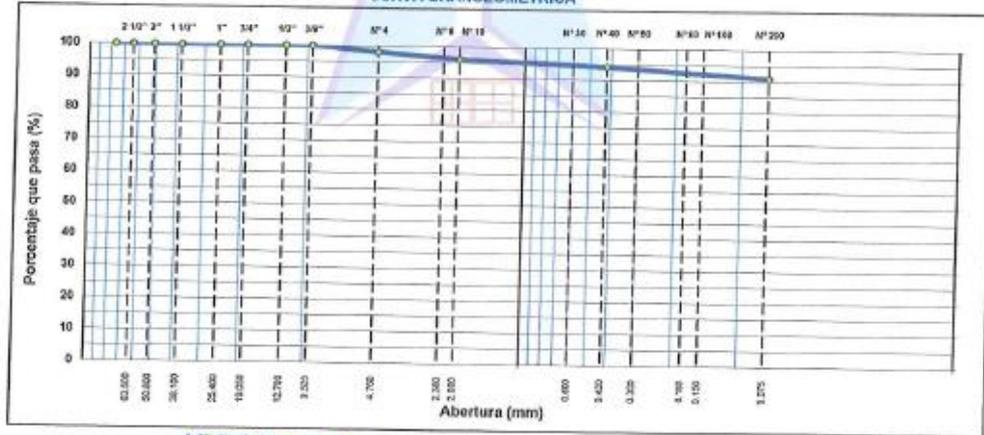
SOLICITANTE : SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO : Baldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel II - 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
UBICACIÓN : Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA : Setiembre del 2021
CALICATA : C - 2
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00-3.00
UBICACIÓN : Coord. : E. 742488 111 / N. 9294588 487

N° REGISTRO : AG - LMS/LEM - 01
MATERIAL :
LADO :
PROGR. (Km) :

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RET.	URET. PARC.	URET. AC.	% O/PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 791.6 gr
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 14.5 gr
2"	50.800						PESO FINO = 777.1 gr
1 1/2"	38.100						LÍMITE LÍQUIDO = 42 %
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		LÍMITE PLÁSTICO = 20 %
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		ÍNDICE PLÁSTICO = 14 %
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0		CLASIF. AASHTO = A-7-6 (8)
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0		CLASIF. SUCCS = ML
1/4"	6.350	5.6	0.7	0.7	99.3		Ensayo Nails #200
# 4	4.750	8.9	1.1	1.8	98.2		P.S. Seco = 791.6
# 5	3.350						P.S. Lavado = 14.5
# 10	2.000	8.5	1.1	2.9	97.1		% Grava = 1.8 %
# 30	0.600	7.5	1.0	3.9	96.1		% Arena = 7.2 %
# 40	0.420	5.2	1.2	5.0	95.0		% Fino = 91.0 %
# 50	0.300	5.6	0.7	5.7	94.3		% HUMEDAD = 599.9
# 80	0.180	6.8	0.8	6.7	93.3		P.S.H. = 465.7
# 100		7.4	0.9	6.7	93.3		% Humedad = 38.2
# 200	0.075	2.4	0.3	7.6	92.2		OBSERVACIONES:
# 200	0.075	9.6	1.2	9.0	91.0		
< # 200	FONDO	726.3	91.0	100.0	0.0		
FINO		777.1					
TOTAL		791.6					

Coef. Uniformidad = - Índice de Consistencia =
Coef. Curvatura = -
Pot. de Expansión = Plástico Muy Blando

CURVA GRANULOMÉTRICA



ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alex R. Adyanzen Regalado
EFE LAS SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP. 216072

ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar Alvarado Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA

- 📍 JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136
- ☎ 930 639 923
- ✉ jaen@adricorpsac.com
- 📍 CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Oroscó N° 557
- ☎ 942 477 839 / 912 786 935
- ✉ cutervo@adricorpsac.com
- 📍 CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047
- ☎ 942 904 210
- ✉ chiclayo@adricorpsac.com



ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

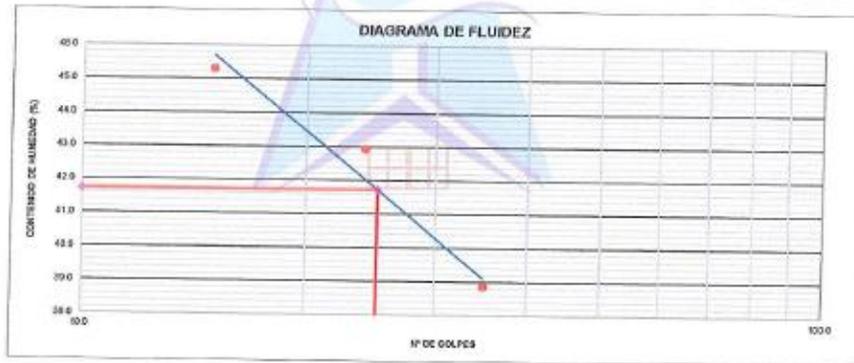
20601325811
00099487
942 904 210
info@adlicorpsac.com / adlicorpsac@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 - Cercado de Lima - Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

LÍMITES DE ATTERBERG	
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4310 - AASHITO T-99 Y T-90	
SOLICITANTE : SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.	
PROYECTO : Refdo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel B-1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.	
UBICACIÓN : Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.	
FECHA : Setiembre del 2021	
CALICATA : C - 2	N° REGISTRO : LA - LMSLEM - 01
MUESTRA : M - 1	MATERIAL :
PROF. (m) : 0.00-3.00	LADO :
UBICACIÓN : Coord.: E. 742488.111 / N. 9294568.487	PROGR. (Km) :

LÍMITE LÍQUIDO				
N° TARRO	22	12	26	
TARRO + SUELO HÚMEDO	33.05	34.93	34.17	
TARRO + SUELO SECO	29.78	31.62	31.28	
AGUA	3.28	3.31	2.91	
PESO DEL TARRO	22.54	23.91	23.77	
PESO DEL SUELO SECO	7.24	7.71	7.49	
% DE HUMEDAD	45.30	42.93	38.83	
N° DE GOLPES	15	24	35	

LÍMITE PLÁSTICO				
N° TARRO	32			
TARRO + SUELO HÚMEDO	25.93			
TARRO + SUELO SECO	25.28			
AGUA	0.57			
PESO DEL TARRO	23.19			
PESO DEL SUELO SECO	2.07			
% DE HUMEDAD	27.54			



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	42
LÍMITE PLÁSTICO	28
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	14

OBSERVACIONES

 ADICORP S.A.C. INGENIEROS GEOTÉCNICOS <i>Alex R. Advanzón Regalado</i> JEFE LAB. SUELOS - CONCRETO INGENIERO CIVIL CIP. 715012	 ADICORP S.A.C. INGENIEROS GEOTÉCNICOS <i>Óscar Altamirano Dávila</i> TÉCNICO LABORATORISTA
--	--

JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136 930 639 923 jaen@adlicorpsac.com
 CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Orosco N° 557 942 477 839 / 912 786 935 cutervo@adlicorpsac.com
 CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047 942 904 210 chiclayo@adlicorpsac.com

Fuente: Adicorp SAC (2021)



ADICORP S. A. C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
00099487
942 904 210
info@adlicorpsac.com / adlicorpsac@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 – Cercado de Lima – Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

HUMEDAD NATURAL (MTC E 108)

SOLICITANTE : SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.	
PROYECTO : Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa Maria Nivel II - 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departam	
UBICACIÓN : Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.	
FECHA : Setiembre del 2021	
CALIGATA : C - 2	N° REGISTRO : HN - LMSLEM - 01
MUESTRA : M - 1	MATERIAL :
PROP. (m) : 0.00-3.00	LADO :
UBICACIÓN : Coord.: E. 742488.111 / N. 9284588.487	PROGR. (Km) :

DATOS

N° de Ensayo	1		
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	599.90		
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	468.20		
Peso de Tara (gr.)	123.20		
Peso de Agua (gr.)	131.70		
Peso Mat. Seco (gr.)	345.00		
Humedad Natural (%)	38.17		
Promedio de Humedad (%)		38.2	

OBSERVACIONES:

ADICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alex R. Adrijánzen Rogalado
JEFE LAB. MUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
O.P. 315017

ADICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar Mamirano Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA

- 📍 JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136 ☎ 930 639 923 ✉ jaen@adlicorpsac.com
- 📍 CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Oroscó N° 557 ☎ 942 477 839 / 912 786 935 ✉ cutervo@adlicorpsac.com
- 📍 CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047 ☎ 942 904 210 ✉ chiclavo@adlicorpsac.com

DENSIDAD NATURAL HUMEDA

(A.S.T.M. D 2937)

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO	: "Banco de Ocio Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel II - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca."
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA	: Setiembre del 2021
CALICATA	: C - 2
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m
UBICACIÓN	: Coord.: E. 742486,111 / N. 9294586,467

ENSAYO :	1	
PESO MUESTREADOR + M. HUMEDA INICIAL (gr)	131.90	
PESO MUESTREADOR (gr)	42.09	
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	89.81	
VOLUMEN MUESTREADOR (cm ³)	60.06	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.50	
Y_{humeda} (gr/cm³)		1.50

DENSIDAD SECA

(A.S.T.M. D 2937)

ENSAYO :	1	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.50	
DENSIDAD AGUA (gr/cm ³)	1.00	
HUMEDAD NATURAL (%)	38.20	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.08	
Y_{seca} (gr/cm³)		1.08

ADRICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Rodrigo
Rodrigo Arriarán Regalado
JEFE DE SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 215614

ADRICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar
Omar Altamirano Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA

JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Rometillos N° 136
CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Orasco N° 557
CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047

930 639 923 jaen@adricorpsac.com
942 477 839 / 912 786 935 cutervo@adricorpsac.com
942 904 210 chichayo@adricorpsac.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080

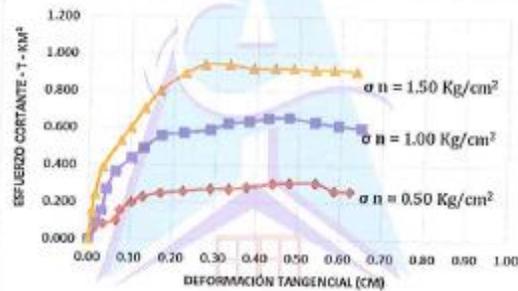
SOLICITANTE : SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO : "Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel II- 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - De
UBICACIÓN : Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA : Septiembre del 2021
CALICATA : C - 2 N° REGISTRO : CD - LMSLEM - 02
MUESTRA : M - 1
PROP. (m) : 0.00 - 3.00 m
UBICACIÓN : Coord.: E. 742488.111 / N. 9294588.487

N° DE ESPECIMEN	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)	PROPORCIÓN DE ESFUERZOS (1/σ)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm ²)	HUMEDAD SATURADA (%)
1	1.082	0.50	1.152	38.20	0.576	43.21
2	1.079	1.00	0.772	38.50	0.772	43.60
3	1.074	1.50	0.645	38.90	0.968	43.84

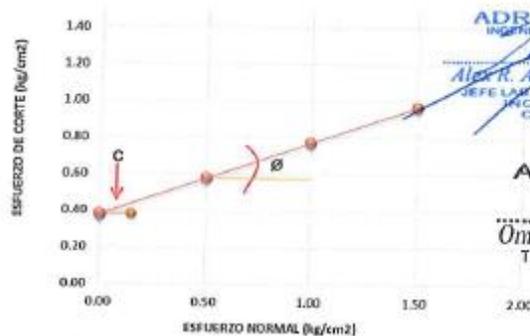
RESULTADO :

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA	Φ	:	21.40 °
COHESIÓN APARENTE	C	:	0.38 kg/cm ²
DENSIDAD SECA PROMEDIO	γ _d < N°4	:	1.08 g/cm ³
HUMEDAD NATURAL	w	:	38.20 %

DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alex R. Adrianzen Regalado
JEFE LAB. SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 215072

ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Ómar Alzamirano Davila
TÉCNICO LABORATORISTA



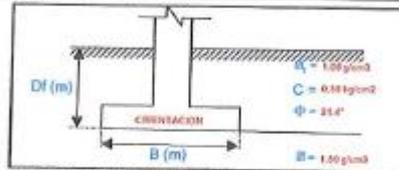
CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO	: "Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa Maria Nivel II- 1 - Distrito Cutervo - Provinc
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA	: Setiembre del 2021
CALICATA	: C - 2
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0,00 - 3,00 m
UBICACIÓN	: Coord.: E. 742488.111 / N. 9294588.487

N° REGISTRO: CP - LMSLEM - 02

CIMENTACION

Parámetros de cálculo	
Angulo de Friccion interna	21.40 °
Cohesión	0.38 kg/cm ²
Densidad del Suelo Natural	1.50 g/cm ³
Densidad del Suelo Seco	1.08 g/cm ³
Humedad del Suelo	38.20 %
Factor de Seguridad	3.00



Según TERZAGUI Y PECK (1967):

$$Q_{ult} = CN_c S_c + \gamma D_f N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

$$Q_{adm} = Q_{ult} / FS$$

Coef. de Empuje de Tierras	
ka	= 0.47
Kp	= 2.15
ko	= 0.64

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA (Vesic)				FACTORES DE FORMA		
				Corrid.	Cuad./Circ.	Rect.
N _c	19.46	N _q /N _c	0.44	S _c	1	1.44
N _q	8.63	tan φ	0.39	S _q	1	1.39
N _γ	4.62			S _γ	1	0.60

CIMENTACION CORRIDA

$$Q_u = C^*N_c S_c + Y^*D_f N_q S_q + 1/2^*Y^*B^*N_\gamma S_\gamma$$

Ancho de Ciment. B (m)	Larg. Ciment. L (m)	Desplante Df (m)	Quil. kg/cm ³	Qadm. kg/cm ²	Δe cm	Δc cm	Δadm cm
0.60		0.80	1.64	0.55	0.05	0.80	0.43
0.80		1.00	1.87	0.62	0.06	0.80	0.43
1.00		1.50	2.39	0.80	0.08	0.80	0.44
1.20		3.00	3.84	1.28	0.13	0.80	0.46

CIMENTACION CUADRADA

$$Q_u = 1.3^*C^*N_c S_c + Y^*D_f N_q S_q + 0.4^*Y^*B^*N_\gamma S_\gamma$$

Ancho de Ciment. B (m)	Larg. Ciment. L (m)	Desplante Df (m)	Quil. kg/cm ³	Qadm. kg/cm ²	Δe cm	Δc cm	Δd cm
1.00	1.00	0.80	2.55	0.85	0.08	0.80	0.44
1.50	1.50	1.00	2.87	0.96	0.10	0.80	0.45
2.00	2.00	1.50	3.58	1.19	0.12	0.80	0.51
2.50	2.50	3.00	5.59	1.86	0.19	0.80	0.49

CIMENTACION RECTANGULAR

$$Q_u = C^*N_c S_c + Y^*D_f N_q S_q + 1/2^*Y^*B^*N_\gamma S_\gamma$$

Ancho de Ciment. B (m)	Larg. Ciment. L (m)	Desplante Df (m)	Quil. kg/cm ³	Qadm. kg/cm ²	Δe cm	Δc cm	Δd cm
1.20	1.50	0.80	2.19	0.73	0.07	0.80	0.44
1.50	2.00	1.00	2.48	0.83	0.08	0.80	0.44
1.80	2.40	1.50	3.15	1.05	0.10	0.80	0.45
2.50	3.00	3.00	5.11	1.70	0.17	0.80	0.49

- JAÉN (CAJAMARCA): Co. Los Romerillos N° 136
- CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Oroscó N° 557
- CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047

- 930 639 923
- 942 477 839 / 912 786 945
- 942 904 210

ADICORP SAC
jaen@adcorp.sac.com
cutervo@adcorp.sac.com
chiclayo@adcorp.sac.com



ADICORP S.A.C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
 00099487
 942 904 210
 info@adicornpsac.com / adicornpsac@gmail.com
 Av. Morales Duarez N° 2839 – Cercado de Lima – Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

RESULTADOS GEOTÉCNICOS

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO	: *Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel II- 1 - Distrito Cutervo - Provincia Cutervo
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA	: Setiembre del 2021
CALICATA	: C - 2
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m
UBICACIÓN	: Coord.: E. 742488.111 / N. 9294588.487
N° REGISTRO	: RD - LMS/LEM - 02

CAPACIDAD PORTANTE

O P C I O N	Desplante Df (m)	Ancho de Ciment. B (m)	□ g/cm ³	Φ (°)	C kg/cm ²	Quit. kg/cm ²	Qadm. kg/cm ²
1	0.80	1.00	1.08	21.40	0.38	1.74	0.58
	1.00	1.00	1.08	21.40	0.38	1.92	0.64
	1.50	1.00	1.08	21.40	0.38	2.39	0.80
	1.80	1.00	1.08	21.40	0.38	2.67	0.89
	2.00	1.00	1.08	21.40	0.38	2.86	0.95
	2.50	1.00	1.08	21.40	0.38	3.32	1.11
	3.00	1.00	1.08	21.40	0.38	3.79	1.26
2	0.80	1.20	1.08	21.40	0.38	1.79	0.60
	1.00	1.20	1.08	21.40	0.38	1.97	0.66
	1.50	1.20	1.08	21.40	0.38	2.44	0.81
	1.80	1.20	1.08	21.40	0.38	2.72	0.91
	2.00	1.20	1.08	21.40	0.38	2.91	0.97
	2.50	1.20	1.08	21.40	0.38	3.37	1.12
	3.00	1.20	1.08	21.40	0.38	3.84	1.28
3	0.80	1.50	1.08	21.40	0.38	1.86	0.62
	1.00	1.50	1.08	21.40	0.38	2.05	0.68
	1.50	1.50	1.08	21.40	0.38	2.52	0.84
	1.80	1.50	1.08	21.40	0.38	2.80	0.93
	2.00	1.50	1.08	21.40	0.38	2.98	0.99
	2.50	1.50	1.08	21.40	0.38	3.45	1.15
	3.00	1.50	1.08	21.40	0.38	3.92	1.31

ADICORP SAC
 INGENIEROS GEOTÉCNICOS
 Alex R. Adrianzen Regalado
 JEFE LAB. SUELOS - CONCRETO
 INGENIERO CIVIL
 CIP 215014

ADICORP SAC
 INGENIEROS GEOTÉCNICOS
 Omar Alvarado Davila
 TECNICO LABORATORISTA

JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136
 CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Crosco N° 557

930 639 923 jaen@adicornpsac.com
 942 477 839 / 912 786 935 cutervo@adicornpsac.com



CÁLCULO DE ASENTAMIENTO INMEDIATO

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.
PROYECTO	: "Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa María Nivel II- 1 - Distrito Cutervo - Provincia C...
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.
FECHA	: Setiembre del 2021
CALICATA	: C - 2
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m
UBICACIÓN	: Coord.: E. 742488.111 / N. 9294588.487
N° REGISTRO : CAI - LMS/LEM - 02	

$$s_i = qB \frac{1-\mu^2}{E_s} l_f$$

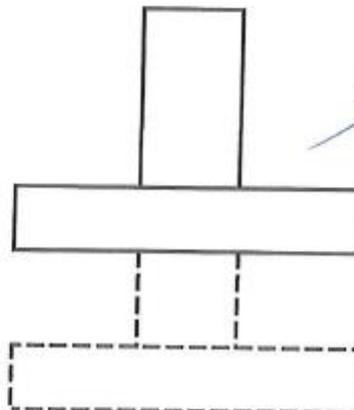
Δq_s	0.80 kg/cm ²
B	100.00 cm
E_s	49.00 kg/cm ²
l_f	0.82
U	0.35

$\delta_i(\text{cm})$: 1.17 cm < 2.54 cm

Donde:

- δ_i : Asentamiento (cm)
- Δq_s : Esfuerzo neto transmisible (Kg/cm²)
- B : Ancho de Cimentación (cm)
- E_s : Módulo de Elasticidad (Kg/cm²)
- l_f : Factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación
- U : Relación de Poisson

$\delta_i(\text{cm})$: 1.17 cm



ADICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alex R. Alfanzón Regalado
SEFE LMS SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
CIP 215011

ADICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar Almirano Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA



ADICORP S.
A.
C.
INGENIEROS GEOTÉCNICOS

20601325811
00099487
942 904 210
info@adricorpsac.com / adricorpsac@gmail.com
Av. Morales Duarez N° 2839 - Cercado de Lima - Lima

WWW.ADRICORPSAC.COM

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO

(David y Komornik, 1969)

SOLICITANTE	: SEVILLA RODRIGUEZ S.R.L.	
PROYECTO	: "Saldo de Obra Construcción y Equipamiento del Hospital Santa Maria Nivel II- 1 - Distrito Cutervo - Provincia t	
UBICACIÓN	: Distrito Cutervo - Provincia Cutervo - Departamento Cajamarca.	
FECHA	: Setiembre del 2021	
CALICATA	: C - 2	N° REGISTRO : PH - LMSLEM - 02
MUESTRA	: M - 1	
PROF. (m)	: 0.00 - 3.00 m	
UBICACIÓN	: Coord.: E. 742488.111 / N. 9294588.487	

$$\text{Log}(P_o) = 2.132 + 0.0208LL + 0.000665d - 0.0269W_o$$

Donde:

- P_o : Presión de hinchamiento (Kg/cm²)
 LL : Límite Líquido (%)
 Y_d : Densidad Seca (Kg/m³)
 W_o : Humedad Natural en porcentaje (%)

DATOS:

$LL = 42.00 \%$
 $Y_d = 1082.19 \text{ Kg/m}^3$
 $W_o = 38.20 \%$

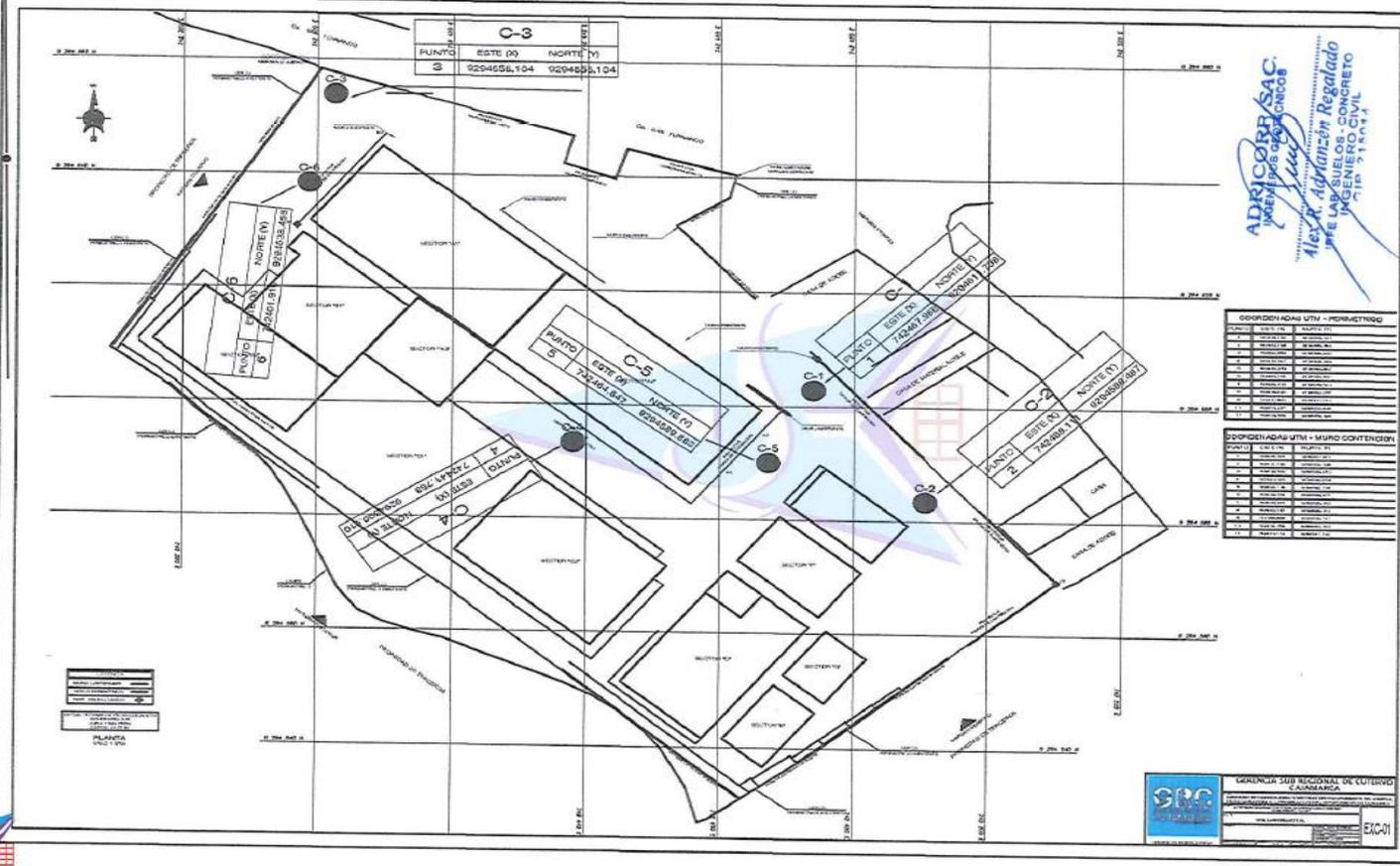
PRESIÓN DE EXPANSIÓN

$P_o = 0.43 \text{ Kg/cm}^2$

ADRICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Alex R. Advanzón Regalado
JEFE LAB. SUELOS - CONCRETO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 215014

ADRICORP SAC
INGENIEROS GEOTÉCNICOS
Omar Alzamirano Dávila
TÉCNICO LABORATORISTA

JAÉN (CAJAMARCA): Ca. Los Romerillos N° 136 930 639 923 jaen@adricorpsac.com
CUTERVO (CAJAMARCA): Jr. Orosco N° 557 942 477 839 / 912 786 935 cutervo@adricorpsac.com
CHICLAYO (LAMBAYEQUE): Av. Los Incas N° 1047 942 904 210 chiclayo@adricorpsac.com



Fuente: Adicorp SAC (2021)

Anexo 2. Hoja de cálculo muro de gaviones

DATOS					
DIMENSIONES MURO DE GAVION					
MURO 1	Área	a	h		
	A1	1	1		
	A2	2	2		
	A3	3	2		
	A4	4	2		
DATOS DEL SUELO					
Suelo	γ (Ton/m ³)	c (Ton/m ²)	ϕ (°)	δ :°	H(m)
Relleno	1.166	3.936	21.3	14.20	7
Cimentación	1.188	3.7392	21.4	14.27	1
β =	90	Ángulo entre el muro y la horizontal			
αa =	0	Inclinación del relleno activo			
αp =	0	Inclinación del relleno pasivo			
Sobrecarga q(Ton/m ²):		1			
γ piedra (Ton/m ³):		2.43			
Porosidad n (%):		30			
γ gavion (Ton/m ³):		1.701			

CÁLCULOS																																																																	
$K_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \phi')}{\text{sen}^2\beta \text{sen}(\beta - \delta') \left[1 + \frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{sen}(\phi' - \alpha)}{\text{sen}(\beta - \delta') \text{sen}(\alpha + \beta)} \right]}$		$K_p = \frac{\text{sen}^2(\beta - \phi')}{\text{sen}^2\beta \text{sen}(\beta + \delta') \left[1 - \frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{sen}(\phi' + \alpha)}{\text{sen}(\beta + \delta') \text{sen}(\beta + \alpha)} \right]}$		$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$																																																													
<p>Calculo del Ka (Coulomb):</p> <table border="0"> <tr> <td>0.969</td> <td>0.868</td> <td>1</td> <td>0.211</td> <td>=</td> <td>0.868</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.969</td> <td></td> <td>2.085</td> </tr> </table>						0.969	0.868	1	0.211	=	0.868				0.969		2.085																																																
0.969	0.868	1	0.211	=	0.868																																																												
			0.969		2.085																																																												
<p>Calculo de Kp (Coulomb):</p> <table border="0"> <tr> <td>0.969</td> <td>0.867</td> <td>1</td> <td>0.213</td> <td>=</td> <td>0.867</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.969</td> <td></td> <td>0.274</td> </tr> </table>						0.969	0.867	1	0.213	=	0.867				0.969		0.274																																																
0.969	0.867	1	0.213	=	0.867																																																												
			0.969		0.274																																																												
<table border="1"> <tr> <td>Kactivo :</td> <td>0.416</td> </tr> <tr> <td>Kpasivo :</td> <td>3.167</td> </tr> </table>		Kactivo :	0.416	Kpasivo :	3.167	<table border="1"> <tr> <td>Pa=</td> <td>11.894</td> </tr> <tr> <td>Pp=</td> <td>1.881</td> </tr> </table>		Pa=	11.894	Pp=	1.881																																																						
Kactivo :	0.416																																																																
Kpasivo :	3.167																																																																
Pa=	11.894																																																																
Pp=	1.881																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fuerzas</th> <th>FH(ton)</th> <th>FV(ton)</th> <th>brazo(m)</th> <th>MR (ton-m)</th> <th>MV (ton-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td>1.701</td><td>3.50</td><td>5.95</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>6.804</td><td>3.00</td><td>20.41</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>10.206</td><td>2.50</td><td>25.52</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>13.608</td><td>2.00</td><td>27.22</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>2.915</td><td></td><td>3.50</td><td></td><td>10.20</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>2.918</td><td>4.00</td><td>11.67</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>11.531</td><td></td><td>2.33</td><td></td><td>26.906</td></tr> <tr><td>8</td><td>-1.881</td><td></td><td>0.33</td><td></td><td>-0.627</td></tr> <tr> <td>Σ =</td> <td>12.56</td> <td>35.24</td> <td>Σ =</td> <td>90.77</td> <td>36.48</td> </tr> </tbody> </table>						Fuerzas	FH(ton)	FV(ton)	brazo(m)	MR (ton-m)	MV (ton-m)	1		1.701	3.50	5.95		2		6.804	3.00	20.41		3		10.206	2.50	25.52		4		13.608	2.00	27.22		5	2.915		3.50		10.20	6		2.918	4.00	11.67		7	11.531		2.33		26.906	8	-1.881		0.33		-0.627	Σ =	12.56	35.24	Σ =	90.77	36.48
Fuerzas	FH(ton)	FV(ton)	brazo(m)	MR (ton-m)	MV (ton-m)																																																												
1		1.701	3.50	5.95																																																													
2		6.804	3.00	20.41																																																													
3		10.206	2.50	25.52																																																													
4		13.608	2.00	27.22																																																													
5	2.915		3.50		10.20																																																												
6		2.918	4.00	11.67																																																													
7	11.531		2.33		26.906																																																												
8	-1.881		0.33		-0.627																																																												
Σ =	12.56	35.24	Σ =	90.77	36.48																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RESUMEN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ΣFHA=</td><td>12.56</td></tr> <tr><td>ΣFV=</td><td>35.24</td></tr> <tr><td>ΣMR=</td><td>90.77</td></tr> <tr><td>ΣMV=</td><td>36.48</td></tr> </tbody> </table>						RESUMEN		Σ FHA=	12.56	Σ FV=	35.24	Σ MR=	90.77	Σ MV=	36.48																																																		
RESUMEN																																																																	
Σ FHA=	12.56																																																																
Σ FV=	35.24																																																																
Σ MR=	90.77																																																																
Σ MV=	36.48																																																																

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

1.- COMPROBACIÓN DE VOLTEO

$$FS \text{ volteo} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_V}$$

donde

ΣM_o = suma de los momentos de fuerzas que tienden a volcar sobre el punto C

ΣM_R = suma de los momentos de fuerzas que tienden a evitar el vuelco sobre el punto C

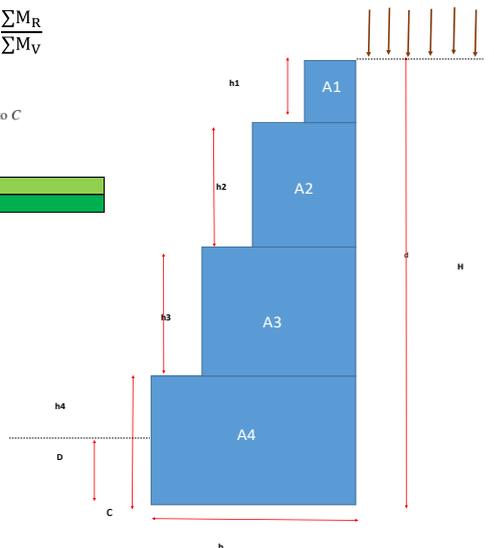
F.S volteo =	2.49	≥ 2
Si cumple, es estable		

2.- COMPROBACIÓN DE DESLIZAMIENTO

$$FS \text{ deslizamiento} = \frac{\Sigma FH_R}{\Sigma FH_A}$$

Donde: $\Sigma FH_R = \Sigma F_V \tan \delta + B * C_a + P_p$

Σ FV=	35.24
$\tan(\delta)$ =	0.25
B=	4
C_a =	2.4928
P_p =	1.881
Σ FH _R =	20.812



F.S deslizamiento =	1.66	≥ 1.5
Si cumple, es estable		

3.- COMPROBACIÓN DE LA FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA

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

$$FS_{(capacidad\ de\ carga)} = \frac{q_u}{q_{m\acute{a}s}}$$

B=	4
B/6=	0.67
∑MR=	90.77
∑MV=	36.48
∑FV=	35.24

e=	0.459
----	-------

< 0.67

$$q_{punta\ tal\ on} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

q (punta)=	14.879	ton/m2
q (talón)=	2.740	ton/m2

$$q_u = c'_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Para:

∅ (°)=	21.4
--------	------

Nc=	16.244
Nq=	7.37
Nγ=	6.572

Tabla 16.2 Factores de capacidad de carga [ecuaciones (16.6), (16.7) y (16.8)]

φ'	N _c	N _q	N _γ	φ'	N _c	N _q	N _γ
0	5.14	1.00	0.00	23	18.05	8.66	8.20
1	5.38	1.09	0.07	24	19.32	9.60	9.44
2	5.63	1.20	0.15	25	20.72	10.66	10.88
3	5.90	1.31	0.24	26	22.25	11.85	12.54
4	6.19	1.43	0.34	27	23.94	13.20	14.47
5	6.49	1.57	0.45	28	25.80	14.72	16.72
6	6.81	1.72	0.57	29	27.86	16.44	19.34
7	7.16	1.88	0.71	30	30.14	18.40	22.40
8	7.53	2.06	0.86	31	32.67	20.63	25.99
9	7.92	2.25	1.03	32	35.49	23.18	30.22
10	8.35	2.47	1.22	33	38.64	26.09	35.19
11	8.80	2.71	1.44	34	42.16	29.44	41.06
12	9.28	2.97	1.69	35	46.12	33.30	48.03
13	9.81	3.26	1.97	36	50.59	37.75	56.31
14	10.37	3.59	2.29	37	55.63	42.92	66.19
15	10.98	3.94	2.65	38	61.35	48.93	78.03
16	11.63	4.34	3.06	39	67.87	55.96	92.25
17	12.34	4.77	3.53	40	75.31	64.20	109.41
18	13.10	5.26	4.07	41	83.86	73.90	130.22
19	13.93	5.80	4.68	42	93.71	85.38	155.55
20	14.83	6.40	5.39	43	105.11	99.02	186.54
21	15.82	7.07	6.20	44	118.37	115.31	224.64
22	16.88	7.82	7.13	45	133.88	134.88	271.76

$$B' = B - 2e \quad B' = 3.081$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'_2} \quad F_{cd} = 1.119$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi'_2 (1 - \sin \phi'_2)^2 \frac{D}{B'} \quad F_{qd} = 1.103$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad F_{\gamma d} = 1.000$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ} \right)^2 \quad F_{ci} = 0.973$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi'_2} \right)^2 \quad F_{\gamma i} = 0.887$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{P_o \cos \alpha}{\sum V} \right) \quad \psi = 1.245$$

qu=	86.14
-----	-------

F.S volteo =	5.79	≥ 3.0
Si cumple, es estable		

Anexo 3. Hoja de cálculo Muro de neumáticos reciclados.

DATOS					
DIMENSIONES MURO DE NEUMATICO					
MURO 1	Dimensión	(m)			
	a	2			
	c	2			
	b	4			
DATOS DEL SUELO					
Suelo	γ(Ton/m³)	c (Ton/m2)	φ (°)	δ°:	H(m)
Relleno	1.166	3.936	21.3	14.20	7
Cimentación	1.188	3.7392	21.4	14.27	1
β=	Ángulo entre el muro y la horizontal				
α=	Inclinación del relleno activo				
αp=	Inclinación del relleno pasivo				
Sobrecarga q(Ton/m2):		1	γ neumático (Ton/		1.495
CÁLCULOS					
$K_a =$ Coeficiente de presión activa de tierra de Coulomb $= \frac{\text{sen}^2(\beta + \phi')}{\text{sen}^2\beta \text{sen}(\beta - \delta') \left[1 + \frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{sen}(\phi' - \alpha)}{\text{sen}(\beta - \delta') \text{sen}(\alpha + \beta)} \right]^2}$		$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$		$K_p =$ coeficiente de presión pasiva de Coulomb $= \frac{\text{sen}^2(\beta - \phi')}{\text{sen}^2\beta \text{sen}(\beta + \delta') \left[1 - \frac{\text{sen}(\phi' + \delta') \text{sen}(\phi' + \alpha)}{\text{sen}(\beta + \delta') \text{sen}(\beta + \alpha)} \right]^2}$	
Cálculo del Ka (Coulomb):					
0.969	0.868	1	0.211	=	0.868 2.085
Cálculo de Kp (Coulomb):					
0.969	0.867	1	0.213	=	0.867 0.274
Kactivo :	0.416			Pa=	11.894
Kpasivo :	3.167			Pp=	1.881
Fuerzas	FH(ton)	FV(ton)	brazo(m)	MR (ton-m)	MV (ton-m)
1		10.465	2.33	24.42	
2		20.930	3.50	73.26	
3	2.915		3.50		10.20
4		2.918	4.00	11.67	
5	11.531		2.33		26.906
6	-1.881		0.33		-0.627
Σ =	12.56	34.31	Σ =	109.34	36.48
RESUMEN					
ΣFHA=	12.56				
ΣFV=	34.31				
ΣMR=	109.34				
ΣMV=	36.48				
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD					
1.- COMPROBACIÓN DE VOLTEO					
$FS \text{ volteo} = \frac{\sum M_R}{\sum M_V}$					
donde $\sum M_o$ = suma de los momentos de fuerzas que tienden a volcar sobre el punto C $\sum M_R$ = suma de los momentos de fuerzas que tienden a evitar el vuelco sobre el punto C					
F.S volteo =	3.00	≥ 2			
Si cumple, es estable					
2.- COMPROBACIÓN DE DESLIZAMIENTO					
$FS \text{ deslizamiento} = \frac{\sum FH_R}{\sum FH_A}$					
Donde:					
$\sum FH_R = \sum F_V \tan \delta + B * C_a + P_p$					
ΣFV=	34.31				
Tan(δ)=	0.25				
B=	4				
Ca=	2.4928				
Pp=	1.881				
ΣFH _R =	20.577				
F.S deslizamiento =	1.64	≥ 1.5			
Si cumple, es estable					

3.- COMPROBACIÓN DE LA FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA

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

$$FS_{(\text{capacidad de carga})} = \frac{q_u}{q_{\text{máx}}}$$

B=	4
B/6=	0.67
∑MR=	109.34
∑MV=	36.48
∑FV=	34.31

e=	-0.124	<	0.67
----	--------	---	------

$$q_{\text{punta talón}} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

q (punta)=	6.988	ton/m2
q (talón)=	10.168	ton/m2

$$q_u = c'_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Para:

∅ (°)=	21.4
--------	------

Nc=	16.244
Nq=	7.37
Ny=	6.572

$$B' = B - 2e$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_q \tan \phi_2'} \quad B' = 4.247$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi_2' (1 - \sin \phi_2')^2 \frac{D}{B'} \quad F_{cd} = 1.086$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad F_{qd} = 1.074$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ} \right)^2 \quad F_\gamma d = 1.000$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi_2'^\circ} \right)^2 \quad F_{ci} = 0.973$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{P_o \cos \alpha}{\sum V} \right) \quad F_{\gamma i} = 0.888$$

$$\Psi = 1.237$$

$$q_u = c'_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

qu=	88.04
-----	-------

F.S volteo =	12.60	≥ 3.0
Si cumple, es estable		

Tabla 16.2 Factores de capacidad de carga [ecuaciones (16.6), (16.7) y (16.8)]

φ'	N _c	N _q	N _γ	φ'	N _c	N _q	N _γ
0	5.14	1.00	0.00	23	18.05	8.66	8.20
1	5.38	1.09	0.07	24	19.32	9.60	9.44
2	5.63	1.20	0.15	25	20.72	10.66	10.88
3	5.90	1.31	0.24	26	22.25	11.85	12.54
4	6.19	1.43	0.34	27	23.94	13.20	14.47
5	6.49	1.57	0.45	28	25.80	14.72	16.72
6	6.81	1.72	0.57	29	27.86	16.44	19.34
7	7.16	1.88	0.71	30	30.14	18.40	22.40
8	7.53	2.06	0.86	31	32.67	20.63	25.99
9	7.92	2.25	1.03	32	35.49	23.18	30.22
10	8.35	2.47	1.22	33	38.64	26.09	35.19
11	8.80	2.71	1.44	34	42.16	29.44	41.06
12	9.28	2.97	1.69	35	46.12	33.30	48.03
13	9.81	3.26	1.97	36	50.59	37.75	56.31
14	10.37	3.59	2.29	37	55.63	42.92	66.19
15	10.98	3.94	2.65	38	61.35	48.93	78.03
16	11.63	4.34	3.06	39	67.87	55.96	92.25
17	12.34	4.77	3.53	40	75.31	64.20	109.41
18	13.10	5.26	4.07	41	83.86	73.90	130.22
19	13.93	5.80	4.68	42	93.71	85.38	155.55
20	14.83	6.40	5.39	43	105.11	99.02	186.54
21	15.82	7.07	6.20	44	118.37	115.31	224.64
22	16.88	7.82	7.13	45	133.88	134.88	271.76

Anexo 4. Permiso de la empresa

Sevilla | Rodriguez
DEVELOPMENT



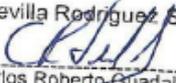
CONSTANCIA DE USO DE INFORMACIÓN

Lima, 24 de octubre de 2022

Por la presente, autorizamos al Sr. Alvaro Saúl Vizcarra Espinoza y Srta. María de los Angeles Yataco Valle a fin de que pueda utilizar los datos, figuras o fotografías de la empresa para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,

Sevilla Rodriguez SRL


Carlos Roberto Guadalupe
Sevilla Bravo
Representante Legal

AV. SANTIAGO DE SURCO 3827 - 0NO PISO | SURCO | LIMA | PERÚ | T.: +(511) 271 1337 /
271 7223 sevilla@sevillarodriguez.com | www.sevillarodriguez.com

Anexo 5. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general				
¿Cuál es la mejor alternativa de contención entre muros de neumáticos reciclados y gaviones para estabilizar taludes en suelos arcillosos en la urbanización Barrio Niño Dios de la provincia de Cutervo en el departamento de Cajamarca?	Determinar la mejor alternativa de contención entre muros de neumáticos reciclados y gaviones para estabilizar taludes en suelos arcillosos en la urbanización Barrio Niño Dios de la provincia de Cutervo en el departamento de Cajamarca mediante un análisis comparativo.	El muro de gaviones representa la mejor alternativa técnica y económica de contención para un suelo arcilloso en la provincia de Cutervo, Cajamarca.	Factor de seguridad	Numero adimensional	Adimensional	Hoja de cálculo Excel
Problema específico 1	Objetivo específico 1	Hipótesis específica 1				
¿Cuál es la alternativa de contención que brinda una mayor estabilidad?	Analizar la estabilidad del muro de contención de neumáticos reciclados y gaviones en condiciones estáticas y pseudo estáticas según métodos de equilibrio límite para determinar la alternativa de contención con mayor estabilidad.	El muro de gaviones presenta una mayor estabilidad frente a un muro de neumáticos según métodos de equilibrio límite.	Suelo arcilloso	Parámetros físicos y mecánicos	Ton/m2 y grados	Formato de laboratorio de mecánica de suelos

<p>Problema específico 2</p> <p>¿Cuál es la alternativa de contención con menor tiempo de ejecución?</p>	<p>Objetivo específico 2</p> <p>Comparar los tiempos de ejecución de un muro de neumáticos reciclados y gaviones utilizando los diagramas de Gantt para determinar la alternativa de contención con menor tiempo de construcción.</p>	<p>Hipótesis específica 2</p> <p>El muro de gaviones tiene un menor tiempo de ejecución frente al muro de neumáticos.</p>	<p>Muro de neumáticos reciclados</p>	<p>Factor de seguridad</p>	<p>F.S> 1.5</p>	<p>Modelamiento en software y Excel</p>
<p>Problema específico 3</p> <p>¿Cuál es la alternativa de contención más económica?</p>	<p>Objetivo específico 3</p> <p>Comparar los aspectos económicos de un muro de neumáticos reciclados y gaviones utilizando análisis de precios unitarios para determinar la alternativa de contención con menor costo.</p>	<p>Hipótesis específica 3</p> <p>El muro de gaviones tiene un menor costo que el muro de neumáticos.</p>	<p>Muro de gaviones</p>	<p>Factor de seguridad</p>	<p>F.S> 1.5</p>	<p>Modelamiento en software y Excel.</p>

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6. Mapa de peligro sísmico probabilístico Cajamarca

