

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Evaluación estructural de muros tipo gavión integrados a un terraplén permeable para la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables: Caso Yanajanca, Marañón 2025”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTOR : Juan de Dios Silva, Jean Paolo

ASESOR : Dávila Herrera, Percy Mello

**HUÁNUCO – PERÚ
2026**

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería Civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P01

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71532267

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41050949

Grado/Título: Maestro En Ingeniería, Con Mención En Gestión Ambiental Y Desarrollo Sostenible

Código ORCID: 0000-0001-5484-6982

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Granados Martinez, Daisy Guadalupe	Maestro En Gestión Del Sistema Ambiental	44533422	0009-0002-2547-1688
2	Mays Aquino, Ronald Günter	Maestro En Diseño Y Construcción De Obras Viales	41567508	0009-0009-5573-0880
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro En Ingeniería, Con Mención En Gestión Ambiental Y Desarrollo Sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 14:30 horas del día **jueves 17** de **setiembre** de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. DAISY GUADALUPE GRANADOS MARTINEZ	PRESIDENTE
❖ MG. RONALD GÜNTHER MAYS AQUINO	SECRETARIO
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1656-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN INTEGRADOS A UN TERRAPLÉN PERMEABLE PARA LA ESTABILIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE ACCESO A PUENTES CARROZABLES: CASO YANAJANCA, MARAÑÓN 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Jean Paolo JUAN DE DIOS SILVA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 14 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 14:00 horas del día **17** del mes de **setiembre** del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. DAISY GUADALUPE GRANADOS MARTINEZ
DNI: 44533422
ORCID: 0009-0002-2547-1688
PRESIDENTE



MG. RONALD GÜNTHER MAYS AQUINO
DNI: 41567508
ORCID: 0009-0009-5573-0880
SECRETARIO (A)



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000 0001 8392 1769
VOCAL



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: **JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA**, de la investigación titulada **"Evaluación estructural de muros tipo gavión integrados a un terraplén permeable para la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables: Caso Yanajanca, Marañón 2025"**, con asesor(a): **PERCY MELLO DAVILA HERRERA**, designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 0854-2025-D-FI-UDH** del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del **21 %** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 20 de julio de 2026



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Nota: La presente constancia tendrá una **vigencia de cuatro (4) meses**, conforme a lo establecido en la **Directiva del Software de Identificación de Similitud y Originalidad**, aprobada mediante **Resolución N° 532-2024-P-CD-UDH**.

Vencido dicho plazo, el solicitante deberá realizar nuevamente el procedimiento correspondiente para la emisión de una nueva constancia.

Válida hasta el 20 de noviembre de 2026.

60. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe	Fuente de Internet	6%
2	repositorio.uladech.edu.pe	Fuente de Internet	4%
3	hdl.handle.net	Fuente de Internet	2%
4	alicia.concytec.gob.pe	Fuente de Internet	1%
5	ri.ues.edu.sv	Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unheval.edu.pe	Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo	Trabajo del estudiante	<1%
9	archive.org	Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.upt.edu.pe	Fuente de Internet	<1%



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mi madre Natalia por todo el sacrificio y ejemplo a lo largo de todos estos años, por haber creído en mí por hacerme una persona responsable, para ti madre querida con mucho amor el presente trabajo de titulación.

A mis hermanas Lidelma, Yude y a todos los integrantes de mi familia, por ser mi principal apoyo y motivación para superarme cada día más y poder alcanzar los objetivos como profesional y como persona.

A mis maestros que con su saber y experiencia me apoyaron en todo momento.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseamos expresar nuestros agradecimientos a nuestro santísimo Dios y a su hijo amado nuestro señor Jesús, por guiarnos al camino correcto, fortaleciéndonos cada día en el proceso de nuestra Vida.

A nuestra familia quienes han sido siempre nuestro motor y motivo para cumplir este gran sueño, gracias por apoyarnos cada día, permitiéndonos avanzar cada peldaño en el desarrollo de nuestra profesión, manteniendo la humildad con la que nos educaron.

A nuestros docentes, sus conocimientos, sus palabras fueron sabias. A ustedes mis queridos docentes, gracias por compartirnos sus sabios amplios conocimientos y experiencias.

A nuestro asesor ING. PERCY MELLO DAVILA HERRERA, sin usted, sin sus virtudes, conocimiento y constancia, se le hubiese dificultado realizar el trabajo de investigación. Sus consejos siempre fueron acertados y útiles, gracias por habernos asesorado en la elaboración de la tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÒRICA	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPÍTULO II	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23

2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	23
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2.	BASES TEÓRICAS	29
2.2.1.	MURO DE GAVIONES	29
2.2.2.	ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL	44
2.2.3.	MOVIMIENTO EN MASA.....	50
2.2.4.	DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES.....	53
2.2.5.	PERMEABILIDAD.....	61
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	63
2.4.	HIPÓTESIS	66
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	66
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	67
2.5.	VARIABLES	67
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	67
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	67
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	68
CAPÍTULO III		69
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN		69
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	69
3.1.1.	ENFOQUE	69
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	70
3.1.3.	DISEÑO	70
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	71
3.2.1.	POBLACIÓN.....	71
3.2.2.	MUESTRA	71
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	72

3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	72
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	73
3.3.3.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	73
3.4.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	74
3.5.	ASPECTOS ÉTICOS	75
CAPÍTULO IV.....		77
RESULTADOS.....		77
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	77
4.1.1.	CONDICIONES DEL SITIO Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	77
4.1.2.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO	79
4.2.	ANÁLISIS INFERENCIAL (Análisis estructural y de estabilidad)	81
4.2.1.	GEOMETRÍA DEL MURO DE CONTENCIÓN	81
4.2.2.	VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTÁTICA DEL MURO	81
4.3.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ...	85
CAPÍTULO V.....		88
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		88
5.1.	CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS	88
5.2.	CONTRASTACIÓN CON LOS ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	89
CONCLUSIONES		91
RECOMENDACIONES.....		93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		95
ANEXOS.....		101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones de malla hexagonal	34
Tabla 2 Dimensiones de malla eslabonada	34
Tabla 3 Tipo de movimiento en masa	51
Tabla 4 Escala de velocidades	51
Tabla 5 Métodos para obtener el coeficiente de seguridad	55
Tabla 6 Representación de grietas a tensión para análisis del equilibrio límite	59
Tabla 7 Resultados de la verificación de la estabilidad estática del muro de gavión (GEO5).....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plataforma de acceso al puente carrozable objeto de estudio en el sector Yanajanca	16
Figura 2 Fotografía de campo mostrando el puente y el cauce, aguas abajo	77
Figura 3 Fotografía de campo mostrando el puente y el cauce, aguas arriba	78
Figura 4 Fotografía de campo mostrando el acceso vehicular, terraplén	78
Figura 5 Fotografía de campo mostrando la conformación del terraplén	79
Figura 6 Evaluación estructural del muro tipo gavión	80
Figura 7 Geometría del muro en estado límite último	81
Figura 8 Análisis de estabilidad al vuelco del muro de gaviones	82
Figura 9 Verificación de estabilidad al deslizamiento.....	82
Figura 10 Capacidad portante del suelo de fundación.....	83
Figura 11 Capacidad portante del suelo de fundación.....	84
Figura 12 Análisis de estabilidad global del talud mediante el método de Bishop.....	84
Figura 13 Gaviones.....	106
Figura 14 Gavión tipo caja	106
Figura 15 Gavión tipo colchón	107
Figura 16 Gavión tipo saco	107
Figura 17 Tipos de mallas.....	108
Figura 18 Malla hexagonal.....	108
Figura 19 Malla eslabonada.....	109
Figura 20 Malla electrosoldada	109
Figura 21 Muro de gaviones	110
Figura 22 Fuerzas actuantes en los muros de gaviones.....	110
Figura 23 Fuerzas sísmicas actuantes en los muros de gaviones.....	111
Figura 24 Escalones exteriores del muro.....	111
Figura 25 Escalones interiores del muro.....	112
Figura 26 El peso del muro	112
Figura 27 Verificación de estabilidad contra el vuelco	113
Figura 28 Verificación contra el deslizamiento.....	113

Figura 29 Procesos que conducen el volcamiento.....	114
Figura 30 Deslizamiento rotacional.....	114
Figura 31 Representación de un deslizamiento traslacional.....	115
Figura 32 La base del muro gavión.....	115
Figura 33 Parte superior del muro gavión	116
Figura 34 Profundidad del muro gavión	116
Figura 35 Grietas a tensión para análisis del equilibrio limite	117

RESUMEN

La presente investigación analizó la vulnerabilidad hidro-geotécnica de las plataformas de acceso al puente carrozable en el sector Yanajanca, Marañón, las cuales presentaban fallas críticas por procesos de socavación basal y desestabilización por empuje hidrostático. El objetivo central fue evaluar el desempeño estructural y la eficiencia de drenaje de un sistema compuesto por muros de gravedad tipo gavión integrados a un terraplén de matriz permeable. Bajo una metodología de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y nivel explicativo, se procedió al modelamiento numérico de la interacción suelo-estructura mediante los softwares GEO5 y GAWAC 3.0. Los resultados evidenciaron una respuesta mecánica óptima, alcanzando factores de seguridad (FS) sustanciales: un FS al vuelco de 5.32, un FS al deslizamiento de 1.93 y una capacidad portante de 3.46. Desde la perspectiva hidráulica, el sistema demostró una alta capacidad de disipación de la carga hidrostática, reduciendo la presión horizontal a apenas 1.25 kN/m y anulando la subpresión (uplift) en la base estructural. El análisis de estabilidad global mediante el método de Bishop reportó un FS de 1.54, validando el confinamiento efectivo del talud. Se concluyó que la sinergia entre la flexibilidad del gavión y la alta conductividad hidráulica del terraplén mitiga los riesgos de colapso por saturación, ofreciendo una solución de ingeniería resiliente y sostenible que optimiza la seguridad vial en zonas de alta pluviosidad andina.

Palabras clave: Muros de gavión, terraplén permeable, estabilidad de taludes, infraestructura vial, Yanajanca.

ABSTRACT

This research analyzed the hydro-geotechnical vulnerability of the access platforms to the motor bridge in the Yanajanca sector, Marañón, which exhibited critical failures due to basal scour processes and hydrostatic pressure destabilization. The core objective was to evaluate the structural performance and drainage efficiency of a system composed of gravity-type gabion walls integrated with a permeable matrix embankment. Under an applied methodology with a quantitative approach and explanatory level, the numerical modeling of the soil-structure interaction was carried out using GEO5 and GAWAC 3.0 software. The results showed an optimal mechanical response, reaching substantial safety factors (SF): an SF for overturning of 5.32, an SF for sliding of 1.93, and a bearing capacity of 3.46. From a hydraulic perspective, the system demonstrated a high capacity for hydrostatic head dissipation, reducing horizontal pressure to just 1.25 kN/m and eliminating uplift pressure at the structural base. The global stability analysis using Bishop's method reported an SF of 1.54, validating the effective confinement of the slope. It was concluded that the synergy between gabion flexibility and high hydraulic conductivity of the embankment mitigates the risks of saturation-induced collapse, offering a resilient and sustainable engineering solution that optimizes road safety in high-rainfall Andean regions.

Keywords: Porous media hydraulics, gabion walls, permeable embankment, slope stability, pore pressure, Yanajanca.

INTRODUCCIÓN

A escala internacional, la infraestructura vial viene enfrentando mayores exigencias debido al incremento de fenómenos hidrológicos extremos. Esta situación ha impulsado la búsqueda de soluciones más resilientes, flexibles y permeables, en reemplazo de estructuras rígidas que no siempre responden adecuadamente ante condiciones de alta saturación o dinámica fluvial. En este contexto, los muros de gravedad tipo gavión se presentan como una alternativa eficiente, debido a su capacidad para permitir el drenaje, reducir presiones internas y adaptarse a posibles asentamientos diferenciales. Estas características les otorgan ventajas frente a los muros de concreto convencionales, especialmente en zonas cercanas a ríos o quebradas.

En el caso del Perú, la complejidad geográfica del territorio y la presencia de precipitaciones intensas, principalmente en zonas de selva alta, generan problemas frecuentes de erosión, socavación e inestabilidad en obras viales. Esta realidad también se observa en la provincia de Marañón, región Huánuco, donde la ausencia de sistemas de drenaje adecuados en los terraplenes de aproximación suele ocasionar deterioro progresivo e incluso colapso de las vías, afectando directamente la conectividad de las comunidades rurales.

En el sector de Yanajanca se ha evidenciado una condición de vulnerabilidad en la plataforma de acceso al puente carrozable. Las características del suelo, conformado principalmente por gravas mal graduadas, sumadas a la exposición constante a la acción fluvial, han generado problemas de estabilidad que limitan el tránsito de vehículos pesados. Asimismo, las intervenciones ejecutadas anteriormente no habrían considerado de manera suficiente criterios de permeabilidad estructural, por lo que resulta necesario analizar una alternativa que integre la resistencia mecánica de los gaviones con la capacidad drenante de un terraplén permeable. A partir de esta problemática, la investigación se orientó a responder la siguiente pregunta: ¿de qué manera la integración de muros tipo

gavión con un terraplén permeable mejora el comportamiento estructural y la estabilidad de las plataformas de acceso en Yanajanca, Marañón, 2025?

El objetivo general de la investigación fue evaluar, desde el punto de vista estructural, el empleo de muros tipo gavión integrado a un terraplén permeable para estabilizar las plataformas de acceso en la zona de estudio. Para alcanzar este propósito, se determinaron los factores de seguridad frente al vuelco y al deslizamiento, se analizó la disminución de las presiones hidrostáticas y se calculó el coeficiente de seguridad global mediante métodos de equilibrio límite. La investigación se justifica en los aspectos técnico, social y económico, ya que propone un modelo hidromecánico aplicable a suelos granulares, contribuye a mejorar la seguridad de los usuarios y plantea una solución con menor demanda de mantenimiento y mayor durabilidad en comparación con estructuras rígidas sin capacidad drenante.

Finalmente, se planteó como hipótesis general que la integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable mejora significativamente la estabilidad de las plataformas de acceso. De manera específica, se consideró que este sistema permite resistir adecuadamente las solicitaciones de carga, favorece el drenaje interno mediante la reducción de la presión de poros y presenta un comportamiento global más eficiente frente a soluciones convencionales. Estas premisas fueron evaluadas mediante modelamiento numérico, cuyos resultados permitieron sustentar la viabilidad técnica de la propuesta para las condiciones críticas identificadas en la zona de estudio.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La inestabilidad de taludes en plataformas de acceso a puentes representa un problema recurrente en zonas rurales con topografía accidentada, especialmente en áreas expuestas a lluvias intensas. A nivel internacional, muchas fallas en vías rurales se relacionan con procesos de erosión, deficiencias en el drenaje y pérdida progresiva del soporte lateral en plataformas que no cuentan con sistemas adecuados de contención. De acuerdo con la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC, 2015), más del 30 % de los colapsos viales en terrenos montañosos se asocian con la erosión superficial y el empuje activo del suelo en taludes deficientemente estabilizados.

En este escenario, los muros tipo gavión han sido empleados como una alternativa eficiente debido a su flexibilidad, permeabilidad y capacidad de adaptación frente a deformaciones del terreno. Experiencias desarrolladas en países como Colombia, China y Suiza evidencian que este tipo de estructuras permite el drenaje natural del suelo y mantiene su desempeño estructural aun frente a asentamientos o desplazamientos moderados (Wang y Liu, 2020; González et al., 2018). Asimismo, cuando los gaviones se integran con terraplenes permeables, pueden reforzar zonas vulnerables, disminuir las presiones hidrostáticas internas y mejorar la estabilidad global de las plataformas de acceso.

En el ámbito nacional, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2021) señala que el 65 % de la red vial no pavimentada se encuentra en zonas con suelos inestables, donde las lluvias intensas favorecen la socavación, los deslizamientos y el deterioro de la infraestructura vial. De igual manera, estudios como el de Chávez (2017), realizado en Cajamarca, han demostrado que el uso de gaviones puede incrementar de manera importante el factor de seguridad en plataformas vulnerables de caminos vecinales. En esa misma línea, el Banco Mundial (2022) ha resaltado la importancia de

incorporar soluciones de infraestructura resiliente, de bajo mantenimiento y adaptadas a las condiciones rurales del Perú.

A nivel local, en el sector de Yanajanca, provincia de Marañón, región Huánuco, se han identificado fallas progresivas en la plataforma de rodadura correspondiente al acceso del puente carrozable, principalmente durante la temporada de lluvias. Según el informe técnico de la Municipalidad Provincial de Marañón (2023), en la zona se han registrado deslizamientos superficiales, pérdida de soporte lateral y filtraciones de aguas pluviales, condiciones que afectan tanto la circulación vehicular como la estabilidad del puente. Si bien se han realizado intervenciones menores mediante la colocación de material granular, estas acciones no han constituido una solución estructural de contención que asegure la estabilidad de la plataforma a mediano y largo plazo.

Durante las visitas técnicas preliminares al área de estudio, también se advirtió la ausencia de una base de datos geotécnica actualizada y específica para el sector de intervención. Esta limitación hizo necesaria la recopilación de información in situ, con la finalidad de caracterizar adecuadamente el terreno y calibrar el modelo geotécnico y estructural del sistema conformado por gavión y terraplén permeable.

Frente a esta problemática, se propuso como alternativa técnica el diseño y evaluación estructural de un muro gavión tipo cajón integrado a un terraplén permeable. Este sistema fue concebido para cumplir una doble función: actuar como estructura de contención y, al mismo tiempo, facilitar el drenaje interno de la plataforma de acceso al puente. Para su análisis se consideraron variables relevantes como el empuje activo del suelo, el comportamiento hidráulico del terraplén, la influencia del nivel freático, la capacidad portante del terreno y el desempeño estructural del sistema integrado.

El presente estudio buscó atender la problemática identificada mediante una propuesta técnica orientada a estabilizar el acceso vehicular en Yanajanca. Además, la investigación pretende servir como referencia para

intervenciones similares en otras zonas de la región que presenten condiciones geotécnicas, hidráulicas y climáticas comparables. Para delimitar el alcance espacial y metodológico del estudio, se identificó una longitud total afectada de 234.45 metros lineales, considerada como población de estudio. De dicha extensión, se seleccionó un tramo crítico de 60.00 metros lineales como muestra representativa para la evaluación hidromecánica y el diseño estructural. Las condiciones actuales de inestabilidad en el área de intervención se muestran en la Figura 1.

Figura 1

Plataforma de acceso al puente carrozable objeto de estudio en el sector Yanajanca



Nota. La fotografía ilustra el tramo de la plataforma de acceso vial seleccionado como objeto de estudio, el cual comprende la delimitación geométrica de la muestra analizada en la presente investigación. Fuente: Elaboración propia.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera influye la integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable en el comportamiento estructural para la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables en la zona de Yanajanca, Marañón 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Qué comportamiento estructural presentan los muros tipo gavión frente a las solicitaciones ejercidas por el empuje lateral del terreno y el tránsito vehicular en plataformas de acceso en la zona de Yanajanca, Marañón 2025?

¿Cómo influye la permeabilidad del terraplén en el drenaje interno y en la estabilidad del sistema gavión–terraplén en la zona de Yanajanca, Marañón 2025?

¿Cuál es el nivel de eficiencia estructural y estabilidad del sistema combinado muro gavión–terraplén frente a las condiciones geotécnicas y climáticas de la zona de Yanajanca, Marañón 2025?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar estructuralmente la influencia de la integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable en la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables en la zona de Yanajanca, Marañón 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar el comportamiento estructural que presentan los muros tipo gavión frente a las solicitaciones ejercidas por el empuje lateral del terreno y el tránsito vehicular en plataformas de acceso en la zona de Yanajanca, Marañón 2025.

Determinar la influencia de la permeabilidad del terraplén en el drenaje interno y en la estabilidad del sistema gavión–terraplén en la zona de Yanajanca, Marañón 2025.

Evaluar el nivel de eficiencia estructural y estabilidad del sistema combinado muro gavión–terraplén frente a las condiciones geotécnicas y climáticas de la zona de Yanajanca, Marañón 2025.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación se sustenta en los principios de la mecánica de suelos y de la ingeniería geotécnica, aplicados al análisis y diseño de estructuras flexibles de contención. El comportamiento estructural de los muros tipo gavión será evaluado considerando la teoría del empuje activo del suelo, mediante los enfoques de Rankine y Coulomb, así como los criterios de estabilidad global de taludes desarrollados por autores como Bishop, Janbu y Spencer.

Asimismo, se analizará el sistema como una estructura flexible conformada por elementos pétreos confinados en mallas metálicas, cuya disposición permite disipar energía, adaptarse a deformaciones del terreno y distribuir los esfuerzos generados por las cargas laterales. Este enfoque cuenta con respaldo en estudios internacionales, como los de Koerner y Soong (2001), quienes evidenciaron la eficiencia de los gaviones frente a empujes laterales, y Girard et al. (2005), quienes resaltaron su capacidad drenante y su desempeño favorable en terrenos inestables.

De esta manera, la investigación contribuirá al fortalecimiento del conocimiento técnico sobre el uso de estructuras flexibles de contención, incorporando criterios de drenaje, permeabilidad y estabilidad del suelo dentro del diseño estructural del sistema propuesto.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Desde una perspectiva práctica, la investigación busca atender una necesidad prioritaria de infraestructura en la localidad de Yanajanca, distrito de Santa Rosa de Alto Yanajanca, provincia de Marañón, región Huánuco. La plataforma de aproximación al puente carrozable constituye un tramo fundamental para la conectividad rural,

ya que permite el acceso a servicios básicos, el traslado de productos agrícolas, la atención médica y la continuidad de las actividades educativas.

Durante la temporada de lluvias, las condiciones geotécnicas del terreno, caracterizadas por suelos de baja cohesión y elevada exposición al flujo superficial, generan deslizamientos recurrentes y procesos de erosión en el acceso al puente. Frente a esta situación, se propone la integración de un muro tipo gavión con un terraplén permeable, como una alternativa estructural y geotécnica sostenible, adecuada para zonas rurales con limitaciones de acceso y mantenimiento.

Este tipo de solución, según lo señalado por Arroyo et al. (2019), destaca por su flexibilidad, eficiencia hidráulica, facilidad constructiva y menor costo de mantenimiento en comparación con estructuras rígidas, como los muros de concreto. Asimismo, se espera que la propuesta pueda servir como referencia para intervenciones similares en otras zonas andinas que presenten condiciones geotécnicas y climáticas comparables.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se desarrollará mediante la aplicación de procedimientos técnicos reconocidos en la ingeniería civil, especialmente en el análisis geotécnico y estructural de obras de contención. Para ello, se utilizarán herramientas, ensayos y criterios de evaluación que permitirán obtener resultados técnicamente confiables y reproducibles.

En la etapa inicial, se llevarán a cabo estudios geotécnicos tanto en campo como en laboratorio. Estos comprenderán ensayos de corte directo, análisis granulométrico, determinación del contenido de humedad y cálculo del peso específico del suelo. La información obtenida permitirá caracterizar las condiciones del terreno y definir

parámetros fundamentales para el diseño, tales como el ángulo de fricción interna, la cohesión y la permeabilidad.

Luego, se aplicarán criterios de diseño geotécnico y estructural basados en teorías reconocidas, como el empuje activo de Rankine y Coulomb, así como el análisis de estabilidad mediante métodos de equilibrio límite. Asimismo, el comportamiento del sistema integrado conformado por el muro tipo gavión y el terraplén permeable será evaluado mediante software especializado, como GEO5 o Slide2, con el propósito de simular condiciones de carga, filtración, deformación y estabilidad.

Todo el procedimiento metodológico se desarrollará considerando la normativa nacional vigente, principalmente el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018), además de las normas técnicas aplicables al diseño de estructuras de contención en zonas rurales.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las principales limitaciones de la investigación es el acceso restringido a información geotécnica previa sobre la zona de estudio. En Yanajanca, provincia de Marañón, no se cuenta con registros históricos detallados que permitan comparar el comportamiento del suelo en distintos periodos. Por ello, la caracterización geotécnica dependerá principalmente de los ensayos de campo y laboratorio realizados durante el desarrollo del estudio. Esta situación podría limitar el contraste con investigaciones anteriores y generar cierto margen de incertidumbre en la etapa inicial del análisis.

Otra limitación está relacionada con las condiciones climáticas de la zona. Debido a la alta pluviosidad estacional, las visitas de campo, la toma de muestras y algunas actividades técnicas podrían verse afectadas por lluvias intensas. Esto podría ocasionar retrasos en el cronograma de trabajo o restringir la recolección de información en determinados momentos del año.

Asimismo, se considera como limitación la disponibilidad de recursos económicos y logísticos. Al tratarse de una investigación académica, el presupuesto para ensayos de laboratorio, transporte, equipos topográficos y uso de software especializado puede ser limitado. Por esta razón, será necesario optimizar los recursos disponibles y priorizar las actividades más relevantes para el cumplimiento de los objetivos planteados.

Finalmente, los resultados de la investigación tendrán un alcance principalmente local, debido a que responderán a las condiciones específicas del sector de Yanajanca. Su aplicación en otras zonas requerirá evaluar previamente nuevas variables geológicas, hidrológicas, geotécnicas y sociales. No obstante, la propuesta podrá servir como referencia técnica para sectores con características similares.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presenta viabilidad técnica, debido a que se sustenta en metodologías ampliamente utilizadas en la ingeniería civil, tales como estudios geotécnicos de campo, ensayos de laboratorio, pruebas SPT, corte directo, análisis de estabilidad y dimensionamiento estructural de muros tipo gavión. Asimismo, se considera el uso de software especializado, como GEO5 o Slide, herramientas que permitirán desarrollar los análisis geotécnicos y estructurales requeridos con mayor precisión.

Desde el punto de vista económico, la propuesta también resulta viable, ya que el sistema planteado representa una alternativa de bajo costo relativo, tanto en su etapa de ejecución como en las actividades posteriores de mantenimiento. Además, el estudio puede desarrollarse con recursos accesibles, mediante ensayos estándar, visitas de campo, procesamiento de información en gabinete y posible apoyo institucional de la Municipalidad o de organizaciones locales. Esto permite que la investigación se ajuste a un presupuesto académico y profesional razonable.

En cuanto a la viabilidad social, existe una necesidad evidente de mejorar las condiciones de transitabilidad y seguridad en el acceso al puente Yanajanca. La propuesta tendría una aceptación favorable por parte de la

población, debido a que el uso de gaviones es conocido en zonas rurales y se asocia con soluciones prácticas para la estabilización de terrenos. En ese sentido, la investigación puede generar beneficios directos para los pobladores del área de influencia, al contribuir con una alternativa técnica orientada a mejorar la conectividad y reducir riesgos en la vía.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Guerra (2023), en su investigación **titulada** “Construcción de un muro de protección con gaviones en el puente Las Guzmán en la ciudad de Jalapa, Jalapa”, tuvo como **objetivo** general evitar la deformación de las estructuras del puente Las Guzmán mediante la propuesta de construcción de un muro de contención con gaviones en los estribos de dicha infraestructura. En cuanto a la **metodología**, el estudio fue de tipo aplicado y descriptivo, orientado al desarrollo de una propuesta técnica de ingeniería. Los **resultados** permitieron comprobar que las deformaciones presentadas en el puente durante los últimos cinco años estaban relacionadas con el asolvamiento de los aproches y la falta de una estructura de protección adecuada. Finalmente, el autor **concluyó** que la construcción de un muro de contención con gaviones constituye una alternativa viable para proteger el puente, evitar procesos de socavación y prolongar su vida útil, destacando además su bajo costo, rapidez constructiva y capacidad de adaptación a las condiciones del proyecto.

Morales (2022), en su investigación **titulada** “Diseño de muro de gavión y tramo carretero comprendido desde Villa Hermosa I, zona 7, hacia El Frutal, zona 7 y desde El Frutal, zona 7 hacia zona 13, San Miguel Petapa, Guatemala”, tuvo como **objetivo** proponer el diseño de pavimentación para la calle secundaria que conecta Villa Hermosa I con El Frutal y El Frutal con la zona 13 de San Miguel Petapa. En cuanto a la **metodología**, la investigación presentó un enfoque cuantitativo y de tipo aplicado, tomando como unidad de análisis los tramos específicos de intervención: el tramo Villa Hermosa I hacia El Frutal, con una longitud de 1,497.74 metros, y el tramo El Frutal hacia la zona 13 de San Miguel Petapa, con una longitud de 1,517.89 metros. Los **resultados** comprendieron la propuesta de un muro de gaviones de

200 metros de longitud y 4 metros de altura para estabilizar el tramo ubicado entre El Frutal y la zona 13, debido a su cercanía con el río Platanitos. Asimismo, se planteó el diseño de pavimento rígido de 15 cm de espesor, con una sección típica de 3.00 metros por carril en ambos tramos. Finalmente, el autor **concluyó** que la propuesta técnica permite mejorar las condiciones de transitabilidad y seguridad vial del municipio, al integrar el diseño de pavimentación con una solución de estabilización de taludes en zonas críticas.

Wang y Liu (2020), en su investigación **titulada** “Uso de muros de gavión para estabilización de taludes en zonas de monzones”, tuvieron como **objetivo** analizar el desempeño de los muros de gavión en la estabilización de taludes expuestos a lluvias intensas en la provincia de Yunnan. En cuanto a la **metodología**, el estudio fue de enfoque cuantitativo y de tipo experimental, basado en simulaciones hidráulicas y geotécnicas para evaluar el comportamiento de estas estructuras frente a condiciones de alta precipitación. Los **resultados** evidenciaron que los muros de gavión presentan un desempeño favorable en zonas con pendientes inestables, debido a su capacidad de drenaje, flexibilidad estructural y adaptación a deformaciones del terreno. Finalmente, los autores **concluyeron** que los muros de gavión constituyen una alternativa técnica adecuada para zonas con precipitaciones extremas, ya que permiten reducir la presión hidrostática y mejorar la estabilidad de los taludes.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Caso y Huayta (2024), en su investigación **titulada** “Diseño de muro de contención tipo gavión para reducir los riesgos causados por el desborde del río Aja”, tuvieron como **objetivo** realizar el diseño de un muro de contención tipo gavión para reducir los riesgos generados por el desborde del río Aja. En cuanto a la **metodología**, la investigación fue de enfoque cuantitativo y de tipo aplicada, desarrollando la caracterización topográfica, el análisis del tipo de suelo, estudios hidrológicos, modelamientos hidráulicos, evaluación

estructural y estimación del costo de la obra. Para el procesamiento de la información se emplearon herramientas como Hidroesta, AutoCAD Civil 3D, Google Earth, ArcGIS, HEC-HMS, HEC-RAS, Gawac 3.0 y Delphin Express. Los resultados evidenciaron que la zona presenta una topografía relativamente ondulada y un suelo conformado por material granular de canto rodado. Asimismo, la cuenca hidrográfica registró un área de 503.34 km², una longitud de río de 72.26 km y una densidad de drenaje de 0.71 km/km², condiciones que la hacen propensa a inundaciones. La serie histórica de precipitaciones de 25 años permitió estimar una máxima avenida de 262.20 m³/s para un periodo de retorno de 140 años. Además, la modelación hidráulica determinó un tirante máximo de 1.90 m, una velocidad máxima de 4.79 m/s y una socavación de 1.44 m. Como **resultado** del diseño, se propuso un gavión de 2.00 m de base y 3.00 m de altura, con un costo total de S/ 1,021,228.13. Finalmente, los autores **concluyeron** que el muro tipo gavión constituye una alternativa importante para el control de máximas avenidas y la reducción de impactos asociados a procesos de inundación y erosión.

Yaranga (2024), en su investigación **titulada** “Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña del margen izquierdo del río Pongora en el centro poblado San José de Viñaca, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho – 2024”, tuvo **como** objetivo evaluar el muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña en el margen izquierdo del río Pongora, en el centro poblado San José de Viñaca. En cuanto a la **metodología**, la investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo, con diseño no experimental y de corte transversal. Para la recolección de información se emplearon fichas técnicas y la técnica de observación directa. Los **resultados** evidenciaron que el muro de gaviones presentaba deficiencias reparables, entre ellas la presencia de vegetación frondosa, la cual podría afectar progresivamente la estructura. También se identificaron roturas en las mallas y falta de uniformidad en el relleno, situación que podría ocasionar la salida del

material pétreo a través del enmallado. Sin embargo, no se observaron procesos de erosión ni socavación en la zona evaluada del muro. Finalmente, el autor **concluyó** que resulta necesario realizar el control del crecimiento de la vegetación y ejecutar acciones correctivas en las partes afectadas del muro de gaviones, con el propósito de conservar su funcionalidad y mejorar la defensa ribereña.

Ramos (2022), en su investigación **titulada** “Influencia de muros de gaviones o muros de concreto en las defensas ribereñas del río Cunas, Chupaca, 2020”, tuvo como **objetivo** determinar la relación entre los muros de gaviones o muros de concreto y las defensas ribereñas del río Cunas, en Chupaca. En cuanto a la **metodología**, la investigación fue de tipo aplicada, de nivel correlacional y con diseño experimental, orientado a demostrar, mediante criterios estadísticos, los efectos de estas estructuras en las defensas ribereñas. Para ello, se realizaron pruebas de laboratorio con la finalidad de calcular indicadores relacionados con volcamiento, desplazamiento, erosión y socavación. Posteriormente, se aplicaron pruebas estadísticas de regresión mediante el estadístico t de Student para la constratación de hipótesis. Los **resultados** mostraron valores t de Student de -6.58 para los indicadores de volcamiento y erosión, y de 6.05 para desplazamiento y socavación, comprobándose la existencia de relación entre los muros de gaviones o muros de concreto y el comportamiento de las defensas ribereñas del río Cunas. Finalmente, el autor **concluyó** que, a medida que aumenta el factor de seguridad frente al volcamiento, disminuye la velocidad de erosión, lo que permite una mayor protección de las defensas ribereñas. Asimismo, determinó que un mayor factor de seguridad frente al deslizamiento reduce la altura de socavación calculada, mejorando el desempeño del sistema de protección conformado por gaviones o concreto.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Iturri (2024), en su investigación **titulada** “Propuesta del uso de muro de gaviones en el análisis de estabilidad del talud en la carretera

Central Huánuco - La Oroya, altura del km 217, Ambo-Huánuco”, tuvo como **objetivo** determinar la influencia del muro de gaviones en el análisis de estabilidad de taludes mediante el uso de softwares geotécnicos como SLIDE V.6 y GEO5. Asimismo, buscó analizar el control del volcamiento y deslizamiento a través del coeficiente de seguridad, considerando escenarios sin muro y con la incorporación de dicha estructura. En cuanto a la **metodología**, la investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel correlacional y diseño no experimental. Para el análisis se determinaron las propiedades físicas del suelo, obteniéndose un peso unitario de 12 kN/m³, un ángulo de fricción de 29.68° y una cohesión de 31.38 kN/m², correspondientes a un suelo con grava y arena arcillosa. Además, se realizó el levantamiento topográfico del área de estudio. Los **resultados** obtenidos en el análisis sin muro mostraron coeficientes de seguridad de 0.982 mediante el método de Fellenius, 1.041 con Spencer, 1.049 con Bishop Simplified, 0.974 con Janbu Simplified y 1.044 con Morgenstern-Price, identificándose el menor valor con el método de Janbu Simplified y el mayor con Bishop Simplified. Posteriormente, mediante GEO5, se evaluó el comportamiento del talud con la presencia del muro de gaviones. Para el muro con escalones internos se obtuvo una aceptación de 5.6 % frente al vuelco y 7.3 % frente al deslizamiento, mientras que para el muro con escalones externos se registró 4.3 % de aceptación frente al vuelco y 6.9 % frente al deslizamiento. Además, los coeficientes de seguridad fueron mayores a $FS > 1.5$, cumpliendo con los criterios normativos. Finalmente, el autor **concluyó** que la propuesta de muro de gaviones incide positivamente en la estabilidad de los taludes del tramo ubicado en la carretera Central Huánuco - La Oroya, altura del km 217, debido a que mejora significativamente los coeficientes de seguridad frente a condiciones críticas de inestabilidad.

Ríos (2023), en su investigación **titulada** “Diseño de muro de gaviones para protección contra inundaciones en la localidad Huaracalla – Huaylla - Chacapampa, ambos márgenes del río Huallaga,

en el distrito de Ambo, provincia de Ambo, región Huánuco – 2023”, tuvo como **objetivo** diseñar un muro de gaviones para la protección contra inundaciones en ambos márgenes del río Huallaga, en las localidades de Huaracalla, Huaylla y Chacapampa, distrito y provincia de Ambo, región Huánuco. En cuanto a la **metodología**, la investigación fue de tipo aplicada, descriptiva y transversal, con un nivel exploratorio y enfoque cualitativo. Los **resultados** evidenciaron la necesidad de evaluar y diseñar una defensa ribereña con gaviones, debido a las condiciones de vulnerabilidad existentes en el cauce del río Huallaga y a la limitada funcionalidad de la defensa actual, conformada principalmente por material proveniente de la excavación del lecho del río. Finalmente, el autor **concluyó** que el diseño de una estructura de gaviones en ambos márgenes del río Huallaga permitirá mejorar la condición hídrica del cauce y brindar una alternativa de protección frente a inundaciones, erosión y posibles afectaciones a la población asentada en el área de influencia.

Tolentino (2022), en su investigación **titulada** “Diseño estructural de gaviones en el río Huacarmayo, localidad de Huacar, distrito de Huacar, provincia Ambo, Huánuco, 2022”, tuvo como objetivo realizar el diseño estructural de gaviones para el río Huacarmayo, ubicado en la localidad y distrito de Huacar, provincia de Ambo, región Huánuco. En cuanto a la **metodología**, la investigación fue de tipo aplicada y de diseño no experimental. La población y muestra estuvieron conformadas por los puntos críticos identificados en la franja ribereña. Para la recolección de datos se emplearon técnicas como el análisis documental, la observación y la entrevista. Los **resultados** determinaron que la subcuenca hidrográfica presenta una pendiente de 15.13 %, un perímetro de 43.81 km y un área de 96.53 km². Asimismo, se calcularon precipitaciones máximas y caudales de diseño para periodos de retorno de 50 y 100 años, obteniéndose valores de 111.02 mm y 139.64 mm, respectivamente; para el diseño estructural se consideró un periodo de retorno de 100 años. Finalmente, el autor **concluyó** que las defensas ribereñas mediante gaviones,

considerando factores de seguridad estática y sísmica, contribuirán a reducir los riesgos de desborde del río, así como a mitigar los efectos de erosión y socavación que podrían afectar a la población adyacente. Como parte de la propuesta estructural, se plantearon cuatro camadas de gaviones de 1.00 m de altura y un colchón en la cimentación, destinado a controlar la socavación generada por el arrastre de materiales durante máximas avenidas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MURO DE GAVIONES

GAVIONES

Los gaviones son estructuras conformadas por mallas de alambre resistente, generalmente galvanizado o protegido contra la corrosión, que se rellenan con material pétreo, comúnmente piedras de río disponibles en la zona de intervención. Estas estructuras se caracterizan por su resistencia, durabilidad y capacidad para conformar muros de contención mediante la unión de varias unidades. Cada gavión funciona como un elemento individual que, al integrarse con otros, forma un sistema capaz de resistir las fuerzas hidráulicas del río, contribuyendo a la protección de poblaciones vulnerables frente a inundaciones y procesos erosivos (Canahua et al., 2020). Ver figura 13.

Características de los gaviones

Terán (1998) señala que los gaviones son estructuras flexibles y de fácil construcción, por lo que resultan adecuados para obras de protección y estabilización. Entre sus principales características destacan la durabilidad de sus materiales, su resistencia frente a impactos, su estabilidad por peso propio y su permeabilidad, debido a los vacíos existentes entre las piedras que conforman el relleno. Estas propiedades permiten que el sistema funcione como una defensa práctica, económica y eficiente en zonas vulnerables, constituyéndose

en una alternativa favorable frente a otros tipos de estructuras de protección.

Tipos de gaviones

a) Secciones abiertas – tipo cajón

Piñar (2008) menciona que el gavión tipo caja constituye una solución técnica y económica para obras de contención y defensa ribereña. Este tipo de gavión presenta una forma prismática similar a una caja, elaborada con malla metálica y rellena con roca de río. Sus dimensiones pueden variar de acuerdo con el diseño estructural y el tamaño del material pétreo disponible. Debido a su resistencia, facilidad constructiva y adaptabilidad, es ampliamente utilizado en defensas ribereñas y obras de estabilización. Ver figura 14.

Justificación Técnica del Uso de Gaviones Tipo Cajón (Secciones Abiertas)

La elección de gaviones tipo cajón, también conocidos como gaviones de secciones abiertas, como sistema de contención estructural en la presente investigación responde a criterios técnicos, constructivos y geotécnicos. Su aplicación resulta pertinente en zonas con alta pluviosidad, suelos erosionables y pendientes pronunciadas, condiciones presentes en el sector de Yanajanca, provincia de Marañón, región Huánuco.

Los gaviones tipo caja son estructuras prismáticas fabricadas con malla metálica galvanizada o revestida, rellenas con piedras de río de tamaño adecuado y preferentemente angulares. Su principal ventaja radica en su flexibilidad y permeabilidad, cualidades importantes para obras ubicadas en zonas montañosas o expuestas a movimientos diferenciales del terreno, escorrentía superficial y presencia de agua subterránea.

Este tipo de gaviones permite:

- Drenaje natural del terreno, evitando la acumulación de presiones hidrostáticas tras el muro.

- Adaptación a asentamientos diferenciales sin perder su capacidad estructural, a diferencia de estructuras rígidas como muros de concreto.
- Resistencia frente a la socavación y erosión, especialmente si se integra adecuadamente con un terraplén permeable, que mejora la disipación de energía y alivia presiones sobre el muro.

De acuerdo con estudios técnicos como los de Maccaferri (2010) y Arroyo et al. (2019), los muros tipo gavión en secciones abiertas son adecuados para plataformas viales de acceso, principalmente cuando se requiere una solución de rápida ejecución, bajo mantenimiento, menor costo relativo y buena integración con el entorno natural.

En el contexto de la presente investigación, donde se busca estabilizar una plataforma de acceso a un puente carrozable expuesta a:

- Inestabilidad por erosión hídrica,
- Procesos de deslizamiento superficial,
- Condiciones sísmicas propias del entorno (según RNE E.030),
- El uso de gaviones tipo cajón permite cumplir con los requisitos de:
- Estabilidad geotécnica y estructural,
- Compatibilidad con el drenaje natural del terreno (permeabilidad),
- Flexibilidad ante cargas dinámicas (tráfico y sismos),
- Bajo impacto ambiental y facilidad constructiva.

Finalmente, el dimensionamiento de este sistema se realizará considerando los criterios establecidos en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018), la Norma Técnica E.050 – Suelos y Cimentaciones, y la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. Asimismo, se empleará

software especializado, como Slide2 o GEO5, para validar las condiciones de estabilidad del sistema propuesto.

b) Gavión tipo colchón

Trujillo (2018) indica que el gavión tipo colchón presenta forma de paralelepípedo y guarda cierta similitud con el gavión tipo caja; sin embargo, se diferencia principalmente por su menor altura, la cual suele variar entre 15 cm y 30 cm. Este tipo de gavión se emplea con frecuencia en obras de protección superficial, control de erosión y revestimiento de cauces. Ver figura 15.

c) Gavión tipo saco

Trujillo (2018) señala que el gavión tipo saco recibe esta denominación debido a la forma que adopta su enmallado. Este tipo de gavión se utiliza principalmente en obras de emergencia, debido a su facilidad de transporte y colocación. Sin embargo, presenta una menor capacidad de soporte en comparación con los gaviones tipo caja. Generalmente, son armados fuera del cauce y luego colocados en su posición final con apoyo de maquinaria. Ver figura 16.

MALLA

Piñar (2008) sostiene que la malla cumple una función fundamental en la conformación de los gaviones, ya que permite dar forma a cada unidad y al muro en su conjunto. Por ello, debe estar fabricada con materiales resistentes a la erosión, oxidación y esfuerzos generados por el peso del material de relleno. Para mejorar su durabilidad, estas mallas suelen contar con recubrimientos de zinc, aluminio o materiales similares, los cuales incrementan su resistencia frente a la corrosión y a las condiciones ambientales agresivas.

Las mallas utilizadas en gaviones suelen tener una configuración hexagonal entrelazada, lo que permite formar una estructura resistente y flexible. Asimismo, las dimensiones de sus aberturas varían según el tipo de gavión. Para gaviones tipo colchón, las aberturas suelen ser de

6.00 cm x 8.00 cm, mientras que para gaviones tipo caja se emplean aberturas aproximadas de 8.00 cm x 10.00 cm.

Tipos de mallas

Maraví y Melchor (2020) señalan que existen diversos tipos de mallas utilizadas en la construcción de gaviones, entre las que destacan las mallas hexagonales, eslabonadas y electrosoldadas. La elección de cada tipo depende del grado de rigidez o flexibilidad que se requiera en la estructura. Las mallas hexagonales son las más utilizadas debido a su capacidad para resistir esfuerzos importantes. Las mallas eslabonadas, por su parte, presentan mayor flexibilidad al no contar con uniones rígidas, mientras que las mallas electrosoldadas ofrecen una estructura más rígida. Ver figura 17.

a) Malla hexagonal

Trujillo (2018) menciona que las mallas hexagonales son las más empleadas en la fabricación de gaviones, debido a su capacidad para soportar esfuerzos considerables. Estas mallas se conforman mediante alambres galvanizados unidos por triple torsión, generando celdas de forma hexagonal. Además, pueden contar con revestimiento de PVC para mejorar su resistencia frente a la corrosión y al desgaste.

Una de sus principales ventajas es que, en caso de presentarse una rotura localizada, la malla no se deshilacha fácilmente, lo que permite conservar la integridad de la estructura. Este tipo de malla se utiliza en la construcción de gaviones tipo caja, colchón y saco. Ver figura 18.

Las dimensiones típicas de las mallas hexagonales deben seleccionarse en función del tamaño del material pétreo disponible. Para ello, es necesario realizar una adecuada selección de las piedras mediante zarandas, separando el material de mayor tamaño del material fino o de dimensiones menores. Este proceso permite garantizar que el relleno sea compatible con la abertura de

la malla, evitando la pérdida de material y asegurando un mejor desempeño estructural del gavión.

Tabla 1

Dimensiones de malla hexagonal

Denominación	D	H	Alambre
Escuadrilla 5 x 7 – BWG 14	5 cm	7 cm	2 mm Ø
Escuadrilla 8 x 10 – BWG 13	8 cm	10 cm	2.4 mm Ø
Escuadrilla 12 x 14 – BWG 11	12 cm	14 cm	3 mm Ø

Fuente: Trujillo (2018).

b) Malla eslabonada

Trujillo (2018) señala que la malla eslabonada, también conocida como malla ciclón, está conformada por alambres galvanizados unidos mediante torsión simple. A diferencia de la malla hexagonal, este tipo de malla forma celdas en forma de rombo y no presenta uniones rígidas, lo que le otorga una mayor flexibilidad. Esta característica permite que los alambres puedan desplazarse y estirarse ligeramente ante esfuerzos o deformaciones, favoreciendo su adaptación a las condiciones del terreno. Ver figura 19.

Las dimensiones del ojo o abertura de la malla pueden variar según el tipo de uso y las exigencias del diseño. Estas medidas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2

Dimensiones de malla eslabonada

Pulgadas	Milímetros
1" x 1"	25.4 mm x 25.4 mm
1 ½" x 1 ½"	38.1 mm x 38.1 mm
2 ¼" x 2 ¼"	50.8 mm x 50.8 mm

Fuente: Trujillo (2018).

c) Malla electrosoldada

Trujillo (2018) señala que las mallas electrosoldadas se caracterizan por presentar uniones resistentes y fijas, debido a que

sus alambres se encuentran unidos mediante soldadura permanente. A diferencia de las mallas hexagonales y eslabonadas, este tipo de malla posee mayor rigidez, lo que facilita su armado y construcción, ya que conserva mejor su forma durante el proceso de instalación. Ver figura 20.

Alambre para amarres y tensores

Según Piñar (2018), los alambres para amarre se emplean para unir los bordes de las mallas que conforman cada unidad de gavión. Asimismo, los alambres tensores cumplen la función de mantener la forma del gavión, ya sea de tipo caja o colchón, evitando deformaciones durante el llenado y funcionamiento de la estructura. El diámetro del alambre dependerá de la abertura de la malla y de las exigencias del diseño, debiendo presentar la resistencia suficiente para garantizar la unión adecuada de los elementos y la estabilidad del gavión.

Relleno de gaviones

Ogando (2015) indica que los gaviones generalmente se rellenan con piedras provenientes de ríos o canteras cercanas, debido a su resistencia, durabilidad y disponibilidad en la zona de intervención. El material de relleno debe seleccionarse cuidadosamente, procurando que su tamaño sea mayor que la abertura de la malla, a fin de evitar la pérdida de partículas. Si el material pétreo se desprende o atraviesa la malla, puede generarse inestabilidad en la estructura, afectando el comportamiento del gavión y comprometiendo la seguridad del muro en su conjunto.

Muro de gaviones

Pachas (2017) define los muros de gaviones como sistemas de protección conformados por la unión de varias unidades tipo caja, rellenas con material pétreo y organizadas de manera que funcionen como una estructura de contención. Estos muros se emplean principalmente para proteger zonas vulnerables frente a inundaciones,

erosión y procesos de socavación. Su función principal es brindar estabilidad y protección a sectores donde existe presencia de población o infraestructura expuesta a riesgos hidráulicos.

Además, los muros de gaviones presentan facilidad de instalación y pueden adaptarse a diferentes formas y condiciones del terreno. A diferencia de las estructuras rígidas, estos muros tienen un comportamiento flexible y permiten el drenaje del agua a través de sus vacíos internos. Asimismo, favorecen una mejor integración con el entorno natural, ya que permiten el desarrollo de vegetación en sus alrededores. Ver figura 21.

Características del muro de gaviones

Pachas (2017) menciona que los muros de gaviones presentan características favorables que les otorgan ventajas frente a otros sistemas de defensa, como el enrocado o los muros de concreto armado. Entre sus principales atributos destacan la flexibilidad, permeabilidad, facilidad constructiva, estabilidad por peso propio, bajo costo relativo y adecuada adaptación a las condiciones del terreno.

- Presentan una elevada flexibilidad, lo que les permite resistir presiones considerables sin llegar a romperse fácilmente. En algunos casos pueden deformarse, pero mantienen su estabilidad y funcionalidad estructural.
- Son de fácil construcción, debido a que sus materiales principales, como la malla metálica y el material de relleno, son accesibles y su proceso constructivo es sencillo. Además, el llenado de los gaviones no requiere mano de obra altamente especializada, ya que puede ejecutarse con conocimientos básicos de construcción.
- Poseen buena permeabilidad, debido a que el material pétreo de relleno genera vacíos internos que permiten el paso del agua a través de la estructura, reduciendo la acumulación de presiones hidrostáticas.

- Tienen una adecuada durabilidad, siempre que se empleen materiales de calidad, como mallas resistentes a la corrosión y piedras apropiadas para el relleno. Estas condiciones permiten que el muro conserve su funcionamiento durante un periodo prolongado.
- Funcionan como una estructura integrada, ya que cada unidad de gavión se une a las demás mediante alambres de amarre. Esta conexión permite que el muro trabaje de manera conjunta, comportándose como un solo sistema estructural.
- Presentan un bajo costo de construcción en comparación con otras estructuras de contención, debido al uso de materiales relativamente económicos, menor tiempo de ejecución y facilidad constructiva. Además, en muchos casos pueden ejecutarse sin requerir encofrados complejos ni procesos constructivos altamente especializados.

Hidráulica fluvial

Pachas (2017) señala que la hidráulica fluvial se encarga del estudio del comportamiento de los ríos y otras fuentes naturales de agua. Esta disciplina permite analizar la variación de los caudales durante el año, identificar zonas vulnerables a inundaciones o desbordes, y comprender la dinámica del flujo en los cauces. Asimismo, proporciona información importante para el diseño de obras de protección y defensa ribereña.

Evaluación estructural del muro de gaviones

Según Villalobos (2019), la evaluación estructural de un muro de gaviones requiere considerar diversos factores relacionados con la calidad de los materiales, el estado de conservación de la malla, las condiciones del relleno y los daños generados por la acción del río. Este análisis permite determinar si la estructura mantiene su capacidad funcional o si presenta deficiencias que puedan comprometer su estabilidad y seguridad.

a) Desplazamiento de muro de gaviones

Según Villalobos (2019), el desplazamiento es uno de los daños que puede presentarse con mayor frecuencia en los muros de gaviones. Para su evaluación, se debe observar si las unidades de gavión conservan su posición original o si existen elementos desnivelados, inclinados o desplazados hacia el cauce del río u otra zona cercana. Este tipo de daño suele originarse por la socavación del suelo de cimentación, lo que reduce la estabilidad del muro y permite que la fuerza del río provoque su movimiento.

b) Volteo del muro de gaviones

Icochea (2019) menciona que el volteo del muro de gaviones se produce principalmente por la inestabilidad del suelo de apoyo. Este problema puede iniciar con un proceso progresivo de socavación en la base del gavión, generando pérdida de soporte y aumentando las fuerzas que tienden a volcar la estructura. Por ello, resulta necesario realizar estudios del suelo y aplicar medidas de mejoramiento cuando corresponda, con la finalidad de evitar fallas por volteo y garantizar la estabilidad del muro.

c) Vegetación en el muro de gaviones

Icochea (2019) señala que la presencia excesiva de vegetación puede afectar negativamente la estructura del muro de gaviones, especialmente cuando se desarrollan árboles o raíces de gran tamaño en sus alrededores. El crecimiento de estas raíces puede ejercer presiones sobre los gaviones, provocar desplazamientos y generar inestabilidad en la estructura. Por esta razón, es importante controlar la vegetación cercana al muro, evitando que sea demasiado frondosa o que comprometa su resistencia frente a la acción del río.

d) Hundimiento del muro de gaviones

Icochea (2019) define el hundimiento como un daño asociado a la baja capacidad de soporte del suelo, generalmente ocasionado por una compactación deficiente o por la falta de mejoramiento del

terreno de fundación. Cuando el suelo no presenta condiciones adecuadas de estabilidad, el peso propio del muro puede generar asentamientos verticales que reducen su nivel original. Esta situación puede afectar el desempeño de la estructura, ya que al disminuir su altura efectiva podría dejar de cumplir correctamente su función de protección.

e) Erosión del muro de gaviones

Icochea (2019) menciona que la erosión se presenta con frecuencia en los bordes de los ríos, debido a la acción continua del agua sobre el terreno. Este proceso puede desgastar el suelo de apoyo y afectar la estabilidad del muro de gaviones. La erosión constituye uno de los principales factores que deben considerarse en el diseño y construcción de este tipo de estructuras, ya que una base inestable puede comprometer su funcionamiento. Por ello, es necesario garantizar una cimentación firme y medidas de protección adecuadas frente a la acción hidráulica del río.

f) Deterioro del muro de gaviones

Villalobos (2019) indica que el deterioro del muro de gaviones está relacionado con el estado físico y funcional de sus componentes. Este puede manifestarse mediante patologías como oxidación de la malla metálica, desgaste de los materiales, roturas, pérdida del relleno pétreo o ausencia de partes de la estructura debido a factores externos. Cuando el muro se encuentra incompleto o deteriorado, disminuye su capacidad de protección frente a inundaciones, erosión o socavación, lo que puede poner en riesgo a la población ubicada en zonas vulnerables.

Mejoramiento del muro de gaviones

Nina y Cornejo (2022) definen el mejoramiento como el conjunto de acciones orientadas a corregir las deficiencias identificadas en un objeto de estudio, luego de haber sido evaluado y diagnosticado. En el caso de los muros de gaviones, el mejoramiento consiste en intervenir las fallas

detectadas, considerando si los daños son leves, moderados o severos. Cuando las deficiencias pueden corregirse, se aplican medidas de reparación, reforzamiento o mantenimiento. Sin embargo, si el daño es irreversible o compromete totalmente la funcionalidad de la estructura, resulta necesario reemplazar el muro por uno nuevo que cumpla adecuadamente su función de protección.

Por lo general, el mejoramiento puede implicar el rediseño de la estructura cuando esta ya no cumple con los criterios de estabilidad o ha sido afectada de manera considerable por la acción del río. En casos severos, como la destrucción parcial o total del muro por fuerzas hidráulicas, la construcción de una nueva estructura representa la alternativa más adecuada para restablecer la seguridad y protección de la zona vulnerable.

Ventajas del uso de gaviones

Rivas (2013), indica las siguientes ventajas del uso de gaviones:

- Puede construirse fácilmente incluso en áreas inundadas, por lo que puede adaptarse ampliamente a diversas condiciones.
- Actúan como presas de filtrado, permitiendo el flujo normal de agua y la retención de sedimentos.
- El gavión forma una estructura única y es resistente a vuelcos y deslizamientos.

Propiedades de los gaviones

Rivas (2013), menciona las siguientes propiedades de los gaviones:

- **Flexibilidad:** Los gaviones tienen la capacidad de deformarse sin perder significativamente su resistencia estructural. Esta propiedad les permite adaptarse a los movimientos del suelo y soportar asentamientos diferenciales sin colapsar, lo cual resulta importante en terrenos inestables o zonas expuestas a procesos de debilitamiento.

- **Durabilidad:** La durabilidad de los gaviones depende de la calidad de la malla, el tipo de recubrimiento y las condiciones del entorno. Las mallas galvanizadas o revestidas con PVC ofrecen mayor protección frente a la corrosión. Además, el desarrollo de vegetación sobre la estructura puede generar una cobertura natural que favorece su integración con el ambiente. La malla hexagonal de triple torsión también contribuye a su durabilidad, ya que evita que la estructura se desarme fácilmente ante cortes o daños localizados.
- **Resistencia:** Los gaviones trabajan de manera conjunta como un sistema estructural integrado, capaz de resistir esfuerzos de tracción, empujes del terreno y solicitaciones generadas por avenidas hidrológicas. Su comportamiento flexible les permite absorber parte de la energía producida por el flujo del agua, mientras que su permeabilidad ayuda a controlar la presión hidrostática.
- **Permeabilidad:** Los muros de gaviones permiten el paso del agua a través de los vacíos existentes entre las piedras de relleno. Esta condición favorece el drenaje, reduce la acumulación de presión hidrostática y contribuye a la estabilidad del talud o terreno protegido. Asimismo, la estructura porosa permite la circulación del aire y, cuando existe cobertura vegetal, la transpiración de las plantas ayuda a extraer parte de la humedad del suelo.
- **Firmeza:** La malla de acero de configuración hexagonal proporciona resistencia y flexibilidad frente a las presiones generadas por el agua, el suelo, el peso propio de la estructura y las corrientes. Además, gracias a la triple torsión, la malla no se desarma con facilidad aun cuando se produzca la rotura de algún alambre, evitando la pérdida inmediata del material pétreo.
- **Aspecto económico:** Los gaviones son más baratos que las estructuras rígidas o semirrígidas por las siguientes razones:

- Requiere mínimo mantenimiento estructural.
 - Su estructura es simple. No se necesitan trabajadores calificados. El árido se encuentra en el mismo lugar de trabajo o en una cantera cercana.
 - La superficie debe ser razonablemente lisa y uniforme.
 - Los gaviones son porosos y no requieren drenaje.
 - Una alternativa al hormigón y al hormigón no armado, con la misma resistencia, pero a la mitad del precio por metro cúbico.
- **Posibilidad de instalación en agua profunda:** Los gaviones pueden armarse y llenarse en lugares específicos para luego ser colocados en el área de intervención, incluso en zonas con presencia de agua. Esta característica facilita su uso en obras fluviales, defensas ribereñas y estructuras ubicadas en cauces o márgenes de ríos.
 - **Simplicidad de las obras:** Las obras con gaviones se caracterizan por su proceso constructivo sencillo. Sus principales limitaciones están relacionadas con la vida útil de la malla metálica y la disponibilidad de material pétreo adecuado para el relleno. Por ello, es importante seleccionar correctamente los materiales y considerar las condiciones del entorno donde será instalada la estructura.
 - **Conservación del paisaje:** Los gaviones favorecen la integración de la obra con el entorno natural, ya que permiten el crecimiento de vegetación entre sus vacíos y reducen el impacto visual de la estructura. Por esta razón, además de cumplir una función técnica, también pueden contribuir a la conservación y mejora del paisaje.

El uso de gaviones

- **Muros de contención:** Los gaviones pueden emplearse como muros de contención para sostener materiales que, por efecto de la gravedad, podrían deslizarse o desplazarse naturalmente. Estas estructuras permiten estabilizar taludes,

plataformas y márgenes de ríos, evitando fallas por empuje del terreno (Brighton, 2017).

- **Conservación de suelos:** Los gaviones también se utilizan para controlar procesos de erosión hídrica. La erosión acelerada puede generar pérdida de suelo fértil, especialmente en las partes altas y medias de las cuencas, transportando sedimentos hacia zonas bajas y afectando infraestructura hidráulica, agrícola, eléctrica y vial.
- **Control de ríos:** En obras fluviales, los gaviones permiten controlar desbordes, reducir procesos erosivos y proteger márgenes vulnerables. Gracias a su capacidad de contención y drenaje, contribuyen a disminuir riesgos en valles y zonas pobladas expuestas a inundaciones.
- **Decorativos:** Los gaviones también pueden emplearse con fines ornamentales en jardines, terrazas, espacios interiores y exteriores. Se utilizan para construir muros decorativos, bancas, jardineras, fuentes, pozos y elementos escultóricos, debido a su apariencia natural y versatilidad de diseño.

Medidas estructurales para la reducción del riesgo

Según Marín (2009), las medidas estructurales para la reducción del riesgo comprenden aquellas obras o construcciones destinadas a disminuir o evitar los posibles impactos ocasionados por eventos naturales, como inundaciones, erosión o deslizamientos. Estas medidas pueden agruparse en tres tipos principales:

a) Deterioro del muro de gaviones

Son aquellas estructuras destinadas a controlar grandes descargas de agua, cuya función principal es retener o regular el flujo hídrico. Estas obras buscan reducir los daños que podrían producirse por avenidas extraordinarias, aunque deben ser diseñadas adecuadamente para evitar fallas en sus propios sistemas de contención (Marín, 2009).

b) Estructuras de protección

Estas estructuras tienen como finalidad impedir el ingreso del agua hacia zonas urbanas o áreas vulnerables, brindando protección directa a la población y a la infraestructura existente. Para ello, pueden emplearse diferentes materiales resistentes, seleccionados según las condiciones del lugar y el nivel de riesgo identificado. Su propósito es reducir las consecuencias negativas de las inundaciones y mejorar la seguridad del área protegida (Marín, 2009).

c) Sistemas de drenaje

Los sistemas de drenaje permiten evacuar el agua acumulada en zonas críticas, como cabeceras de taludes, plataformas o áreas con escorrentía superficial. Estos sistemas ayudan a controlar el flujo del agua, reducir la presión hidrostática y liberar esfuerzos mediante estructuras permeables o materiales drenantes, como enrocados o gaviones (Marín, 2009). Asimismo, Giménez et al. (2020) señalan que los sistemas de drenaje están diseñados para trasladar el agua desde su punto de acumulación hacia una zona de descarga o disposición más segura.

2.2.2. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y NORMATIVA RNE E.030

La zonificación sísmica en el Perú está establecida por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones. Esta normativa clasifica el territorio nacional según el nivel de amenaza sísmica, considerando la aceleración horizontal máxima esperada. En ese sentido, la región Huánuco, donde se ubica el sector de Yanajanca, se encuentra dentro de una zona de alta actividad sísmica, por lo que las obras viales y estructuras de contención deben diseñarse incorporando acciones sísmicas que puedan influir en la estabilidad del talud y en el comportamiento del muro.

De acuerdo con la Norma E.030, la provincia de Marañón se ubica en la Zona 3, correspondiente a un nivel importante de peligro sísmico, con valores de aceleración horizontal asociados al diseño estructural. Esta condición exige considerar criterios de seguridad adicionales en el análisis y dimensionamiento de estructuras de contención, a fin de garantizar un adecuado desempeño frente a eventos sísmicos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

Espectro de Diseño y Aceleración Sísmica

Para el cálculo estructural del muro tipo gavión integrado al terraplén permeable, es necesario considerar el espectro elástico de diseño y la aceleración sísmica máxima efectiva expresada como S_a/g . Estos parámetros deben definirse en función del tipo de suelo, las condiciones topográficas y la zona sísmica donde se ubica el proyecto.

De acuerdo con el artículo 12 de la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (MVCS, 2018), se deben aplicar factores de amplificación sísmica según las características del suelo de fundación. En el caso de suelos granulares sueltos a medianamente compactos, como los identificados en la zona de estudio, el espectro elástico de diseño debe considerar la posible amplificación de las aceleraciones sísmicas. Por ello, el análisis estructural del sistema gavión–terraplén debe incorporar valores representativos de aceleración que permitan evaluar adecuadamente la estabilidad del muro frente a sollicitaciones sísmicas.

Esto afecta directamente:

- El empuje sísmico activo generado por el suelo sobre la estructura de contención.
- El dimensionamiento del muro de gavión frente a cargas dinámicas.
- La estabilidad sísmica global del sistema integrado muro–terraplén.

Teoría del Empuje Activo Sísmico

Además de los enfoques de empuje estático propuestos por Rankine y Coulomb, se aplicará el método de Mononobe–Okabe para estimar el empuje activo sísmico del suelo. Este modelo permite incorporar la influencia de la aceleración horizontal durante un evento sísmico, por lo que resulta adecuado para el análisis de estructuras de contención ubicadas en zonas de actividad sísmica.

El método de Mononobe–Okabe constituye una ampliación del criterio de Coulomb, ya que incorpora fuerzas sísmicas mediante un análisis pseudoestático. Para ello, considera coeficientes de aceleración horizontal (k_h) y vertical (k_v), los cuales permiten representar el efecto de las sollicitaciones sísmicas sobre el relleno y la estructura de contención (Seed & Whitman, 1970; Kramer, 1996).

Fuerzas que actúan sobre el gavión

De Suarez (2009), indica que las fuerzas consideradas al analizar la estabilidad de un muro de gaviones son (Ver figura 22):

Ea: El impulso activo

Ep: El impulso pasivo

P: El peso de la estructura

R: La reacción en la fundación

N: Fuerza Normal

T: Fuerza Tangente

Las fuerzas de inercia deben tenerse en cuenta en el análisis sísmico (Ver figura 23):

Horizontal: $I_h = C_h(P)$

Vertical: $I_v = C_v(P)$

Determinación del empuje

Según Almeida (2005), uno de los aspectos más importantes en el análisis de muros de contención es la correcta determinación de los esfuerzos efectivos que actúan sobre la estructura. Para ello, suelen emplearse las teorías de equilibrio límite y el criterio de Coulomb, debido a que permiten obtener valores representativos del empuje del suelo. Sin embargo, la precisión de estos resultados depende del uso adecuado de los parámetros geotécnicos del terreno, así como de las condiciones específicas del problema analizado. En ese sentido, para la determinación del empuje activo deben considerarse dos situaciones principales.

En el primer caso, la geometría del gavión presenta una superficie plana en contacto con el suelo retenido. Bajo esta condición, el plano de aplicación del empuje activo se encuentra claramente definido, lo que facilita el análisis de las fuerzas actuantes sobre la estructura. Ver figura 24.

En el segundo caso, los gaviones se disponen formando escalones en la cara que está en contacto con el relleno. En esta situación, resulta necesario establecer un plano equivalente o idealizado de aplicación del empuje activo, que permita representar adecuadamente la interacción entre el suelo y el muro escalonado. Ver figura 25.

Determinación del peso del muro

Almeida (2005) señala que, para realizar el análisis de estabilidad de un muro de gaviones, es fundamental determinar previamente el peso propio de la estructura. Este valor constituye una de las principales fuerzas resistentes frente al deslizamiento y al volteo.

El peso del muro de gaviones se obtiene multiplicando el área de la sección transversal de la estructura por el peso específico del material de relleno. De esta manera, se puede estimar la carga total que actúa

sobre el terreno de fundación y evaluar su contribución a la estabilidad global del sistema.

$$Y_g = Y_p(1 - n) \dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Y_g : El peso de relleno.

Y_p : El peso del agregado.

n : La porosidad material de relleno.

P : Peso.

$$P = Y_g * S \dots \text{Ecuación 2}$$

Se dividen S en triángulos y se determina el centroide y el área de cada triángulo para determinar la ubicación del centroide de la región S . Ver figura 26.

Por otro lado, también se puede determinar el peso de del muro de la siguiente manera:

- Peso de cada bloque: El peso específico del suelo y el volumen correspondiente se multiplican por el 80% de los vacíos del gavión.
- Volumen del gavión:

$$V = b * a * h \dots \text{Ecuación 3}$$

El siguiente modelo se muestra para analizar el peso de cada bloque:

$$W = Y_{roca} * V * 0.8 \dots \text{Ecuación 4}$$

Verificación de estabilidad contra el vuelco

Almeida (2005) señala que el vuelco de un muro de gaviones puede producirse cuando el momento generado por el empuje activo del suelo supera a los momentos resistentes proporcionados por el peso propio de la estructura y, de considerarse en el análisis, por el empuje pasivo. Esta

condición representa una situación crítica, ya que puede comprometer la estabilidad global del muro. Ver figura 27.

El coeficiente de seguridad frente al vuelco se determina mediante la relación entre la sumatoria de los momentos resistentes y la sumatoria de los momentos actuantes o de volteo, expresándose de la siguiente manera:

$$FS_v = \frac{M_p + M_{Ep}}{M_{Ea}} \dots \text{Ecuación 5}$$

Considerando que el momento de vuelco es generado principalmente por la componente horizontal del empuje activo, mientras que la componente vertical de dicho empuje contribuye al momento resistente, también puede emplearse una expresión alternativa para determinar el factor de seguridad frente al vuelco.

$$FS_v = \frac{M_p + M_{Ep} + M_{Eav}}{M_{Ea}} \dots \text{Ecuación 6}$$

Se recomienda que $FS_v \geq 1,5$ sea el valor mínimo del coeficiente de seguridad para evitar el vuelco

Verificación de estabilidad contra el deslizamiento

Almeida (2005), indica que el deslizamiento de una estructura de contención se produce cuando la resistencia disponible en la base del muro no es suficiente para contrarrestar el empuje activo del suelo. Esta condición puede generar el desplazamiento horizontal del muro, comprometiendo su estabilidad y funcionamiento. Ver figura 28.

$$FS_d = \frac{T_d + E_{pd}}{E_{ad}} \dots \text{Ecuación 7}$$

Donde:

Epd: El componente del empuje pasivo.

Ead: El componente del empuje activo.

Td: La resistencia a lo largo de la base de la estructura.

La resistencia T_d se calcula de la siguiente manera:

$$T_d = N \cdot \tan \delta + a * B \dots \text{Ecuación 8}$$

Donde

δ : El ángulo de fricción que existe entre la base de la estructura y la cimentación.

N : La fuerza normal

La fuerza normal se analiza mediante la siguiente fórmula:

$$N = P \cdot \cos \beta + E_a \cdot \cos(\alpha - \delta - \beta) \dots \text{Ecuación 9}$$

Los valores sugeridos para δ^* y a son:

$$\frac{2}{3} \tan \phi \leq \tan \delta^* \leq \tan \phi \dots \text{Ecuación 10}$$

2.2.3. MOVIMIENTO EN MASA

Andino (2007) señala que los movimientos en masa corresponden al desplazamiento descendente de materiales como suelo, roca o una combinación de ambos, producido principalmente por la acción de la gravedad. Estos movimientos pueden presentarse de distintas formas; algunos son lentos, progresivos y difíciles de percibir, como la reptación del terreno, mientras que otros pueden desarrollarse de manera rápida y con límites claramente definidos, como ocurre en los deslizamientos, donde se identifican superficies de falla.

Tipos de movimientos en masa

Andino (2007) indica que los movimientos en masa pueden clasificarse en diferentes categorías, entre ellas: caída, volcamiento, deslizamiento, flujo, extensión o propagación lateral, y reptación.

Tabla 3*Tipo de movimiento en masa*

Tipos	Subtipos
Caídas	Caída de rocas (escombros o tierra).
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) y volcamiento flexural de roca del macizo rocoso.
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, desplazamiento en cuña y deslizamiento rotacional.
Propagación lateral	Propagación lateral lenta y propagación lateral por licuación (rápida).
Flujo	Flujo de detritos, crecida de detritos, flujos de lodo, flujo de tierra, flujo de turba, avalancha de detritos, avalancha de rocas, deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada).
Reptación	Reptación de suelos y solifluxión, gelifluxión (en permafrost).

Fuente: Andino (2007).

Braja (2001) señala que cada tipo de movimiento en masa puede presentar un determinado rango de velocidad, el cual constituye un parámetro relevante para su análisis. Esta velocidad se relaciona directamente con la intensidad del fenómeno y con el nivel de peligrosidad que puede representar para el terreno, las estructuras y la población expuesta.

Tabla 4*Escala de velocidades*

Clasificación de velocidades	Descripción	Velocidad típica
1	Extremadamente lenta	
2	Muy lenta	16 mm/año
3	Lenta	1,6 mm/año
4	Moderada	13 m/mes
5	Rápida	1,8 m/h
6	Muy rápido	3 m/min
7	Extremadamente rápido	5 m/s

Fuente: Andino (2007).

Volcamiento o Toppling

Suárez (2009) señala que el volcamiento es un tipo de movimiento en masa que se produce cuando una o varias unidades de suelo o roca giran hacia adelante, teniendo como punto de rotación una zona ubicada por debajo de su centro de gravedad. Este fenómeno se presenta con mayor frecuencia en macizos rocosos; sin embargo, también puede ocurrir en suelos secos, cohesivos o residuales.

En el caso de los desprendimientos rocosos, las fracturas existentes condicionan las características del movimiento. Asimismo, factores como la presencia de grietas de tensión, la cohesión del material, la altura del talud y la masa involucrada influyen en el volumen desplazado, la magnitud del movimiento y la probabilidad de que se produzcan fallas como colapsos, caídas o flujos en pendientes de suelo. Ver figura 29.

Deslizamiento o Landslides

Suárez (2009) menciona que el deslizamiento en masa corresponde al desplazamiento de una masa de suelo o roca a lo largo de una o varias superficies de falla, generalmente asociadas a esfuerzos de corte. Estas superficies pueden identificarse con relativa facilidad o presentarse dentro de una zona delgada de deformación. Los deslizamientos pueden involucrar una sola masa en movimiento o estar conformados por varias masas semiindependientes que se desplazan de manera conjunta o diferenciada.

Asimismo, el movimiento puede desarrollarse de forma progresiva, es decir, no necesariamente se inicia al mismo tiempo en toda la superficie de falla, sino que puede avanzar gradualmente. La superficie de ruptura corresponde a una zona de cierto espesor donde se producen deformaciones, cambios de volumen y desplazamientos relacionados con la fractura o daño del material debido a los esfuerzos cortantes.

a) Deslizamiento Rotacional (rotacional slide, slump)

El deslizamiento rotacional se caracteriza por presentar una superficie de falla de forma cóncava hacia arriba, donde la masa desplazada gira alrededor de un eje aproximadamente paralelo a la superficie del terreno. En este tipo de movimiento, el centro de rotación se ubica por encima del centro de gravedad de la masa inestable. Generalmente, este deslizamiento genera grietas concéntricas y curvas en dirección del movimiento, además de una zona de hundimiento en la parte superior y una zona de desplazamiento en la parte inferior. En algunos casos, el material acumulado en la parte baja puede transformarse en flujos o desplazamientos secundarios. Ver figura 30 (Suárez, 2009).

b) Deslizamiento Traslacional (traslacional slide)

Andino (2007) señala que el deslizamiento traslacional ocurre cuando una masa de suelo o roca se desplaza a lo largo de una superficie de falla plana, lisa o ligeramente ondulada. A diferencia del deslizamiento rotacional, este movimiento suele ser más superficial y se desarrolla con frecuencia sobre discontinuidades existentes, como fallas, juntas, planos de estratificación o contactos entre el macizo rocoso y el suelo residual o transportado que lo recubre.

Este tipo de falla puede presentarse en macizos rocosos cuando la discontinuidad geológica tiene una orientación desfavorable hacia el talud y su inclinación supera el ángulo de fricción del material. Los deslizamientos traslacionales pueden alcanzar velocidades considerables, por lo que representan un riesgo importante en zonas de pendiente inestable. Ver figura 31.

2.2.4. DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES

Pre-dimensionamiento del muro de gaviones tipo cajón

Avilés (2014) señala que, para el predimensionamiento de muros de contención con gaviones, deben considerarse criterios básicos que

permitan garantizar una adecuada estabilidad inicial de la estructura. Entre estos criterios se encuentran los siguientes:

- La base del muro de gaviones debe ser, como mínimo, igual o mayor a la mitad de la altura total de la estructura, es decir, ($B \geq 0.5H$). Ver figura 32.
- El ancho de la parte superior del muro debe ser de al menos 1.00 m, con la finalidad de asegurar una adecuada configuración geométrica y constructiva. Ver figura 33.
- La profundidad de empotramiento o cimentación del muro de gaviones debe ser como mínimo de 0.30 m o equivalente a ($H/10$), según corresponda, con el propósito de incrementar la resistencia y estabilidad de la estructura. Ver figura 34.

Análisis de estabilidad de talud

Según Suárez (2009), el método de equilibrio límite mediante dovelas permite determinar el coeficiente de seguridad de un talud, con la finalidad de evaluar si este se encuentra en condición estable o inestable. Este procedimiento se basa en principios de equilibrio estático, considerando los momentos y fuerzas actuantes y resistentes que intervienen en la masa de suelo analizada.

El método de equilibrio límite parte del supuesto de que, en la superficie de falla, las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes pueden compararse para establecer el factor de seguridad. Cuando dicho factor es igual a 1.0, se considera que el talud se encuentra en una condición límite de equilibrio, es decir, próximo a la falla. Para realizar el análisis, la masa potencialmente inestable puede dividirse en rebanadas o dovelas, aunque también existen procedimientos que evalúan directamente toda la superficie de falla.

Los métodos basados en dovelas han evolucionado con el tiempo y actualmente pueden desarrollarse con apoyo de software especializado, lo que facilita su aplicación en estudios geotécnicos. Sin embargo, muchos de estos procedimientos requieren procesos iterativos

y presentan distintos niveles de precisión, dependiendo de las hipótesis asumidas y del método utilizado.

Por tanto, entre los métodos más empleados dentro del análisis de equilibrio límite se encuentran los siguientes:

Tabla 5

Métodos para obtener el coeficiente de seguridad

Autor	Parámetros	Inclinación del Talud	Método Analítico Utilizado
Taylor (1966)	Cu, c, φ	0 - 90°	$\varphi=0$ Círculo de fricción
Bishop y Morgenstern	c, φ , ru	11 – 26.5°	Bishop
Gibsson y Morgenstern	cu	0 – 90°	$\varphi=0$
Spencer (1967)	c, φ , ru	0 – 34°	Spencer
Janbú (1968)	cu c, φ , ru	0 – 90°	$\varphi=0$ Janbú GPS
Hunter y Schuster (1968)	cu	0 – 90°	$\varphi=0$
Chen y Giger (1971)	c, φ	20 – 90°	Análisis límite
O'Connor y Michell (1977)	c, φ , ru	11 – 26°	Bishop
Hoek Bray (1977)	c, φ , cu	0 – 90° 0 – 90°	Círculo de fricción Cuña
Cousins (1978)	C, φ	0 – 45°	Círculo de fricción
Charles y Soares (1984)	φ	26 – 63°	Bishop
Barnes (1991)	c, φ , ru	11 – 63°	Bishop

Fuente: Suarez (2009).

Análisis de equilibrio

Según Suárez (2009), los modelos de equilibrio consideran los principales factores que influyen en la estabilidad de los taludes. Entre estos se encuentran las condiciones geológicas, la geometría del talud, las cargas dinámicas producidas por eventos sísmicos, el flujo de agua, las propiedades resistentes del suelo y su peso unitario. Sin embargo, no todos los factores que afectan la estabilidad pueden ser cuantificados

e incorporados de manera precisa en un modelo matemático de equilibrio límite. Por esta razón, en determinados casos, este enfoque puede no representar completamente el comportamiento real del talud.

- **Peso unitario**

Suárez (2009) indica que el peso unitario es uno de los parámetros más sencillos de determinar dentro del análisis de estabilidad de taludes. Aunque su influencia sobre el factor de seguridad suele ser menor en comparación con otros parámetros, resulta necesario considerarlo adecuadamente. Para ello, debe diferenciarse el peso húmedo del suelo ubicado por encima del nivel freático y el peso saturado correspondiente al suelo situado por debajo de dicho nivel. Asimismo, cuando existe presencia de agua subterránea, esta no debe ser ignorada, especialmente si se emplean pesos sumergidos en el análisis. La densidad saturada puede estimarse considerando la gravedad específica de los sólidos, cuyo valor para la mayoría de suelos suele aproximarse a 2.68. Ver figura 35.

- **Resistencia al corte**

La resistencia al corte utilizado en el análisis de estabilidad puede determinarse mediante ensayos de laboratorio o de campo. Para ello, es necesario considerar si el suelo se encuentra bajo condiciones drenadas, no drenadas o parcialmente saturadas. Los parámetros empleados deben representar adecuadamente los niveles de esfuerzo existentes en las posibles superficies de falla. En aquellos casos donde el talud ya ha presentado fallas o deformaciones previas, se recomienda utilizar valores de resistencia residual, debido a que estos reflejan mejor la condición posterior al daño del material (Suárez, 2009).

En condiciones no drenadas, el ángulo de fricción de un suelo completamente saturado puede considerarse igual a cero. En cambio, para suelos parcialmente saturados, como arcillas compactadas o suelos arcillosos ubicados por encima del nivel freático, la resistencia no drenada debe obtenerse mediante ensayos no consolidados y no drenados, empleando muestras con un grado de saturación similar al del suelo en campo (Suárez, 2009).

- **Las condiciones drenadas o no drenadas**

Las fallas en taludes pueden producirse bajo condiciones drenadas o no drenadas. Cuando la inestabilidad se genera por un cambio de carga, como la excavación en la parte inferior del talud o el incremento de carga en la parte superior, los suelos de baja permeabilidad pueden no contar con tiempo suficiente para disipar el exceso de presión de poros. En este caso, el comportamiento se considera no drenado. Por el contrario, cuando el suelo tiene permeabilidad suficiente para permitir la disipación de las presiones intersticiales, el análisis puede realizarse bajo condiciones drenadas (Suárez, 2009).

- **Los esfuerzos totales y efectivos**

Los problemas de estabilidad de taludes pueden analizarse considerando esfuerzos totales o esfuerzos efectivos. Debido a que la resistencia del suelo está controlada por los esfuerzos efectivos, estos pueden emplearse tanto en condiciones drenadas como no drenadas. No obstante, en la práctica, resulta difícil estimar con precisión el incremento de presión de poros generado por cambios de carga, especialmente en análisis no drenados. Por esta razón, la elección entre esfuerzos totales y efectivos debe realizarse

según las condiciones del suelo, el tipo de carga y el plazo de análisis considerado (Suárez, 2009).

- **Estabilidad a corto y a largo plazo**

En el análisis de estabilidad a corto plazo, debe considerarse que algunos suelos no tienen capacidad suficiente para disipar rápidamente las presiones intersticiales generadas por cambios de carga. Esta condición es común en arcillas y limos de baja permeabilidad. Para estos casos, especialmente en suelos normalmente consolidados, se recomienda emplear análisis con esfuerzos totales. En cambio, para la estabilidad a largo plazo, se asume que el suelo ha tenido tiempo suficiente para drenar y disipar el exceso de presión de poros, por lo que puede evaluarse mediante esfuerzos efectivos. Aunque también es posible realizar análisis de corto plazo con esfuerzos efectivos, la principal dificultad radica en estimar o medir adecuadamente las presiones intersticiales generadas durante el proceso de carga (Suárez, 2009).

Factor de seguridad (F.S.)

Los ingenieros emplean el factor de seguridad como un parámetro fundamental para evaluar la estabilidad de un talud frente a las condiciones más críticas consideradas en el diseño. Este coeficiente permite estimar el nivel de seguridad disponible antes de que se produzca una falla o colapso del terreno (Suárez, 1998).

Según Braja (2001), el factor de seguridad se define como la relación entre la resistencia promedio al corte del suelo y el esfuerzo cortante promedio que actúa sobre la superficie potencial de falla. Esta relación puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$FS_s = \frac{T_f}{T_d} \dots \text{Ecuación 11}$$

Donde:

FSs: Es el coeficiente de seguridad.

Tf: Es la resistencia cortante.

Td: Es el esfuerzo cortante.

De acuerdo con este criterio, cuando el valor de ($FS > 1$) es mayor que 1, el talud presenta una condición estable, ya que la resistencia disponible supera los esfuerzos actuantes. En cambio, cuando ($FS = 1$), el talud se encuentra en condición límite de equilibrio, por lo que existe riesgo de falla inmediata si se incrementan las solicitaciones o disminuye la resistencia del suelo.

Para análisis estáticos, generalmente se considera que un talud presenta condiciones adecuadas de estabilidad cuando el factor de seguridad es mayor a 1.5. Valores inferiores a este límite pueden indicar una condición inestable o susceptible a fallas, entre ellas deslizamientos rotacionales u otros mecanismos de movimiento en masa. En ese sentido, para el presente análisis de estabilidad de taludes se adoptó un factor de seguridad acorde con los criterios establecidos en la normativa nacional aplicable.

Tabla 6

Representación de grietas a tensión para análisis del equilibrio límite

Condición analiza	FS mínimo requerido	Talud
Condición Estática	1.5	Aguas arriba y aguas abajo.
Condición Sísmico	1.25	Aguas arriba y aguas abajo.

Fuente: CE.020 (2016).

Por otro lado, Braja (2001) señala que el factor de seguridad permite evaluar la condición de estabilidad de un talud. Un valor igual a 1 representa una condición límite de equilibrio, mientras que un valor de

1.5 se considera adecuado para garantizar la estabilidad en análisis geotécnicos estáticos.

Cargas vehiculares y peatonales

- **Carga de los vehículos**

De acuerdo con el Manual DG (2018), los vehículos que circulan por la vía se clasifican según el tipo de vehículo: categoría L, N, M, O y S.

Los vehículos de la categoría L (L1, L2, L3, L4 y L5) tienen menos de cuatro ruedas y el L5 tiene un peso total máximo de una tonelada.

La categoría M incluye vehículos de cuatro o más ruedas que están destinados a transportar pasajeros. Los vehículos de la categoría M1, M2 y M3 tienen un peso bruto de 5 ton o menos, mientras que los vehículos de la categoría M3 tienen un peso bruto de más de 5 ton.

La categoría N incluye vehículos de cuatro o más ruedas destinados al transporte de mercancías. La categoría N1 tiene de 3,5 ton o menos, la categoría N2 con 3,5 ton hasta 12 ton y la categoría N3 de 12 ton o más.

La categoría O: los vehículos de la categoría O1, O2, O3 y O4 tienen de 0.75 ton o menos, mientras que la categoría O2 tiene más de 0.75 ton hasta 3.5 ton, la categoría O3 tiene de más de 3.5 ton hasta 10 ton y la categoría O4 tiene superior a 10 ton.

La categoría S incluye los automóviles de las categorías M, N u O que transportan pasajeros o bienes y requieren carrocería y/o equipamiento especial para realizar una función específica. Estos incluyen casas rodantes (SA), vehículos blindados para el transporte de valores (SB), ambulancias (SC) y vehículos funerarios (SD).

- **Cargas peatonales**

Del Manual DG (2018) se va a considerar 5 Kn/m² en la distribución de cargas peatonales.

2.2.5. PERMEABILIDAD

La permeabilidad es una propiedad física del suelo que expresa su capacidad para permitir el flujo de agua a través de los vacíos existentes entre sus partículas. Esta característica resulta fundamental en el campo de la ingeniería geotécnica, especialmente cuando se diseñan terraplenes permeables, ya que un adecuado comportamiento hidráulico contribuye a evitar la acumulación de agua, el incremento de la presión de poros y la aparición de procesos de inestabilidad, como erosión interna, sifonamiento o fallas asociadas a licuefacción (Coduto, 2013).

Según Terzaghi y Peck (1996), la permeabilidad está influenciada por diversos factores, entre ellos el tamaño de las partículas del suelo, la viscosidad del fluido, la temperatura y el grado de compactación. En suelos granulares, como gravas y arenas limpias, la permeabilidad suele ser elevada, debido al mayor tamaño de sus vacíos. En cambio, en suelos finos, como limos y arcillas, esta propiedad es considerablemente menor por la reducida dimensión de sus poros.

- **Importancia de la permeabilidad en terraplenes viales**

En las plataformas de acceso a puentes carrozables, el uso de terraplenes permeables resulta importante porque permite disipar de manera más eficiente la presión hidrostática y mejorar la capacidad de soporte del terreno frente a condiciones climáticas adversas. Esta característica es especialmente relevante en sectores como Yanajanca, donde los suelos pueden experimentar saturación estacional debido a las lluvias intensas y a la presencia de escorrentía superficial.

La permeabilidad del terraplén favorece el drenaje interno del sistema, lo que contribuye a disminuir las presiones intersticiales, mejorar la estabilidad estructural del conjunto gavión–terraplén y reducir el riesgo de fallas asociadas al empuje del agua. En ese sentido, Das (2011) señala que un drenaje deficiente en un terraplén puede incrementar el empuje activo del suelo, ocasionando desplazamientos, deformaciones o fisuras en la infraestructura cercana.

- **Permeabilidad de los Muros Gavión y su Integración con el Terraplén**

Los muros de gavión, al estar conformados por canastas de malla metálica rellenas con material pétreo, presentan una elevada permeabilidad debido a los vacíos existentes entre las piedras. Esta condición permite la evacuación rápida del agua y evita su acumulación detrás de la estructura. Cuando estos muros se integran con un terraplén permeable, forman un sistema combinado que cumple funciones estructurales e hidráulicas, ya que proporciona soporte y contención, al mismo tiempo que facilita el drenaje y la disipación de presiones.

Esta interacción resulta especialmente útil en zonas rurales o de difícil acceso, donde las soluciones convencionales, como muros de concreto armado o sistemas complejos de drenaje subterráneo, pueden ser más costosas y difíciles de ejecutar. Según García (2017), los gaviones no solo cumplen una función de contención, sino que también actúan como elementos drenantes, evitando la acumulación de agua detrás de los taludes.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

Es la máxima presión que el suelo puede resistir sin presentar fallas por corte ni deformaciones excesivas que comprometan la estabilidad de la estructura apoyada sobre él. Generalmente se expresa en unidades de presión, como kN/m^2 o kgf/cm^2 (Terzaghi y Peck, 1967, p. 213).

CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

Es un tipo de cimentación que transmite las cargas de una estructura hacia estratos poco profundos del terreno. Se emplea comúnmente en estructuras livianas o de baja altura, como los muros de gavión, siempre que el suelo de apoyo presente condiciones adecuadas de resistencia (Bowles, 1988, p. 403).

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

Se refiere a la respuesta que presenta una estructura frente a las cargas y sollicitaciones a las que se encuentra sometida. Su análisis permite determinar fuerzas internas, deformaciones y desplazamientos, con la finalidad de verificar que la estructura cuente con la resistencia y rigidez necesarias para su adecuado funcionamiento (Hibbeler, 2010, p. 3).

DISEÑO GEOTÉCNICO

Es el proceso mediante el cual se dimensionan y verifican obras de ingeniería considerando las propiedades mecánicas del suelo, la resistencia al corte, las condiciones de drenaje, la capacidad portante y los factores de estabilidad requeridos para garantizar un comportamiento seguro de la estructura (Bowles, 1988, p. 1).

EMPUJE ACTIVO DEL SUELO

Es la presión lateral que ejerce una masa de suelo sobre una estructura de contención cuando esta tiende a desplazarse ligeramente alejándose del relleno. Su magnitud depende de factores como el peso unitario del suelo, la cohesión, el ángulo de fricción interna, la humedad, la geometría del terreno y la inclinación del talud (Terzaghi y Peck, 1967, p. 200).

EROSIÓN HÍDRICA

Es el proceso mediante el cual el agua desprende, transporta y deposita partículas del suelo, generando pérdida progresiva de material en superficies expuestas. En obras viales rurales, este fenómeno puede afectar taludes, plataformas y accesos, reduciendo su estabilidad y vida útil (García, 2008, p. 21).

ESTABILIDAD DE TALUDES

Es el análisis del equilibrio de una masa de suelo o roca ubicada sobre una superficie inclinada. Consiste en comparar la resistencia al corte del terreno con las fuerzas que tienden a producir el deslizamiento, como el peso propio, la infiltración de agua, las sobrecargas o las acciones sísmicas. Su evaluación permite determinar la posibilidad de falla a lo largo de una superficie de ruptura (Terzaghi y Peck, 1967, p. 229).

FACTOR DE SEGURIDAD (FS)

Es la relación entre la resistencia disponible de un sistema y las sollicitaciones que actúan sobre él. En el análisis de taludes y muros de contención, permite evaluar si la estructura presenta condiciones adecuadas de estabilidad. Generalmente, para análisis estáticos, un valor mayor a 1.5 se considera aceptable como criterio de seguridad (Coduto, 1999, p. 607).

GEOTECNIA

Es una rama de la ingeniería civil encargada del estudio del comportamiento de los suelos y las rocas, con el propósito de aplicarlo al diseño, construcción y evaluación de obras de infraestructura. Comprende ensayos de campo y laboratorio orientados a caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del terreno (Bowles, 1988, p. 15).

MURO DE GAVIÓN

Es una estructura de contención formada por cestas o cajas de malla metálica rellenas con piedras seleccionadas. Se caracteriza por su flexibilidad, permeabilidad y facilidad constructiva, por lo que se emplea en la estabilización de taludes, control de erosión, defensa ribereña y contención de suelos en zonas con pendientes o presencia de agua (Maccaferri, 2010, p. 3).

PERMEABILIDAD

Es la propiedad del suelo que expresa la facilidad con la que el agua puede circular a través de sus vacíos o poros. Esta condición depende del tamaño y distribución de las partículas, la estructura del suelo, el grado de saturación y la compactación del material (Coduto, 1999, p. 220).

PLATAFORMA DE RODADURA

Es la parte de la vía destinada directamente al tránsito vehicular, conformada por la calzada y las zonas transitables necesarias para la circulación segura. Su estabilidad, conservación y adecuado mantenimiento son esenciales para garantizar la seguridad y continuidad del transporte (MTC, 2018).

TALUD

Es una superficie inclinada del terreno, natural o construida artificialmente, que puede encontrarse en laderas, cortes de carretera,

terraplenes o excavaciones. Su estabilidad depende de factores como el tipo de suelo, la pendiente, la humedad, la compactación y las cargas actuantes (Das, 2015, p. 334).

TERRAPLÉN

Es una estructura construida con material de suelo seleccionado y compactado, colocada sobre el terreno natural con la finalidad de elevar el nivel de una vía, plataforma o infraestructura. Su diseño debe considerar criterios geotécnicos, hidráulicos y estructurales que aseguren su estabilidad, resistencia y durabilidad durante su vida útil (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 10).

TERRAPLÉN PERMEABLE

Es un terraplén conformado principalmente por materiales granulares que permiten el paso del agua a través de su masa. Su función es favorecer el drenaje interno, reducir la acumulación de presión hidrostática y contribuir a la estabilidad de plataformas viales, especialmente en zonas expuestas a lluvias, escorrentías o presencia de agua subterránea (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 42).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H₁: La integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable mejora significativamente el comportamiento estructural y la estabilidad de plataformas de acceso a puentes carrozables en la zona de Yanajanca, Marañón 2025.

H₀: La integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable no mejora significativamente el comportamiento estructural ni la estabilidad de plataformas de acceso a puentes carrozables en la zona de Yanajanca, Marañón 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H_{1.1}: El muro tipo gavión resiste adecuadamente las solicitaciones estructurales del terreno y la carga vehicular en las plataformas de acceso.

H_{0.1}: El muro tipo gavión no resiste adecuadamente las solicitaciones estructurales del terreno y la carga vehicular en las plataformas de acceso.

H_{1.2}: El terraplén permeable mejora el drenaje interno y reduce las presiones hidrostáticas, aumentando la estabilidad del sistema.

H_{0.2}: El terraplén permeable no mejora el drenaje interno y tampoco reduce las presiones hidrostáticas, aumentando la estabilidad del sistema.

H_{1.3}: El sistema integrado gavión–terraplén tiene un comportamiento más eficiente frente a las condiciones geotécnicas del terreno local comparado con estructuras tradicionales.

H_{0.3}: El sistema integrado gavión–terraplén no tiene un comportamiento más eficiente frente a las condiciones geotécnicas del terreno local comparado con estructuras tradicionales.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño estructural de muro tipo gavión.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Estabilidad estructural de la plataforma.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN INTEGRADOS A UN TERRAPLÉN PERMEABLE PARA LA ESTABILIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE ACCESO A PUENTES CARROZABLES: CASO YANAJANCA, MARAÑÓN 2025”

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Diseño estructural de muro tipo gavión	Proceso técnico de dimensionamiento y especificación de un muro tipo gavión, considerando su geometría, materiales, capacidad drenante y procedimiento constructivo, con la finalidad de garantizar su estabilidad y función de contención.	Diseño estructural	Altura, base y coronación del muro	Metros lineales (m)	Cuantitativa continua
		Materiales del gavión tipo cajón	Tipo de piedra y tipo de malla metálica	Identificación cualitativa / clasificación ASTM	Cuantitativa nominal
		Capacidad de drenaje y permeabilidad	Porosidad y permeabilidad del muro	% de vacíos; ensayo de permeabilidad (L/h o cm/s)	Cuantitativa continua
		Método constructivo	Procedimiento de instalación	Ficha técnica constructiva	Cuantitativa nominal
		Estabilidad del talud	Factor de seguridad al deslizamiento	FS $\geq$ 1.50	Cuantitativa continua
Estabilidad estructural de la plataforma	Condición de seguridad y comportamiento mecánico de la plataforma de acceso, expresada en su capacidad para resistir deslizamientos, deformaciones, socavación y pérdida de funcionalidad ante cargas y agentes externos.	Comportamiento estructural del conjunto	Deformación máxima esperada	Milímetros (mm), medición topográfica	Cuantitativa continua
		Control de erosión y socavación	Nivel de socavación en periodo crítico	Metros o centímetros; registro topográfico	Cuantitativa continua
		Seguridad estructural vial	Operatividad de la plataforma	Porcentaje de operatividad antes y después de la obra	Cuantitativa continua
		Durabilidad	Mantenimiento requerido en un periodo determinado	Frecuencia anual / número de intervenciones	Cuantitativa discreta

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación aplicada tiene como finalidad atender problemas concretos de la realidad mediante el uso de conocimientos científicos y técnicos. Este tipo de estudio no se limita a describir o explicar un fenómeno, sino que busca proponer alternativas prácticas que contribuyan a mejorar una situación específica.

En ese sentido, la presente investigación fue de tipo aplicada, debido a que estuvo orientada al diseño y evaluación estructural de muros tipo gavión integrados a un terraplén permeable, como alternativa para estabilizar las plataformas de acceso al puente carrozable de Yanajanca, en la provincia de Marañón. Por tanto, el estudio no se centró únicamente en el análisis teórico del problema, sino en el planteamiento de una solución técnica viable para futuras intervenciones en la zona de estudio.

3.1.1. ENFOQUE

De acuerdo con Hernández et al. (2014), el enfoque cuantitativo se caracteriza por la medición objetiva de variables, el procesamiento numérico de datos y el empleo de procedimientos estandarizados para comprobar hipótesis o establecer relaciones entre variables.

La investigación presentó un enfoque cuantitativo, debido a que evaluó el comportamiento geotécnico y estructural del sistema conformado por el muro tipo gavión y el terraplén permeable mediante cálculos, modelamientos y análisis numéricos. Para ello, se consideraron parámetros como el factor de seguridad, empuje activo, deformación, capacidad portante y permeabilidad, entre otros. Asimismo, el uso de software especializado, como GEO5, Slide2 o herramientas similares, permitió analizar técnicamente el desempeño del diseño propuesto.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Según Hernández et al. (2014), el nivel explicativo busca identificar las causas de un fenómeno y establecer relaciones entre variables, permitiendo comprender cómo y por qué se produce determinada situación.

El nivel de la investigación fue explicativo, ya que se analizó la relación entre el diseño estructural del muro tipo gavión integrado al terraplén permeable, considerado como variable independiente, y la estabilidad estructural de la plataforma de acceso al puente carrozable, considerada como variable dependiente. A partir de este análisis, se buscó explicar de qué manera el sistema propuesto contribuye a mejorar la estabilidad del talud, reducir los efectos de erosión y socavación, y favorecer la durabilidad de la vía.

3.1.3. DISEÑO

Hernández et al. (2014) señalan que el diseño no experimental se aplica cuando el investigador no manipula deliberadamente las variables, sino que observa y analiza los fenómenos en su contexto natural. Asimismo, el diseño transversal permite recolectar y analizar información en un momento determinado.

La presente investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental de corte transversal, debido a que no se modificaron directamente las condiciones reales del terreno, sino que se analizaron sus características actuales, los problemas de estabilidad existentes y los parámetros geotécnicos y estructurales necesarios para el diseño. La información fue obtenida mediante ensayos, observaciones, levantamiento de datos y modelamientos técnicos realizados en un periodo específico, correspondiente al estudio del acceso al puente carrozable de Yanajanca.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la población se entiende como el conjunto total de elementos, unidades o casos que comparten características comunes y que son considerados como objeto de estudio dentro de una investigación.

En la presente investigación aplicada, la población fue definida desde un criterio espacial, considerando como unidad de análisis la longitud total de la plataforma de acceso al puente carrozable ubicado en el sector de Yanajanca, distrito de Santa Rosa de Alto Yanajanca, provincia de Marañón. Esta plataforma vial presenta una extensión total de 234.45 metros lineales, delimitada topográficamente mediante coordenadas en el sistema UTM WGS84.

Población: Eje vial de estudio comprende una extensión total de 234.45 metros

Punto de inicio	Punto final
Progresiva 0+000.00	Progresiva 0+234.45
Este: 356081.079	Este: 356278.622
Norte: 9044704.487	Norte: 9044829.132
Cota: 545.38 m.s.n.m.	Cota: 543.91 m.s.n.m.

3.2.2. MUESTRA

La muestra constituye una parte representativa de la población, seleccionada con la finalidad de realizar el estudio de manera más precisa, viable y acorde con los objetivos de la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

De acuerdo con la naturaleza técnica y estructural del estudio, se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, debido a que se seleccionó deliberadamente el tramo de la plataforma vial que presentaba mayores condiciones de criticidad, tales como inestabilidad, erosión hídrica, pérdida de soporte y riesgo para la circulación vehicular.

En ese sentido, la muestra estuvo conformada por un tramo crítico de 60.00 metros lineales de la plataforma de rodadura. Sobre este sector se proyectó la evaluación del sistema integrado por muro tipo gavión y terraplén permeable, considerando sus condiciones geotécnicas, hidráulicas y estructurales. El tramo de intervención fue delimitado mediante coordenadas en el sistema UTM WGS84.

Muestra: Eje vial de estudio comprende una extensión total de 60.00 metros

Punto 01 – Inicio del tramo crítico:	Punto 02 - Fin del tramo crítico:
Progresiva 0+070.00	Progresiva 0+130.00
Este: 356136.640	Este: 356222.093
Norte: 9044746.616	Norte: 9044797.974
Cota: 543.00 m.s.n.m.	Cota: 542.50 m.s.n.m.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se empleó la técnica de observación técnica estructurada, mediante visitas de campo realizadas en la zona de estudio, ubicada en el sector de Yanajanca, provincia de Marañón. Esta técnica permitió identificar las condiciones actuales de la plataforma de acceso al puente carrozable, así como registrar información geotécnica, topográfica, hidráulica y estructural relacionada con los problemas de estabilidad, erosión, socavación y comportamiento del terreno.

Como instrumentos de recolección se utilizaron fichas de inspección técnica de la plataforma vial, formatos de levantamiento topográfico, fichas de identificación de patologías geotécnicas, registro fotográfico y georreferenciación mediante GPS. Asimismo, se recopiló información secundaria, como planos, expedientes técnicos anteriores e imágenes satelitales proporcionadas por la Municipalidad Provincial de Marañón.

Además, se realizaron ensayos de campo y laboratorio para la caracterización del suelo, tales como análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de Atterberg, permeabilidad y corte directo. Estos ensayos se desarrollaron considerando los procedimientos establecidos en normas ASTM y en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para la presentación de los datos obtenidos, la información fue organizada en tablas, fichas técnicas, planos, figuras, fotografías y cuadros comparativos. Los resultados topográficos se representaron mediante coordenadas, progresivas, cotas y secciones del tramo evaluado. Asimismo, los datos geotécnicos e hidráulicos fueron presentados en tablas resumen, indicando los parámetros obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio.

También se incluyeron registros fotográficos georreferenciados para evidenciar las condiciones actuales de la plataforma de acceso, las zonas afectadas por erosión, los puntos críticos de inestabilidad y las áreas consideradas para la propuesta de estabilización mediante muro tipo gavión y terraplén permeable.

Los resultados derivados del modelamiento estructural y geotécnico fueron presentados mediante salidas gráficas de software especializado, diagramas de estabilidad, factores de seguridad, deformaciones estimadas y verificaciones frente al deslizamiento, vuelco y estabilidad global.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para el análisis e interpretación de los datos se aplicaron criterios técnicos de la ingeniería geotécnica y estructural. Los resultados de los ensayos de suelo fueron utilizados para determinar parámetros como peso específico, cohesión, ángulo de fricción interna, permeabilidad y capacidad de soporte del terreno. Estos valores permitieron

caracterizar el comportamiento del suelo y establecer las condiciones necesarias para el diseño del sistema muro gavión–terraplén permeable.

Asimismo, se realizaron cálculos de estabilidad frente al deslizamiento, vuelco, capacidad portante y estabilidad global del conjunto. Para ello, se emplearon métodos de equilibrio límite y herramientas de modelamiento como GEO5, Slide2 u otros programas especializados, con la finalidad de evaluar el comportamiento estructural del sistema propuesto bajo las condiciones reales del área de estudio.

La interpretación de los resultados se efectuó comparando los factores de seguridad obtenidos con los valores mínimos recomendados por la normativa técnica correspondiente. De esta manera, se determinó si el diseño propuesto cumplía con los criterios de estabilidad, seguridad y funcionalidad requeridos para la plataforma de acceso al puente carrozable de Yanajanca.

3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Técnica: Simulación numérica y análisis estructural

Se utilizaron herramientas de modelado y simulación para evaluar el comportamiento estructural, geotécnico e hidráulico del sistema propuesto, correspondiente a un muro tipo gavión integrado a un terraplén permeable.

Instrumento

- Software geotécnico y estructural: GEO5 y GAWAC 3.0 (para el diseño, dimensionamiento y análisis de estabilidad de taludes y muro de gaviones).
- Software CAD o Civil3D: Para procesamiento de curvas de nivel, secciones transversales y geometría vial.

Procedimiento

Etapas 1: Preparación del modelo

- Se ingresaron los parámetros del suelo obtenidos del estudio geotécnico. Posteriormente, se definieron las dimensiones geométricas del talud, el arreglo del muro de gaviones, la plataforma y las cargas operativas esperadas (peso del terraplén, tránsito y empuje activo).

Etapas 2: Simulación y evaluación estructural

- Se realizó el análisis estructural y geotécnico del muro de gaviones. Mediante los softwares especializados, se calcularon y verificaron los factores de seguridad ante el vuelco, el deslizamiento y la capacidad portante, así como las deformaciones y la distribución de presiones.

Etapas 3: Evaluación de la capacidad de drenaje

- Se analizó el comportamiento del terraplén permeable frente a la saturación. Se evaluó el rendimiento hidráulico del sistema de gaviones, verificando su capacidad para disipar la presión de poros y evitar la acumulación de presiones hidrostáticas que afecten la estructura.

Etapas 4: Análisis de resultados

Se analizaron los resultados integrales de los modelos computacionales. Finalmente, se realizó una interpretación técnica de los factores de seguridad obtenidos, determinando la viabilidad, eficiencia y sostenibilidad del diseño propuesto para las condiciones de Yanahuanca.

3.5. ASPECTOS ÉTICOS

El desarrollo de la presente investigación se realizó considerando los principios de ética científica, responsabilidad profesional y honestidad académica, propios del campo de la ingeniería civil. En ese sentido, se asumieron criterios orientados a garantizar la veracidad de la información, el rigor metodológico, el respeto por la propiedad intelectual y la responsabilidad social de la propuesta técnica.

En primer lugar, se garantizó la veracidad y transparencia de los datos utilizados en el estudio. La información primaria obtenida en la plataforma de acceso al puente carrozable de Yanajanca, como levantamientos topográficos, inspecciones visuales y resultados de ensayos de mecánica de suelos, fue registrada y procesada de manera objetiva. Asimismo, se evitó cualquier forma de alteración, fabricación o manipulación de datos que pudiera modificar artificialmente los resultados del diseño estructural y geotécnico.

De igual manera, se mantuvo rigor metodológico durante el desarrollo de las simulaciones y modelamientos computacionales. Para el uso de software especializado, como GEO5, GAWAC 3.0 y HEC-RAS, se ingresaron parámetros geotécnicos, estructurales e hidráulicos obtenidos del análisis técnico correspondiente. Las variables de entrada fueron empleadas de forma responsable, sin modificar los valores con la intención de obtener factores de seguridad favorables o sesgar los resultados del sistema propuesto.

Respecto a la propiedad intelectual y probidad académica, se respetaron los derechos de autor de las fuentes bibliográficas, antecedentes de investigación, normativas técnicas, normas ASTM, Reglamento Nacional de Edificaciones y Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones consultados durante el desarrollo del estudio. Toda información tomada de otros autores fue citada y referenciada conforme a los criterios académicos establecidos por la Universidad de Huánuco.

Finalmente, la investigación asumió un compromiso de responsabilidad social y seguridad, debido a que la propuesta de diseño estructural y geotécnico busca contribuir a la estabilidad de la plataforma de acceso al puente carrozable y, con ello, mejorar la seguridad vial de los pobladores, transportistas y usuarios de la provincia de Marañón. Asimismo, el uso de muros tipo gavión integrados a terraplenes permeables representa una alternativa técnica sostenible, de bajo impacto ambiental y adecuada para las condiciones rurales de la zona de estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. CONDICIONES DEL SITIO Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

De acuerdo con la inspección visual de campo, la zona de intervención en el sector Yanajanca presenta un puente de concreto de un solo tramo que cruza un cauce fluvial caracterizado por un lecho amplio con abundantes depósitos de gravas y cantos rodados. Las riberas y las plataformas de acceso (terraplenes) están conformadas principalmente por material granular suelto. Actualmente, el acceso vehicular a través de la vía de afirmado se encuentra con restricciones de tránsito para vehículos pesados debido a la vulnerabilidad y desgaste en la base de la plataforma, haciendo indispensable la intervención con estructuras de contención. Ver figuras 2, 3, 4 y 5.

Figura 2

Fotografía de campo mostrando el puente y el cauce, aguas abajo



Nota. Vista de la zona de intervención en el sector Yanajanca evidenciando el lecho amplio y el material granular.

Figura 3

Fotografía de campo mostrando el puente y el cauce, aguas arriba



Nota. Vista aguas arriba del puente carrozable que muestra la vulnerabilidad de las riberas.

Figura 4

Fotografía de campo mostrando el acceso vehicular, terraplén



Nota. Plataforma de rodadura actual con señalización de restricción para vehículos pesados debido a la inestabilidad de la base.

Figura 5

Fotografía de campo mostrando la conformación del terraplén



Nota. Detalle del margen del río y la base del terraplén de acceso expuesta a la erosión hídrica.

4.1.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO

A partir de los ensayos de laboratorio, el suelo de fundación y el material del terraplén han sido clasificados como gravas mal graduadas.

Tabla 7

Resultados de la verificación de la estabilidad estática del muro de gavión (GEO5)

Descripción	Símbolo	Valor
Peso específico	γ	18.00 kN/m ³
Peso específico saturado	γ_{sat}	20.00 kN/m ³
Ángulo de fricción interna efectivo	Φ_{ef}	30.00°
Cohesión efectiva	c_{ef}	0.00 kPa
Ángulo de fricción entre la estructura y el suelo	δ	16.00°

Nota. Comparativa entre las fuerzas desestabilizadoras (actuales) y resistentes del sistema estructural frente a los umbrales exigidos por la normativa vigente. La evaluación confirma que la estructura de contención cumple satisfactoriamente con los criterios de vuelco, deslizamiento y falla por hundimiento de la cimentación. Elaboración propia.

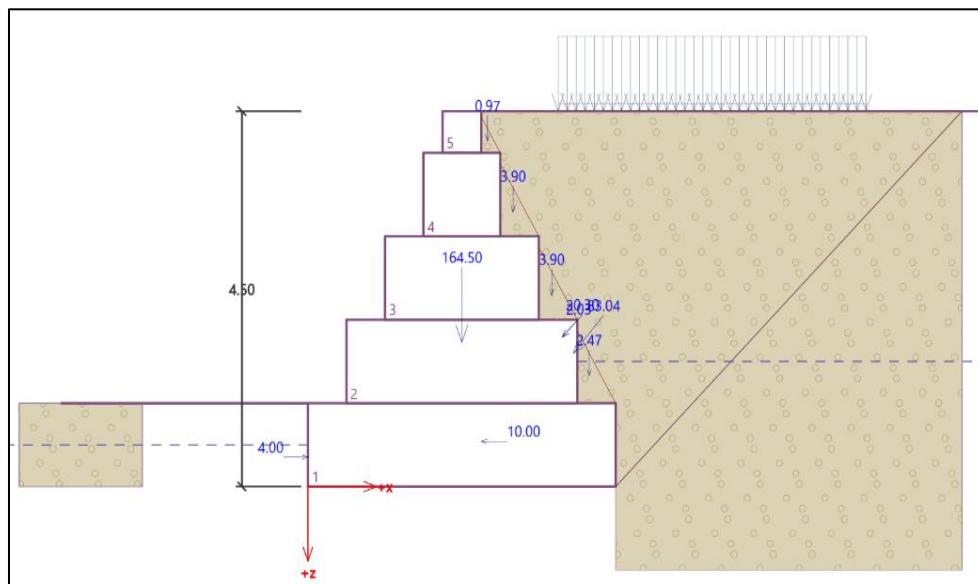
Las propiedades físicas y mecánicas que definen el comportamiento de este suelo indican un peso específico de 18.00 kN/m³ y un peso específico saturado de 20.00 kN/m³. En cuanto a sus parámetros de resistencia al corte, fundamentales para el análisis de empujes, el suelo presenta un ángulo de fricción interna efectivo de 30.00° y una cohesión efectiva nula de 0.00 kPa. El ángulo de fricción entre la estructura y el suelo se determinó en 16.00°.

Propiedades estructurales del sistema gavión

Para la conformación de los muros tipo cajón, el material de relleno (piedras) presenta un peso específico de 15.50 kN/m³ y los bloques de gavión asumen una porosidad de diseño del 30.00%. La malla hexagonal de acero galvanizado que confina los bloques cuenta con una resistencia a la tracción de 40.00 kN/m. Para representar las condiciones operativas de la vía, se consideraron en los modelos una carga superficial permanente de 20.00 kN/m² y una carga de agua de 2.00 kN/m² actuando sobre el terraplén. Ver figura 6 y 7.

Figura 6

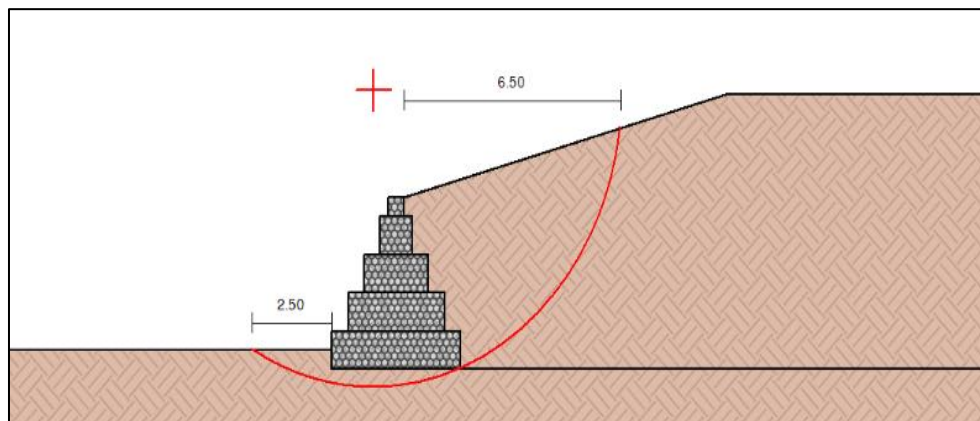
Evaluación estructural del muro tipo gavión



Nota. El esquema muestra la sección transversal del muro escalonado de 4.50 m de altura modelado en el software GEO5. Se detallan las dimensiones de los bloques, el empuje activo, los vectores de peso propio y las sobrecargas aplicadas en la corona del terraplén.

Figura 7

Geometría del muro en estado límite último



Nota. Modelamiento del sistema gavión-terraplén extraído del software GAWAC 3.0. La línea curva roja ilustra la superficie de falla crítica circular analizada mediante métodos de equilibrio límite para la verificación de la estabilidad global del talud. Fuente: Elaboración propia.

4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL (Análisis estructural y de estabilidad)

4.2.1. GEOMETRÍA DEL MURO DE CONTENCIÓN

El diseño estructural evaluado está conformado por un arreglo escalonado de 5 niveles de bloques tipo gavión, alcanzando una altura total de 4.50 m y un volumen de pared de 10.25 m³/m. La estructura presenta una base ancha de 4.00 m en el nivel inferior para garantizar el anclaje y disipación de esfuerzos, disminuyendo el ancho progresivamente por cada metro de elevación (3.00 m, 2.00 m y 1.00 m), culminando en un bloque de coronación de 0.50 m de ancho por 0.50 m de alto.

4.2.2. VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTÁTICA DEL MURO

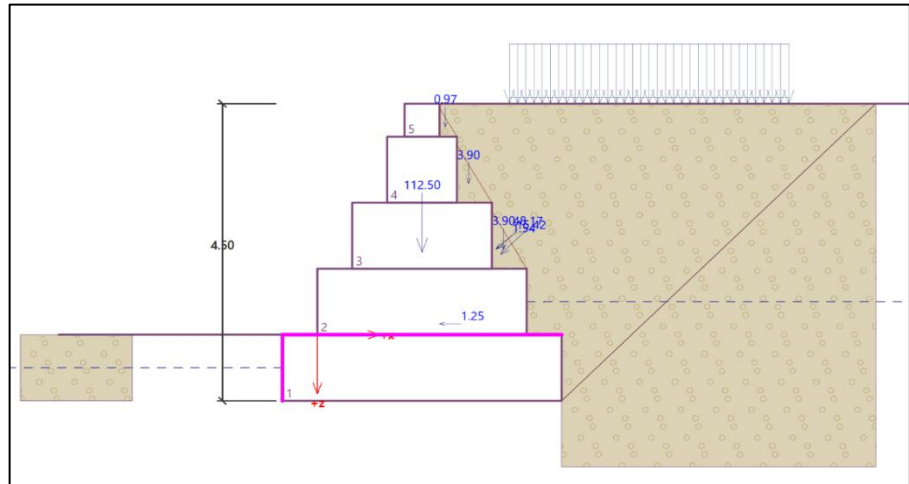
La evaluación de las fuerzas desestabilizadoras (empuje activo del suelo) frente a las fuerzas resistentes (peso del gavión y fricción) arrojó resultados altamente favorables en el software GEO5.

- **Estabilidad al Vuelco (Overturning):** Se calculó un momento volcador de 118.90 kNm/m frente a un momento resistente de 632.30 kNm/m, generando un Factor de Seguridad (FS) contra el

vuelco de 5.32. Al ser mayor al FS normativo exigido de 3.00, se confirma la invulnerabilidad al vuelco. Ver figura 8.

Figura 8

Análisis de estabilidad al vuelco del muro de gaviones

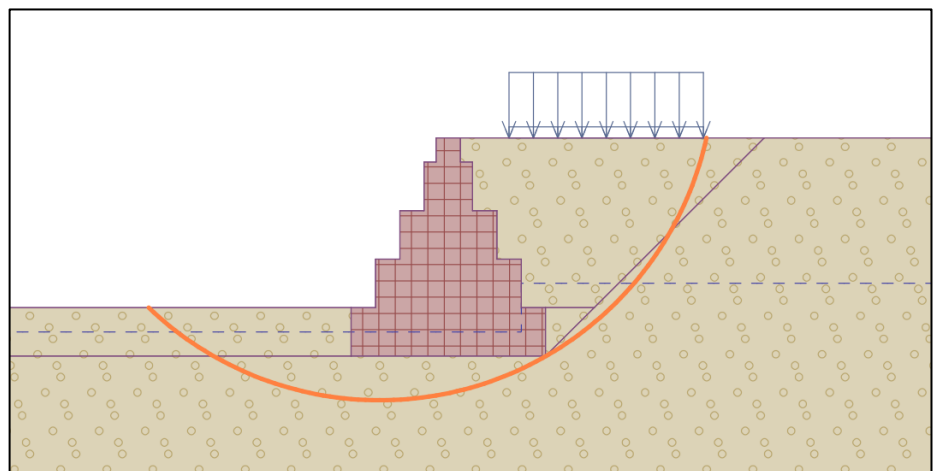


Nota. Representación gráfica del modelamiento en GEO5 que evidencia el equilibrio estático de la estructura. La resultante de las fuerzas y momentos resistentes supera el empuje activo, garantizando un factor de seguridad óptimo contra la volcadura. Fuente: Elaboración propia.

- **Estabilidad al Deslizamiento (Slip):** La fuerza activa horizontal ejercida sobre el muro es de 75.97 kN/m, contrarrestada por una resistencia horizontal en la base de 146.92 kN/m. Esto se traduce en un FS al deslizamiento de 1.93, superando el límite de 1.50 requerido. Ver figura 9.

Figura 9

Verificación de estabilidad al deslizamiento



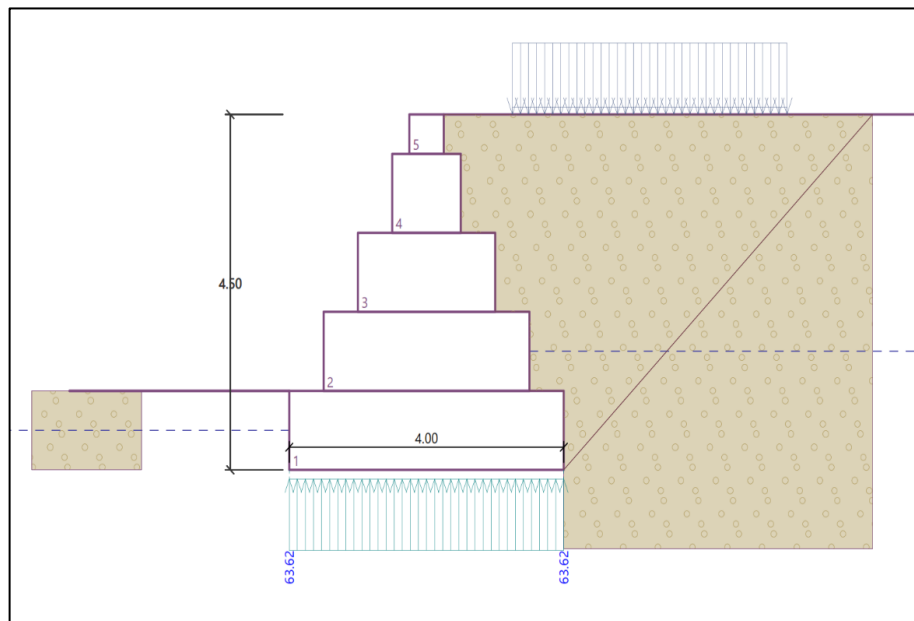
Nota. Simulación de la condición límite de falla por deslizamiento transversal en la base de la estructura. El análisis corrobora la adecuada resistencia

friccional horizontal aportada por la base de 4.00 metros del gavión. Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad Portante del Suelo de Fundación:** El peso propio del muro y las cargas sobreañadidas generan una tensión máxima en la base de 63.62 kPa. La capacidad portante admisible in situ es de 220.32 kPa, obteniendo un FS de 3.46, demostrando que no habrá fallas por hundimiento. Ver figura 10.

Figura 10

Capacidad portante del suelo de fundación



Nota. Distribución del diagrama de tensiones transmitidas al estrato de fundación. Se observa una presión máxima de contacto de 63.62 kPa, valor que se encuentra muy por debajo de la capacidad de carga admisible de las gravas mal graduadas presentes en el terreno.

Las simulaciones suplementarias en GAWAC 3.0 ratifican la robustez del diseño, manteniendo los Factores de Seguridad de todos los niveles estructurales en un rango óptimo.

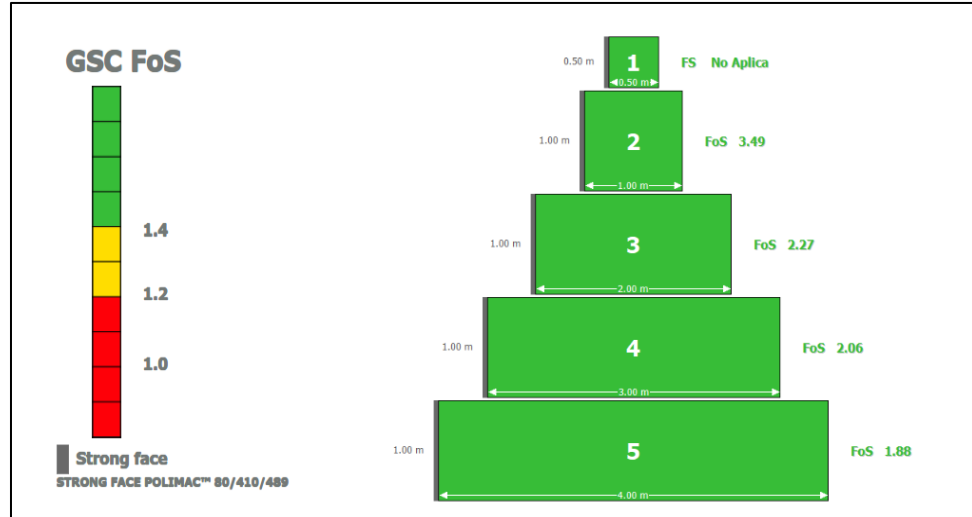
Estabilidad Global de Taludes

Para evaluar la masa de suelo en su conjunto (sistema terraplén-gavión), se realizó un análisis de equilibrio límite bajo el método de Bishop. El modelo iterativo ubicó una superficie de falla circular crítica que agrupa 220.81 kN/m de fuerzas activas contra 340.10 kN/m de fuerzas pasivas. El cálculo arrojó un Factor de Seguridad Global de 1.54, validando que el talud general estabilizado se encuentra en

condiciones seguras ($FS > 1.50$) frente a deslizamientos en masa. Ver figura 11 y 12.

Figura 11

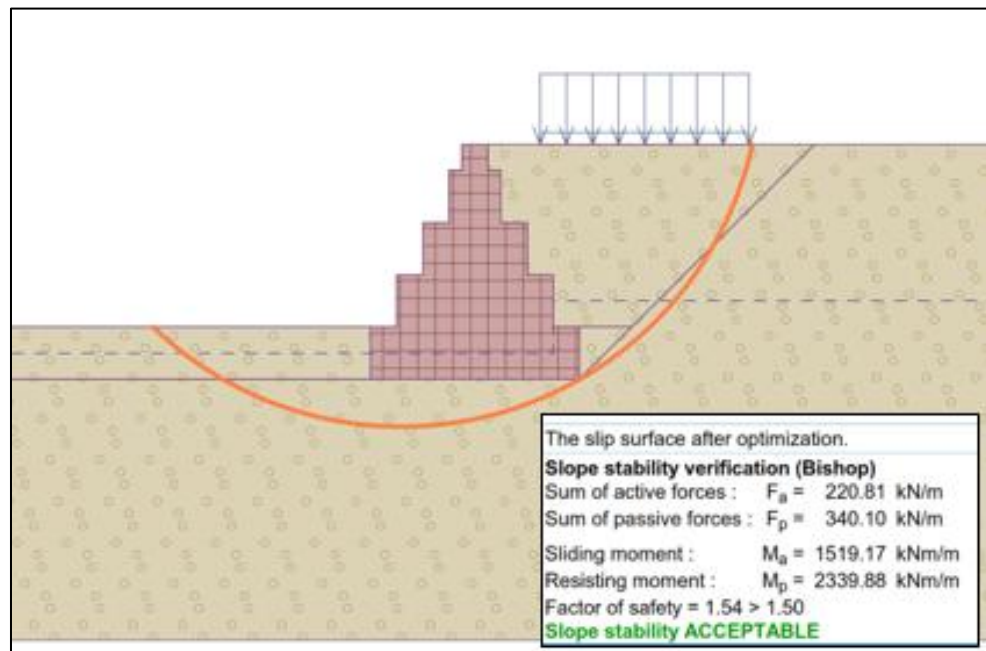
Capacidad portante del suelo de fundación



Nota. Modelamiento de la superficie de falla circular optimizada tras el proceso de cálculo iterativo. El resultado de 1.54 supera el límite normativo de 1.50, certificando que la presencia del muro de gaviones confina eficazmente el pie del talud de acceso. Fuente: Elaboración propia.

Figura 12

Análisis de estabilidad global del talud mediante el método de Bishop



Nota. Modelamiento de la superficie de falla circular optimizada tras el proceso de cálculo iterativo. El resultado de 1.54 supera el límite normativo de 1.50, certificando

que la presencia del muro de gaviones confina eficazmente el pie del talud de acceso.

Evaluación hidráulica y efecto de permeabilidad

La integración del muro de gaviones con el terraplén permeable demostró una alta eficiencia en la disipación de presiones hidrostáticas e intersticiales. De acuerdo con el modelamiento de las fuerzas actuantes sobre la construcción en GEO5, la presión horizontal generada por el agua (water pressure) es de apenas 1.25 kN/m, y la influencia de la carga de agua es de 1.14 kN/m.

Estos valores son sumamente reducidos en comparación con la presión activa del terreno (Activo pressure = 33.82 kN/m). Esto evidencia matemáticamente que la porosidad de los bloques de gavión (30%) permite el libre drenaje del flujo subsuperficial, evitando la acumulación de agua detrás del muro. Adicionalmente, el análisis reportó una presión de levantamiento o subpresión (uplift pressure) de 0.00 kN/m, garantizando que el nivel freático no genera fuerzas verticales ascendentes que desestabilicen la cimentación de la estructura.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Respecto a la primera hipótesis específica, se rechaza la hipótesis nula ($H_{0.1}$) y se acepta la hipótesis alterna ($H_{1.1}$), debido a que los resultados evidencian que el muro tipo gavión resiste adecuadamente las sollicitaciones estructurales del terreno y las cargas vehiculares presentes en la plataforma de acceso. Esta afirmación se sustenta en los factores de seguridad obtenidos para la configuración de diseño, los cuales alcanzaron valores de ($FS = 5.32$) frente al volcamiento y ($FS = 1.93$) frente al deslizamiento. Dichos resultados indican que la geometría escalonada, el peso propio del muro y la configuración estructural propuesta permiten mantener el equilibrio frente a los empujes activos del suelo de relleno y las sobrecargas asociadas al tránsito vehicular.

En relación con la segunda hipótesis específica, se rechaza la hipótesis nula ($H_{0.2}$) y se acepta la hipótesis alterna ($H_{1.2}$), confirmándose que el

terraplén permeable contribuye al mejoramiento del drenaje interno y a la reducción de presiones hidrostáticas, favoreciendo la estabilidad del sistema. Desde el enfoque hidráulico y geotécnico, esta condición se evidencia mediante una presión horizontal por carga de agua de solo 1.25 kN/m y una subpresión nula de 0.00 kN/m en el intradós del muro. Estos valores muestran que la permeabilidad del sistema de gaviones, asociada a una porosidad aproximada del 30 %, permite el flujo del agua y evita la acumulación de presión detrás de la estructura. En consecuencia, se reduce el riesgo de saturación del material de respaldo y se conservan mejores condiciones de resistencia al corte del suelo.

Respecto a la tercera hipótesis específica, se rechaza la hipótesis nula ($H_{0.3}$) y se acepta la hipótesis alterna ($H_{1.3}$), debido a que el sistema integrado gavión–terraplén presentó un comportamiento favorable frente a las condiciones geotécnicas del terreno local. En comparación con soluciones rígidas tradicionales, como los muros de concreto armado, el sistema propuesto ofrece mayor flexibilidad y capacidad drenante, lo que permite disipar presiones intersticiales y adaptarse mejor a posibles asentamientos diferenciales. Esta condición resulta especialmente importante en una zona de alta pluviosidad como Yanajanca, donde la presencia de agua y la inestabilidad del terreno representan factores críticos para la conservación de la plataforma vial.

Finalmente, con base en la verificación técnica y numérica de las hipótesis específicas, se rechaza la hipótesis nula general (H_0) y se acepta la hipótesis general (H_1). Por tanto, se sostiene que la integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable mejora significativamente el comportamiento estructural y la estabilidad de las plataformas de acceso a puentes carrozables en el sector de Yanajanca, Marañón, 2025. La combinación entre contención estructural y drenaje hidráulico, evaluada mediante herramientas como GEO5 y GAWAC 3.0, permitió obtener un factor de seguridad global de ($FS = 1.54$) mediante el método de Bishop. Este resultado evidencia que el sistema propuesto cumple con criterios mínimos de

estabilidad y representa una alternativa técnicamente viable para mejorar la seguridad y funcionalidad de la plataforma de acceso.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los resultados obtenidos mediante las modelaciones en los softwares GEO5 y GAWAC 3.0 demuestra que la propuesta técnica de integrar muros tipo gavión a un terraplén permeable constituye una solución estructuralmente eficiente para estabilizar la plataforma de acceso en Yanahuanca.

Desde el punto de vista estructural, el dimensionamiento geométrico propuesto —que contempla una base de 4.00 m y una altura de 4.50 m en forma escalonada— demostró una respuesta óptima frente a las solicitaciones ejercidas por el empuje activo del terreno (75.97 kN/m) y las cargas vehiculares simuladas. Los factores de seguridad estáticos alcanzados (FS al vuelco de 5.32 y FS al deslizamiento de 1.93) superan holgadamente los límites normativos exigidos para estructuras de retención (FS > 3.00 para vuelco y FS > 1.50 para deslizamiento). Esto evidencia que el peso propio del muro y el confinamiento que otorga la malla hexagonal son suficientes para contrarrestar las fuerzas desestabilizadoras del material granular suelto (gravas mal graduadas) presente en el terraplén.

Asimismo, el análisis de la capacidad portante de la fundación confirma la viabilidad constructiva de la propuesta. La tensión máxima transferida al subsuelo (63.62 kPa) se encuentra significativamente por debajo de la resistencia admisible del terreno (220.32 kPa), garantizando un Factor de Seguridad de 3.46. Esto mitiga de forma contundente los riesgos de hundimiento o asentamiento diferencial, problemáticas que restringen el tráfico vehicular en la actualidad.

Desde la perspectiva del análisis hidráulico, los datos obtenidos validan el rol crucial de la permeabilidad en la estabilización. Los resultados de GEO5 indicaron una disipación sustancial de la presión hidrostática, registrando una presión de agua sobre la estructura de tan solo 1.25 kN/m frente a un empuje activo de 33.82 kN/m, con una subpresión (uplift) nula (0.00 kN/m). Este

comportamiento corrobora que la porosidad de los gaviones (30%) funciona como un sistema de drenaje efectivo, evacuando el agua subterránea o pluvial, evitando la acumulación de presiones en el intradós del muro y controlando procesos erosivos y de socavación basal.

5.2. CONTRASTACIÓN CON LOS ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación presentan coherencia técnica con diversos estudios previos relacionados con el empleo de muros de gaviones en obras de infraestructura vial, estabilización de taludes y defensa ribereña.

En cuanto a la estabilidad global del sistema, el factor de seguridad obtenido mediante el método de Bishop, con un valor de ($FS = 1.54$), guarda relación con lo reportado por Iturri (2024), quien en su análisis de estabilidad de taludes en la carretera Central Huánuco - La Oroya evidenció que la incorporación de muros de gaviones permitió alcanzar valores superiores al criterio mínimo de ($FS > 1.5$), empleando modelamiento geotécnico mediante GEO5. En ambos casos, se observa que la configuración escalonada de los gaviones contribuye a mejorar la interacción entre la estructura y el terreno, favoreciendo el control del deslizamiento superficial y la estabilidad del talud.

Respecto al comportamiento hidráulico, la baja presión hidrostática registrada en el presente estudio, equivalente a 1.25 kN/m, coincide con lo señalado por Wang y Liu (2020), quienes determinaron que la permeabilidad natural de los muros de gaviones permite reducir el empuje generado por la saturación del suelo, convirtiéndolos en una alternativa adecuada para zonas expuestas a lluvias intensas y escorrentía superficial. Asimismo, este resultado concuerda con lo expuesto por Caso y Huayta (2024), quienes evidenciaron que los muros tipo gavión contribuyen al control de procesos de socavación y a la disipación de energía frente a corrientes de agua, debido a su comportamiento flexible y drenante.

En relación con el aspecto constructivo y operativo, los valores favorables obtenidos frente al vuelco y al deslizamiento respaldan lo planteado por Guerra (2023), quien sostuvo que los muros de gaviones representan una solución viable para proteger accesos y estructuras vinculadas a puentes, al reducir deformaciones progresivas y procesos de socavación. En ese sentido, los resultados de la presente investigación permiten afirmar que el sistema gavión–terraplén permeable constituye una alternativa técnica adecuada para mejorar la estabilidad y prolongar la funcionalidad de las plataformas de acceso en zonas rurales con condiciones geotécnicas e hidráulicas críticas.

CONCLUSIONES

La evaluación estructural permitió evidenciar que la integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable contribuye de manera favorable a la estabilización de la plataforma de acceso al puente carrozable en el sector Yanajanca. Desde una perspectiva técnica y social, la investigación plantea una alternativa de infraestructura resiliente, económica y de rápida ejecución, orientada a mejorar la conectividad rural y reducir la vulnerabilidad del transporte agrícola frente a las precipitaciones intensas propias de la zona.

Se verificó que el muro tipo gavión con geometría escalonada presenta un comportamiento adecuado frente a las solicitaciones mecánicas generadas por el empuje activo del terreno y las sobrecargas asociadas al tránsito vehicular. Los análisis estáticos reportaron un factor de seguridad de 5.32 frente al vuelco, 1.93 frente al deslizamiento y 3.46 respecto a la capacidad portante. Estos resultados evidencian que la estructura propuesta cumple con márgenes de seguridad favorables y supera los valores mínimos requeridos para garantizar su estabilidad.

Asimismo, se determinó que la permeabilidad del terraplén y la porosidad propia de los gaviones, estimada en 30 %, cumplen un papel fundamental en el comportamiento hidráulico del sistema. La presión de agua registrada fue de 1.25 kN/m, frente a un empuje activo de 33.82 kN/m, además de una subpresión nula. Estos resultados demuestran que el sistema permite un drenaje eficiente, reduciendo la acumulación de presiones hidrostáticas y disminuyendo el riesgo de fallas asociadas al empuje del agua. En ese sentido, la solución propuesta representa un modelo técnico útil para contextos rurales donde se requiere combinar contención estructural y drenaje interno.

Finalmente, la eficiencia del sistema integrado gavión–terraplén, en interacción con el suelo local conformado por gravas mal graduadas, fue sustentada mediante el factor de seguridad global de 1.54 obtenido por el método de equilibrio límite de Bishop. Si bien estos resultados responden a las condiciones geotécnicas específicas identificadas en el área de estudio, la

metodología aplicada constituye una referencia técnica replicable para la estabilización de taludes ribereños con suelos de baja cohesión en sectores similares de la cuenca del río Marañón.

RECOMENDACIONES

Resulta conveniente promover el uso de muros tipo gavión integrado a terraplenes permeables como una alternativa técnica para el desarrollo, mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura vial rural. Se recomienda que las gerencias de infraestructura consideren esta solución dentro de sus lineamientos para la elaboración de expedientes técnicos, especialmente en zonas de alta pluviosidad y presencia de suelos erosionables. Su aplicación permitiría optimizar recursos económicos, reducir necesidades de mantenimiento correctivo y mejorar la seguridad de las rutas de acceso utilizadas por las comunidades rurales y agrícolas.

Asimismo, se recomienda que los profesionales responsables de la ejecución de este tipo de obras apliquen un control de calidad riguroso sobre los materiales empleados. En particular, debe verificarse el uso de piedra limpia, resistente y de tamaño superior a la abertura de la malla, a fin de evitar la pérdida del material de relleno y conservar la porosidad requerida para el drenaje interno. De igual manera, se sugiere emplear mallas hexagonales de acero galvanizado, preferentemente con recubrimiento adicional, para mejorar su resistencia frente a la corrosión, abrasión y exposición permanente a condiciones húmedas o fluviales.

También se recomienda implementar un programa de monitoreo y mantenimiento preventivo para la plataforma de Yanajanca y para estructuras similares ubicadas en zonas críticas. Las inspecciones técnicas deben realizarse de manera periódica, principalmente después de la temporada de lluvias o máximas avenidas. Estas evaluaciones deben enfocarse en identificar oportunamente procesos de socavación en la base del muro, desplazamientos, deformaciones, pérdida de material de relleno, deterioro de la malla y crecimiento de vegetación invasiva con raíces profundas que pueda afectar la estabilidad de la estructura.

Finalmente, se sugiere que las universidades e investigadores de la región continúen ampliando esta línea de investigación mediante estudios complementarios que incorporen análisis sísmico, monitoreo en campo e

instrumentación geotécnica. Sería pertinente evaluar el comportamiento del muro de gavión frente a cargas sísmicas mediante métodos pseudoestáticos, como Mononobe–Okabe, considerando la sismicidad propia de la región andina. Asimismo, se recomienda instalar piezómetros en proyectos piloto, con la finalidad de medir la variación de la presión de poros durante eventos de precipitación intensa y validar en campo la capacidad drenante del sistema gavión–terraplén permeable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andino, M. (2007). *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Ingemmet.
<https://doi.org/https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Geral-96.pdf>
- Almeida, P. L. (2005). *Obras de Contención, Manual Técnico*. MACCAFERRI.
<https://doi.org/https://es.scribd.com/doc/130780686/Muros-deContencion-Manual-tecnico-MACCAFERRY-Todo-lo-que-necesitasaber>
- Avilés, M. J. (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 80 m*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador] Repositorio institucional UCE.
<https://doi.org/http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2555>
- Asociación Mundial de la Carretera. (2015). *Actas de los Seminarios Internacionales PIARC 2015*. PIARC.
<https://www.piarc.org/es/actividades/actas-de-los-seminarios-internacionales-PIARC/Seminarios-Internacionales-2015->
- Bowles, J. E. (1988). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (5.^a ed.). McGraw-Hill.
- Braja, D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4a edición). CENGAGE, México. <https://www.geologiaviva.info/wp-content/uploads/2022/01/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica-BMD.pdf>
- Carhuapoma, H. (2023). *Evaluación de muro de gaviones, para mejorar la defensa ribereña del Río Vinchos de la localidad de Anchaccwasi, distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, región Ayacucho – 2023*. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote.
<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/35718>

- Caso, P y Huayta, G. (2024). *Diseño de muro de contención tipo gavión para reducir los riesgos causados por el desborde el río Aja*. Universidad Ricardo Palma.
<https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/7ad773b7-906a-44e0-81cd-c00be29215c0>
- CE.020. (2016). Estabilizacion de suelos y taludes. SENCISO.
https://doi.org/https://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf
- Coduto, D. P. (1999). *Geotecnia: Principios y prácticas*. Prentice Hall.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4.^a ed.). Cengage Learning.
- DG. (2013). *Manual de carreteras. Ministerio de transporte y comunicaciones*.
<https://doi.org/https://es.slideshare.net/ALBERTOTINOCOUSA1/diseo-geometrico-de-carreteras-dg-2013-57901294>
- DG. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018. Ministerio de transporte y comunicaciones*.
https://doi.org/https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- García, M. H. (2001). *Sedimentation engineering: Processes, measurements, modeling, and practice*. American Society of Civil Engineers (ASCE).
- Guerra (2023), "Construcción de un muro de protección con gaviones en el puente las Guzman en la ciudad de Jalapa, Jalapa".
<https://urural.edu.gt/wp-content/uploads/2024/08/0468-2021.pdf>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (6a edición). Mc Graw Hill, México.
<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

- Hibbeler, R. C. (2010). *Análisis estructural* (8.^a ed.). Pearson Educación.
- Huerta, C. (2023). *Evaluación de muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña del Río Paria en el puente la Perla, distrito de Independencia, provincia de Huaraz, región Áncash – 2023*. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote.
<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/35798>
- Iturri, B. (2024). *Propuesta del uso de muro de gaviones en el análisis de estabilidad del talud en la carretera central Huánuco - La Oroya, altura del km 217, Ambo-Huánuco*. Universidad de Huánuco.
<https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/5506>
- López, C. (2006). *Manual de geología aplicada a la ingeniería civil*. Fundación Gómez Pardo.
- Maccaferri Andina S.A.S. (2010). *Manual técnico de gaviones y colchones reno*. Recuperado de <https://www.maccaferri.com>
- Maravi F, y Mechor L. (2020). *Análisis comparativo de defensas ribereñas para la mitigación del Río Ica*. Universidad Ricardo Palma.
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3827/CIVT030_47109439_TMELCHORAGESTOLUISENRIQUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Marin, G. R. (2019). *Diseño estructural – Hidráulico de defensa ribereña del río Chicama tramo puente San Polo – Baños Chimu, 2018*. [Tesis de Pregrado, Universidad Privada de Trujillo]. UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO. (Tesis de Pregrado).
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – MVCS (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 y E.050*.

- Morales, J. (2022). Diseño de muro de gavión y tramo carretero comprendido desde Villa Hermosa I, zona 7, hacia El Frutal, zona 7 y desde El Frutal, zona 7 hacia zona 13, San Miguel Petapa, Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18545/>
- Müggenburg, M. y Pérez, I. (2007). *Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa*. *Enfermería Universitaria*, 4(1), 35-38. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=358741821004>
- Ogando L. (2015). *Los gaviones: Análisis, evolución y comportamiento. Propuesta para las envolventes de las escuelas en la Republica Dominicana*. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/79581/LarissaOrgan-do_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pachas F. (2017). *Diseño e instalación de gaviones para protección de la margen izquierda de la quebrada Chancay ante probable inundación*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3413/pachasvivanco-fernando-omar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paredes, L. (2024). *Evaluación del muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña de la margen izquierda del río Paicaran, en el caserío de Manta Baja, distrito Ragash, provincia Sihuas, departamento Áncash – 2024*. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/37256>
- Piñar R. (2008). *Proyecto de construcción de un muro de gaviones de 960 m3*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6034/construcción-murogaviones.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramos, T. (2022). *Influencia de Muros de Gaviones o Muros de Concreto en las Defensas Ribereñas del Río Cunas Chupaca, 2020*. Universidad Peruana Los Andes. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3576>

- Rios, F. (2023). *Diseño de muro de gaviones para protección contra inundaciones en la localidad Huaracalla – Huaylla - Chacapampa, ambos márgenes del Río Huallaga, en el distrito de Ambo, provincia de Ambo, región Huánuco – 2023*. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/34780>
- Rivas, L. W. (2013). *Aplicación de los gaviones en la protección y estabilización de taules y su utilización en el proyecto conservación borde costero de corral, region de los rios*. Chile: [Tesis pregrado, Universidad Austral de Chile].
- Suarez, J. (2009). *Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos*. Erosion. <https://doi.org/https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica* (3.ª ed.). Compañía Editorial Continental.
- Tolentino, W. (2022). *Diseño estructural de gaviones en el Río Huacarmayo, localidad de Huacar, distrito de Huacar, provincia Ambo, Huánuco, 2022*. Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105456>
- Torres, R. (2008). *Análisis y diseño de muros de contención de concreto armado*. Universidad de los Andes, Venezuela. <https://es.slideshare.net/luishtorresp/muros-de-contencin-2008rt-222722184>
- Vera, J (2023). *Evaluación de muro de gaviones para mejorar la defensa ribereña del río Santa en el puente Tambo Real, distrito de Santa, provincia del Santa, región Áncash – 2023*. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/36594>
- Vergara, L. (2023). *Evaluación y mejoramiento del muro de Gaviones, para la defensa ribereña del Río Santa, margen derecha, en el sector de la urbanización San Pedro, distrito de Independencia, provincia de*

Huaraz, región Áncash – 2023. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote.

<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/35015>

COMO CITAR ESTRE TRABAJO DE INVESTIGACION

Juan de Dios Silva, J. (2026). Evaluación estructural de muros tipo gavión integrada a un terraplén permeable para la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables: Caso Yanajanca, Marañón 2025. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0854-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 06 de mayo de 2025

Visto, el Oficio N° 0502-2025-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 541975-0000002473, del Bach. **Jean Paolo JUAN DE DIOS SILVA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 541975-0000002473, presentado por el (la) Bach. **Jean Paolo JUAN DE DIOS SILVA** quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Percy Mello Davila Herrera, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Jean Paolo JUAN DE DIOS SILVA** al Mg. Percy Mello Davila Herrera, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat y Reg. Acad. – Interesado – Archivo.
BLCR/EJML/ato.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1970 2025-D-FI-UDH

Huánuco, 22 de setiembre de 2025

Visto, el Oficio N° 1145-2025-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN INTEGRADOS A UN TERRAPLÉN PERMEABLE PARA LA ESTABILIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE ACCESO A PUENTES CARROZABLES: CASO YANAJANCA, MARAÑÓN 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Jean Paolo JUAN DE DIOS SILVA**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 0854-2025-D-FI-UDH, de fecha 06 de mayo de 2025, perteneciente al Bach. **Jean Paolo JUAN DE DIOS SILVA**, se le designó como ASESOR(A) al Mg. Percy Mello Davila Herrera, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1145-2025-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN INTEGRADOS A UN TERRAPLÉN PERMEABLE PARA LA ESTABILIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE ACCESO A PUENTES CARROZABLES: CASO YANAJANCA, MARAÑÓN 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Jean Paolo JUAN DE DIOS SILVA**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Daysi Guadalupe Granados Martinez (Presidente), Mg. Ronald Günter Mays Aquino (Secretario) y Mg. Leonel Benites Diego (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN INTEGRADOS A UN TERRAPLÉN PERMEABLE PARA LA ESTABILIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE ACCESO A PUENTES CARROZABLES: CASO YANAJANCA, MARAÑÓN 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Jean Paolo JUAN DE DIOS SILVA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
MCH/EJML/dgc.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN INTEGRADOS A UN TERRAPLÉN PERMEABLE PARA LA ESTABILIZACIÓN DE PLATAFORMAS DE ACCESO A PUENTES CARROZABLES: CASO YANAJANCA, MARAÑÓN 2025”

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables/Indicadores	Dimensión	Metodología
¿De qué manera influye la integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable en el comportamiento estructural para la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables en la zona de Yanajanca, Marañón 2025?	Evaluar estructuralmente la influencia de la integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable en la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables en la zona de Yanajanca, Marañón 2025.	H₁: La integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable mejora significativamente el comportamiento estructural y la estabilidad de plataformas de acceso a puentes carrozables en la zona de Yanajanca, Marañón 2025. H₀: La integración de muros tipo gavión con un terraplén permeable no mejora significativamente el comportamiento estructural ni la estabilidad de plataformas de acceso a puentes carrozables en la zona de Yanajanca, Marañón 2025.	Variable independiente • Diseño estructural del muro tipo gavión. Variable dependiente • Estabilización estructural de plataforma.	• Diseño estructural. • Materiales del gavión tipo cajón. • Capacidad de drenaje y permeabilidad. • Método constructivo. • Estabilidad del talud. • Comportamiento estructural del conjunto. • Control de erosión y socavación. • Seguridad vial. • Durabilidad	Aplicada ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Investigación de tipo cuantitativa. NIVEL DE INVESTIGACIÓN Investigación explicativa. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN No experimental correlacional

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿Qué comportamiento estructural presentan los muros tipo gavión frente a las solicitaciones ejercidas por el empuje lateral del terreno y el tránsito vehicular en plataformas de acceso en la zona de Yanajanca, Marañón 2025?	Analizar el comportamiento estructural que presentan los muros tipo gavión frente a las solicitaciones ejercidas por el empuje lateral del terreno y el tránsito vehicular en plataformas de acceso en la zona de Yanajanca, Marañón 2025.	H_{1.1}: El muro tipo gavión resiste adecuadamente las solicitaciones estructurales del terreno y la carga vehicular en las plataformas de acceso. H_{0.1}: El muro tipo gavión no resiste adecuadamente las solicitaciones estructurales del terreno y tampoco la carga vehicular en las plataformas de acceso.
¿Cómo influye la permeabilidad del terraplén en el drenaje interno y en la estabilidad del sistema gavión–terraplén en la zona de Yanajanca, Marañón 2025?	Determinar la influencia de la permeabilidad del terraplén en el drenaje interno y en la estabilidad del sistema gavión–terraplén en la zona de Yanajanca, Marañón 2025.	H_{1.2}: El terraplén permeable mejora el drenaje interno y reduce las presiones hidrostáticas, aumentando la estabilidad del sistema. H_{0.2}: El terraplén permeable no mejora el drenaje interno y tampoco reduce las presiones hidrostáticas, aumentando la estabilidad del sistema.
¿Cuál es el nivel de eficiencia estructural y estabilidad del sistema combinado muro gavión–terraplén frente a las condiciones geotécnicas y climáticas de la zona de Yanajanca, Marañón 2025?	Evaluar el nivel de eficiencia estructural y estabilidad del sistema combinado muro gavión–terraplén frente a las condiciones geotécnicas y climáticas de la zona de Yanajanca, Marañón 2025.	H_{1.3}: El sistema integrado gavión–terraplén tiene un comportamiento más eficiente frente a las condiciones geotécnicas del terreno local comparado con estructuras tradicionales. H_{0.3}: El sistema integrado gavión–terraplén no tiene un comportamiento más eficiente frente a las condiciones geotécnicas del terreno local comparado con estructuras tradicionales.

ANEXO 4

FIGURAS DEL MARCO CONCEPTUAL

Figura 13

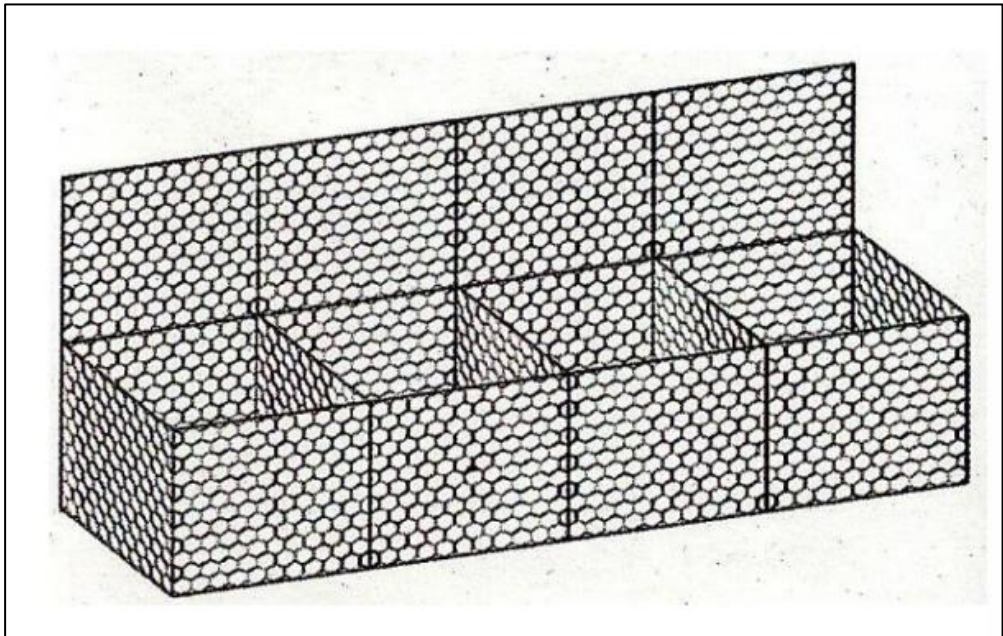
Gaviones



Fuente: Canahua et al (2020).

Figura 14

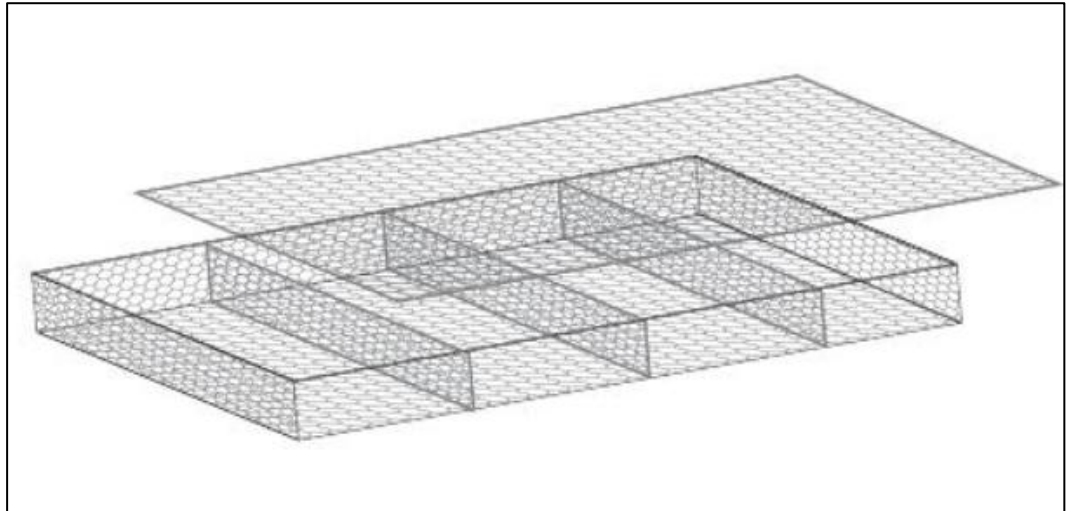
Gavi3n tipo caja



Fuente: Piñar (2008).

Figura 15

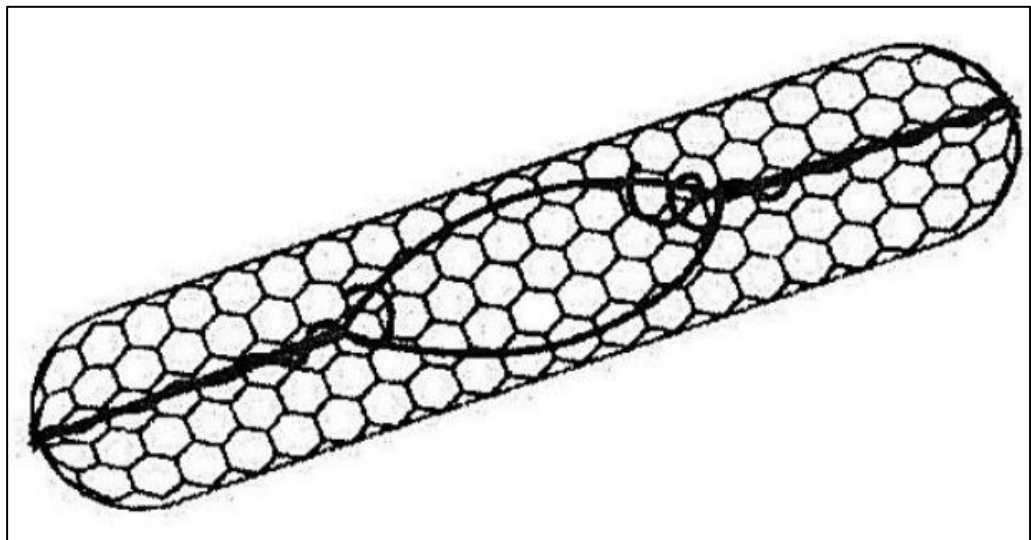
Gavión tipo colchón



Fuente: Trujillo (2018).

Figura 16

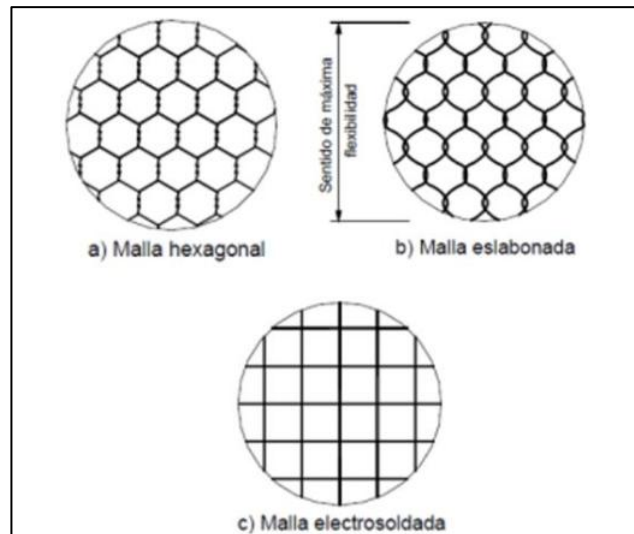
Gavión tipo saco



Fuente: Trujillo (2018).

Figura 17

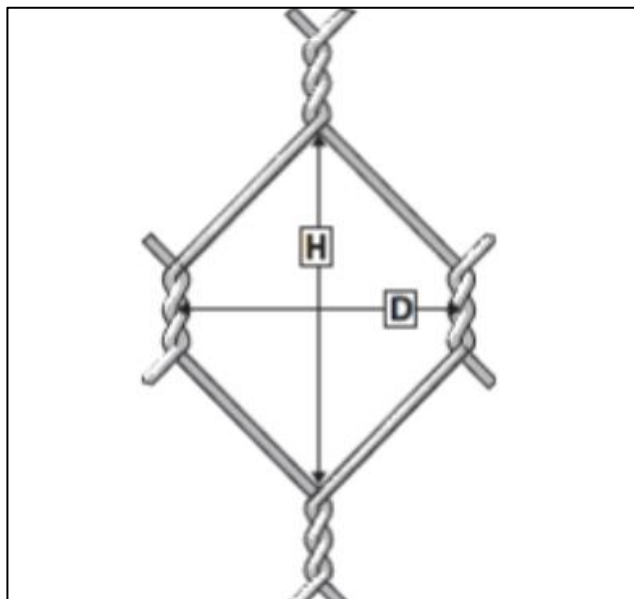
Tipos de mallas



Fuente: Maravi y Melchor (2020).

Figura 18

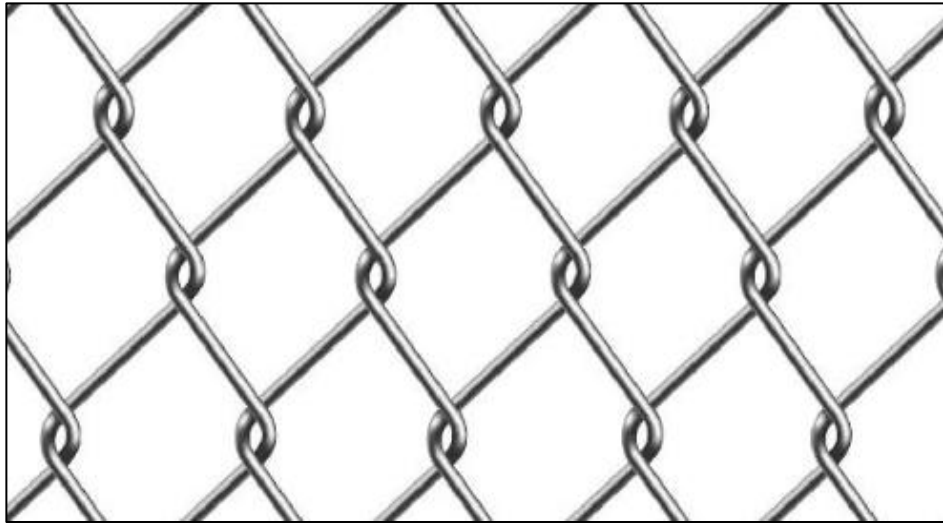
Malla hexagonal



Fuente: Trujillo (2018).

Figura 19

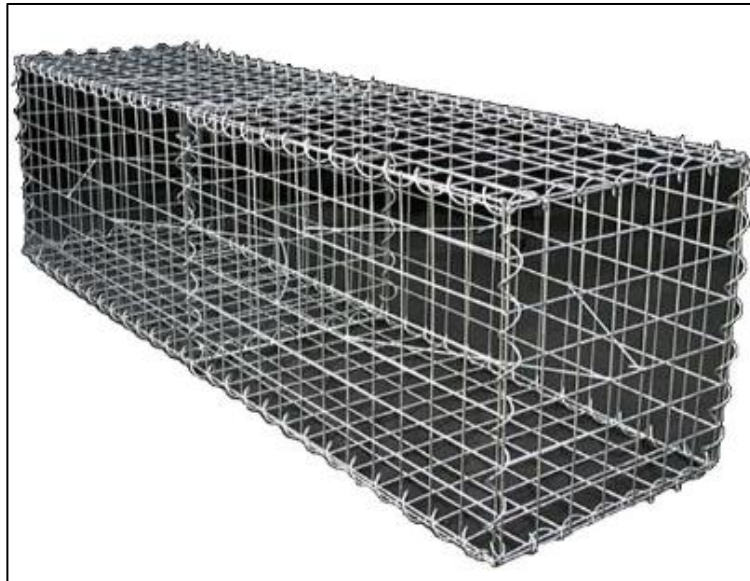
Malla eslabonada



Fuente: Trujillo (2018).

Figura 20

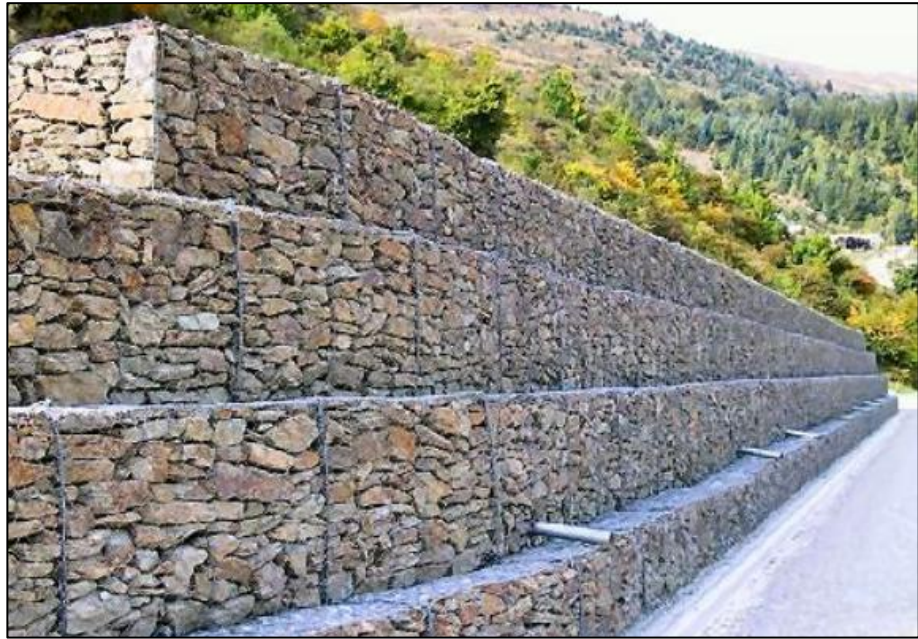
Malla electrosoldada



Fuente: Trujillo (2018).

Figura 21

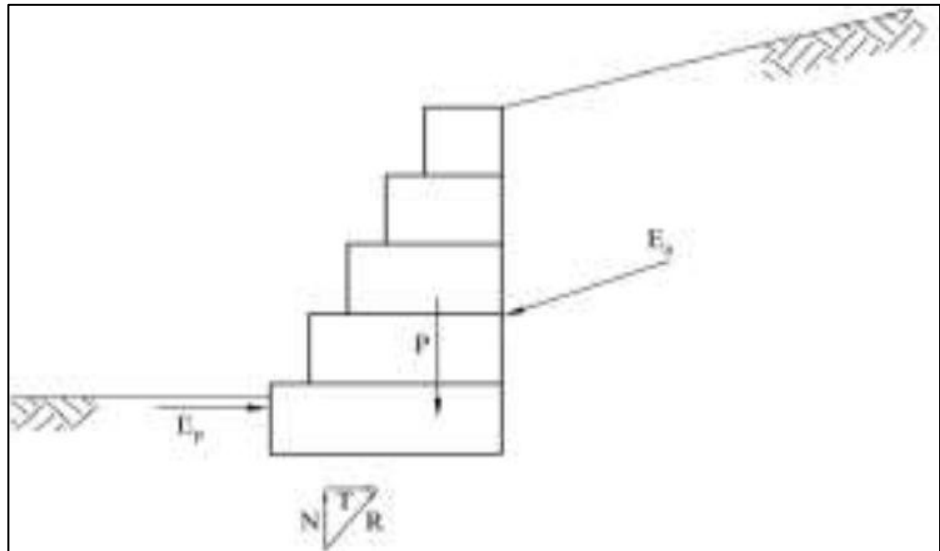
Muro de gaviones



Fuente: Pachas (2017).

Figura 22

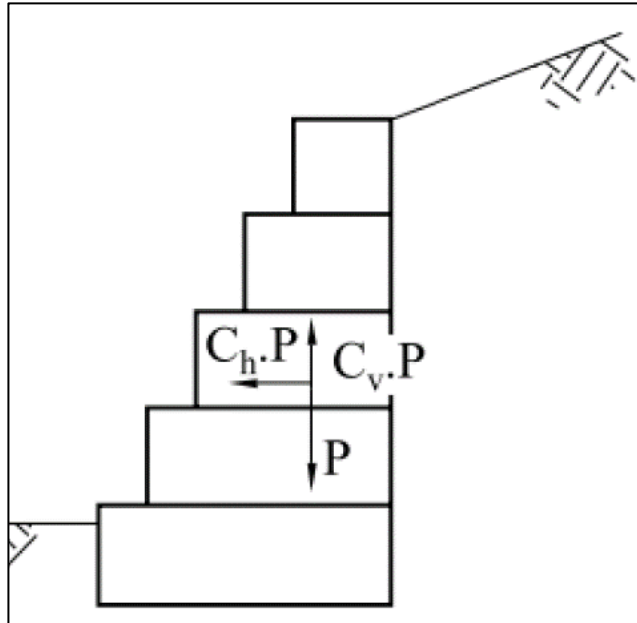
Fuerzas actuantes en los muros de gaviones



Fuente: Almeida (2005).

Figura 23

Fuerzas sísmicas actuantes en los muros de gaviones



Fuente: Almeida (2005).

Figura 24

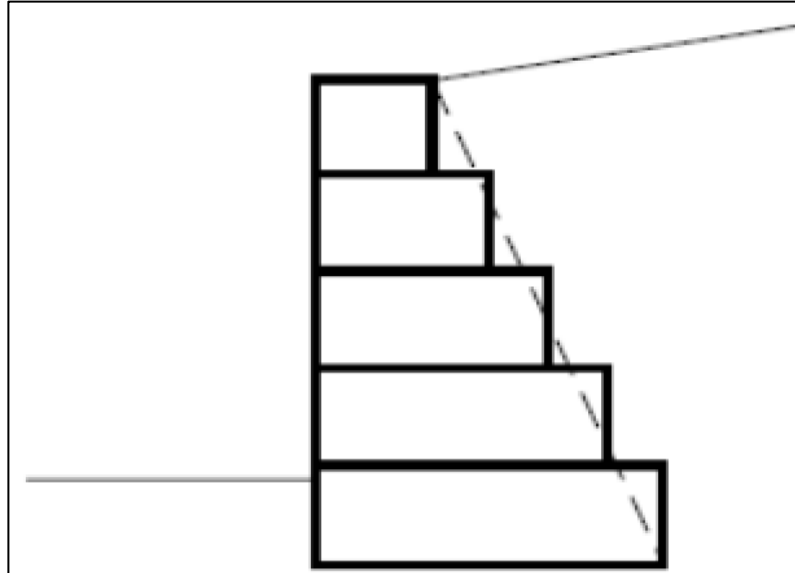
Escalones exteriores del muro



Fuente: Almeida (2005).

Figura 25

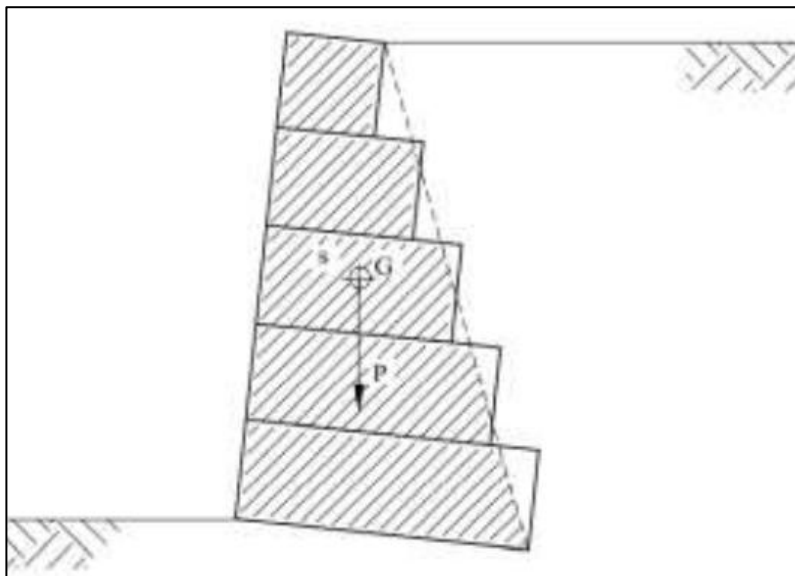
Escalones interiores del muro



Fuente: Almeida (2005).

Figura 26

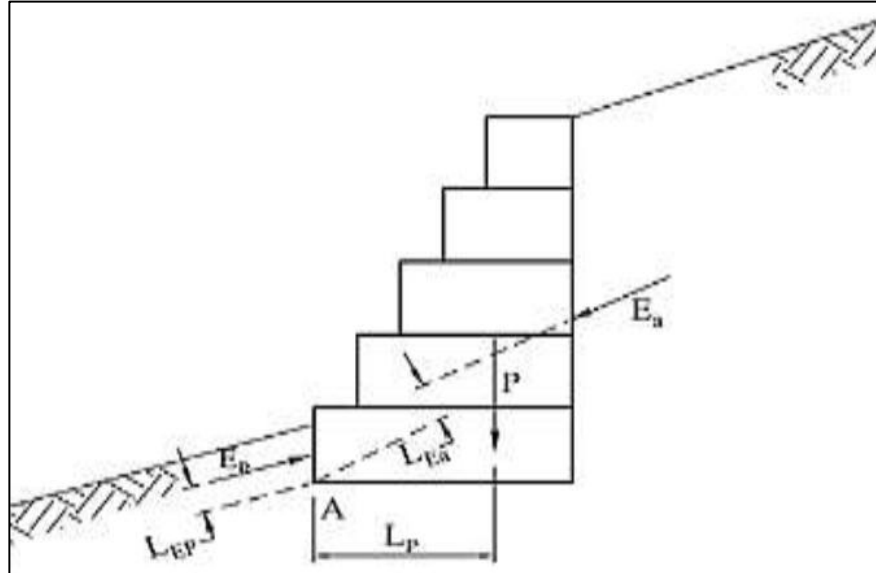
El peso del muro



Fuente: Almeida (2005).

Figura 27

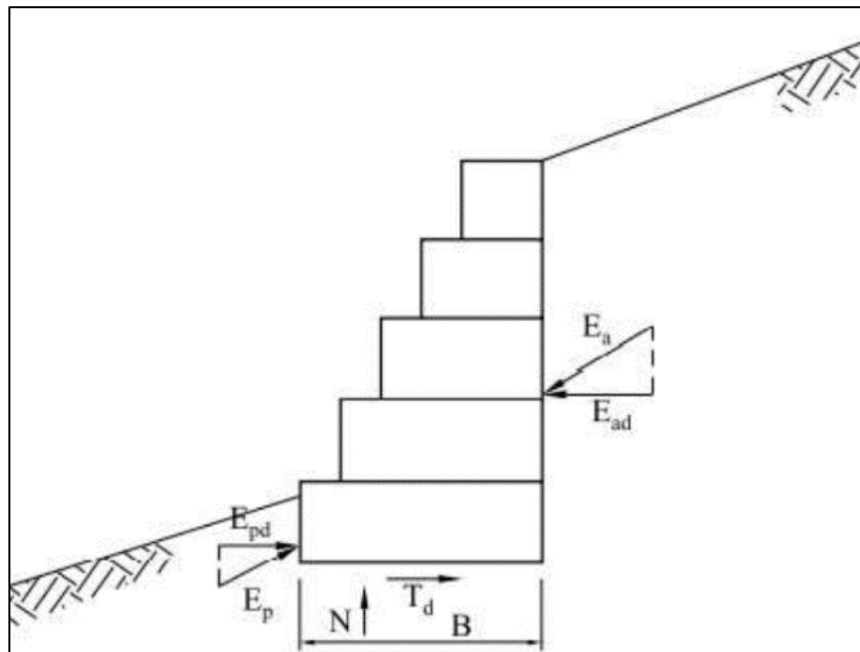
Verificación de estabilidad contra el vuelco



Fuente: Almeida (2005).

Figura 28

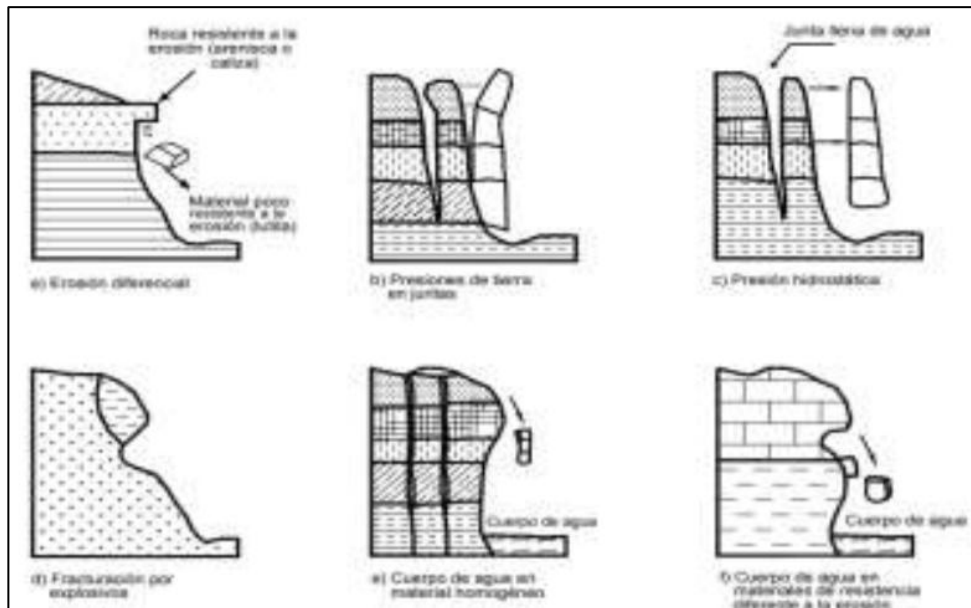
Verificación contra el deslizamiento



Fuente: Almeida (2005).

Figura 29

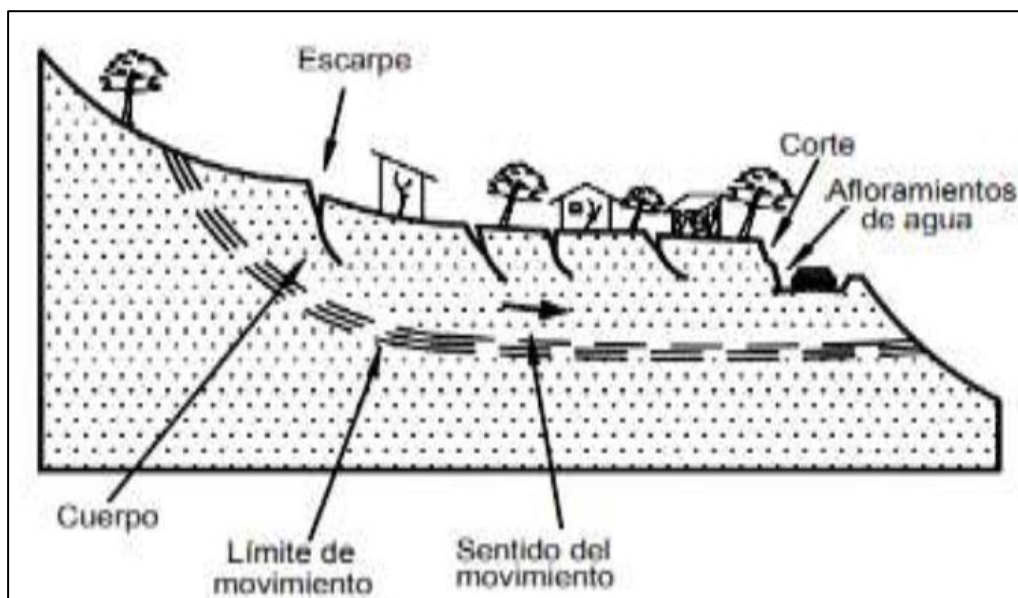
Procesos que conducen al volcamiento



Fuente: Suarez (2009).

Figura 30

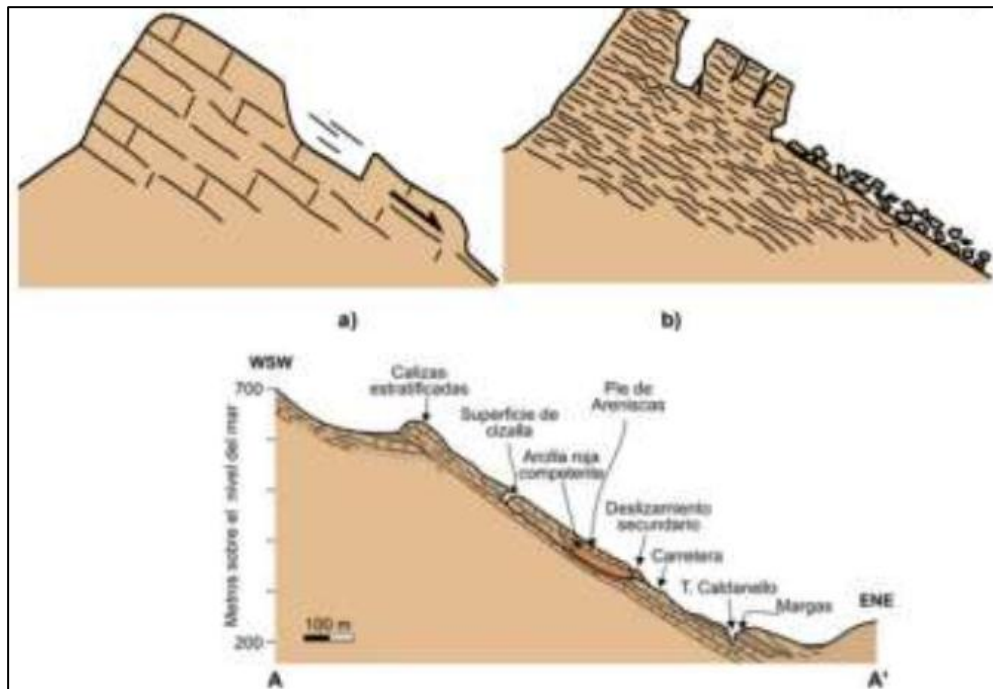
Deslizamiento rotacional



Fuente: Suarez (2009).

Figura 31

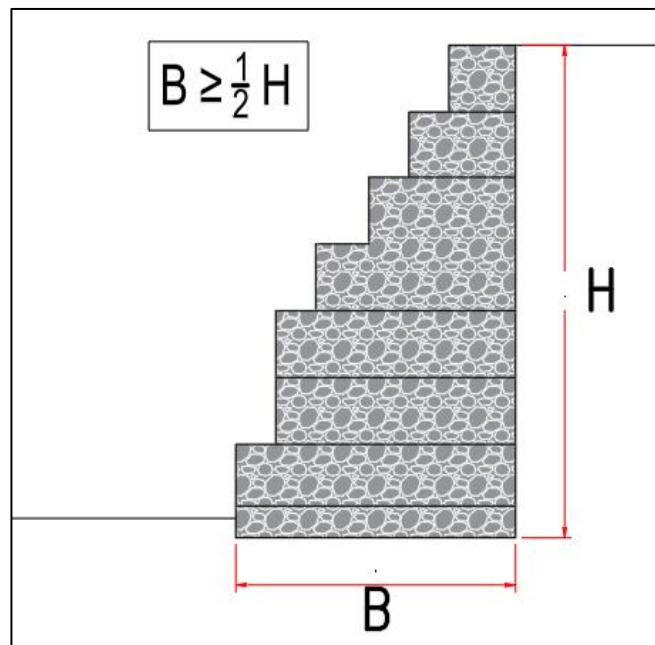
Representación de un deslizamiento traslacional



Fuente: Andino (2007)

Figura 32

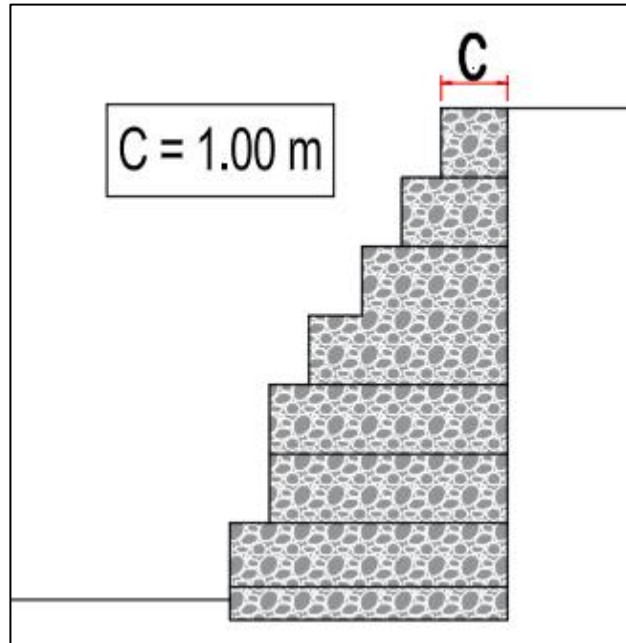
La base del muro gavión



Fuente: Avilés (2014)

Figura 33

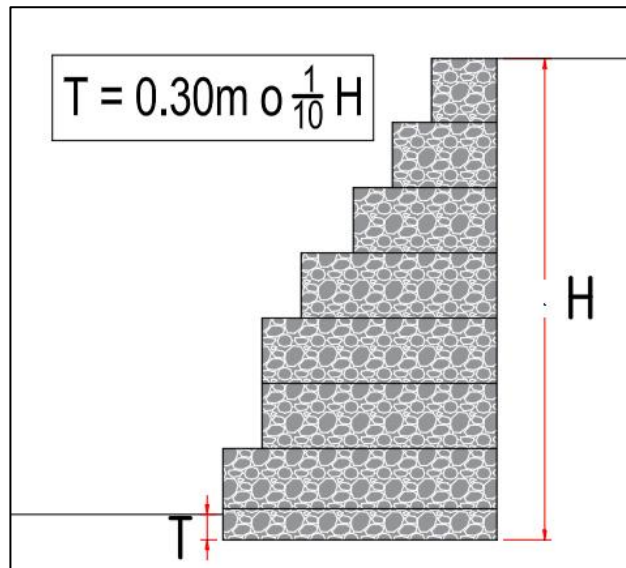
Parte superior del muro gavión



Fuente: Avilés (2014)

Figura 34

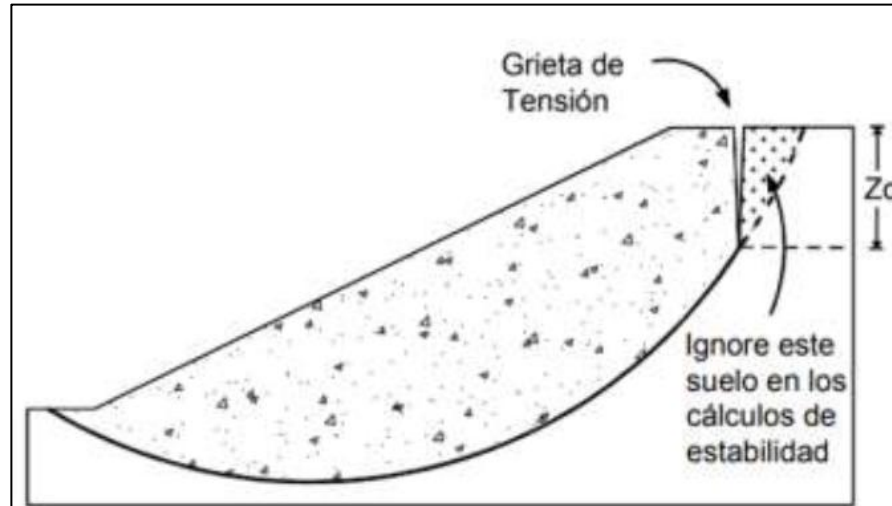
Profundidad del muro gavión



Fuente: Avilés (2014)

Figura 35

Grietas a tensión para análisis del equilibrio limite



Fuente: Suarez (2009)

ANEXO 5

INSTRUMENTOS PARA GUÍAS DE OBSERVACIÓN

ANEXO 3

INSTRUMENTO PARA GUÍAS DE OBSERVACIÓN

TEM	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
Fecha de Observación	Fecha en que se realizó la observación.	02-12-2025
Ubicación	Lugar exacto de la observación (coordenadas GPS, si es posible).	E: 356157.458 N: 9044756.763 OTA: 544.01
Condiciones Climáticas	Descripción del clima durante la observación.	clima variado debido a su geografía de sierra y selva alta.
Características Geográficas	Descripción del terreno, pendientes, afluentes de agua, etc.	
Puntos Críticos	Identificación de áreas afectadas por la lluvia, deslizamientos, aludamientos al puente.	Base del terraplen: sacudida basal por erupción hídrica.
Estado Actual de Infraestructura	Condiciones del puente.	En la zona lateral del intrínseco se aprecian marcas oscuras de humedad y sedimentos que limitan el nivel de aguas máximas extraordinarias. Esto indica que, durante la temporada de lluvias, el frente hidráulico sube drásticamente, golpeando directamente la estructura y el terraplen de acceso.

Arthuro Reyes Guevara
ARTHURO REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Joseph W. Roma Alvaro
JOSEPH W. ROMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

Michel Dennis Mendoza Chuquitaype
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Jean Pado Juan De Dios Silva
Jean Pado Juan De Dios Silva
Investigador
DNI 71532267

ANEXO 6

FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

ANEXO 4

FICHA DE OBSERVACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRUCTURAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Proyecto	: Evaluación estructural de muros tipo gavión integrados a un terraplen permeable para la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables: Coo Yonajanca, Marañón 2025
1.2. Ubicación	: Sector: Yonajanca Distrito: Santa Rosa de Alto Yonajanca Provincia: Marañón; Dpto: Huánuco
1.3. Fecha	: 02-12-2025
1.4. Evaluador	: Bach. Jean Paolo Juan de Dios Silva.

2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO

2.1. Tipo de suelo (SUCS/AASHTO)	: Gravas mal graduadas
2.2. Peso específico seco (γ)	: 18.00 KN/m ³
2.3. Peso específico saturado	: $\gamma_{sat} = 20.00$ KN/m ³
2.4. Cohesión efectiva	: $C_{ef} = 0.0$ KPa
2.5. Ángulo de fricción interna efectiva	: $\phi_{ef} = 30.0^\circ$
2.6. Ángulo de fricción suelo – estructura	: $\delta = 16.0^\circ$
2.7. Capacidad portante admisible	: $q_{adm} = 220.32$ KPa.

3. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL GAVIÓN PROPUESTO

3.1. Material de relleno	: Piedra de río (Peso específico: 15.50 KN/m ³)
3.2. Porosidad de diseño	: 30 %
3.3. Altura total del muro	: $H = 4.50$ m

Arthuro Reyes Guevara
ARTHURO REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Joseph W. Poma Alvin
JOSEPH W. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

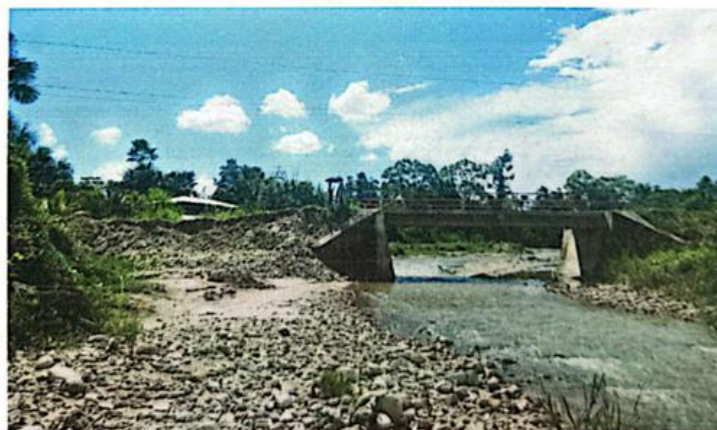
Jean Paolo Juan De Dios Silva
Jean Paolo Juan De Dios Silva
Investigador
DNI 71532267

Michel Dennis Mendoza Chuquitaype
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

3.4. Ancho de la base	: $B = 4.00m$
3.5. Geometría	: Escalonada (5 niveles de bloques tipo cajón).
3.6. Sobrecarga de diseño	: (tránsito) $20.00KN/m^2$

4. OBSERVACIONES ESTRUCTURALES

El suelo de fundación presenta buena capacidad portante, sin embargo, su carencia de cohesión ($C=0$) lo hace altamente susceptible a la erosión hídrica y deslizamiento bajo saturación, justificando penamente el uso de una estructura de contención permeable.



Arthur Reyes
ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Michel Dennis
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Joseph W. Poma Alvin
JOSEPH W. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

Juan Pablo Juan De Dios Silva
Investigador
DNI 71532267

ANEXO 7

FICHA DE RESUMEN DE ENSAYOS DE SUELO EN EL LABORATORIO

ANEXO 5

FICHA DE RESUMEN DE RESULTADOS DEL MODELAMIENTO ESTRUCTURAL E HIDRÁULICO

1. Ficha de resumen de resultados del modelamiento estructural e hidráulico:

Contrastar los resultados de los modelos computacionales (GEO5 y GAWAC 3.0) del sistema de gaviones frente a los parámetros mínimos exigidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el Manual de Carreteras del MTC.

PARÁMETRO EVALUADO	RESULTADO DEL MODELAMIENTO (SISTEMA GAVIÓN + TERRAPLÉN PERMEABLE)	VALOR MÍNIMO NORMATIVO (RNE E.050 / MTC)
1. Estabilidad al Vuelco (Momento Resistente vs. Activo)	$FS = 5.32$ (Momento resistente: 632.30 kNm/m)	$FS > 3.00$ cumple (Amplio margen de seguridad).
2. Estabilidad al Deslizamiento (Fuerza Resistente vs. Activa)	$FS = 1.93$ (Resistencia Horizontal) 146.92 kN/m	$FS > 1.50$ cumple
3. Capacidad Portante (Hundimiento de la Cimentación)	$FS = 3.46$ (Tensión máxima en base) 63.62 kPa	$FS > 3.00$ Presión admisible > Presión actuante) cumple
4. Estabilidad Global de Taludes (Método de Bishop)	$FS = 1.54$	$FS > 1.50$ cumple
5. Comportamiento Hidráulico (Presión Hidrostática)	Presión del agua 1.25 kN/m	N/A (Se busca disipación máxima) óptima.
6. Subpresión en la base (Uplift Pressure)	0.00 kN/m	N/A



JOSEPH W. POMA ALVINO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219

ANEXO 8

FICHA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ANEXO 6

FICHA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

1. Ficha de levantamiento topográfico

1. Fecha del levantamiento	:	02/12/2026
2. Instrumento utilizado	:	Estación total
3. Altura máxima del talud	:	2.5 m
4. Longitud de plataforma	:	80.00m
5. Ancho de plataforma	:	5.00 m
6. Coordenadas de puntos clave	:	Punto: E: 356157.458 / E: 356169.275 N: 9044756.763 / N: 9044763.128 Z: 544.01 / Z: 544.06
7. Observaciones	:	—
8. Fotografía	:	



Arthuro
ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Jose W. Poma
JOSE W. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 356219

Michel Dennis
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Juan Pado
Juan Pado Juan De Dios Silva
Investigador
DNI 71532267

ANEXO 9

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1: Vista de terraplén y puente desde aguas abajo.



Fotografía 2: Vista del terraplén, se observa la vía de acceso antes de la ejecución del proyecto.



Fotografía 3: Levantamiento topográfico.



Fotografía 4: Vista lateral del puente carrozable que evidencia una falla inminente por erosión hídrica en el terraplén de acceso.



Fotografía 5: Vista panorámica de la plataforma de acceso al puente carrozable. En la imagen, el investigador (tesista) señala los muros tipo gavión, la cual fue su propuesta de investigación.



Fotografía 6: En la imagen, el investigador (tesista) señala la disposición geométrica de los muros tipo gavión que confinan lateralmente el terraplén permeable.

ANEXO 11

PROCESAMIENTO DE DATOS

PROCESAMIENTO DE DATOS: SOFTWARE GAWAC 3.0 (GABION WALL DESIGN SOFTWARE) H = 4.00 M

GAWAC 3.0

Gabion Wall Design Software

MACCAFERRI

www.maccferri.com

15/11/2025 pag. 1 / 3

• Informaciones del Proyecto

Proyecto de tesis : "Evaluación estructural de muros tipo gavión integrados a un terraplén permeable para la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables: Caso Yanajanca, Morafón 2025"

Testista :Bach. Juan Pablo Juan de Dios Silva

• Datos Iniciales

Datos sobre el muro

Inclinación del muro	0.00
Peso esp. de las piedras [kN/m³]	15.50
Porosidad de los gaviones [%]	30.00
Geotextil en el terraplén	SI
Reducción en la fricción [%]	0.00
Geotextil en la base	SI
Reducción en la fricción [%]	0.00

Datos sobre el suelo del terraplén

Inclinación del primer trazo [°]	15.00
Largo del primer trazo [m]	5.00
Inclinación del segundo trazo [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	18.00
Ángulo de fricción del suelo [°]	30.00
Cohesión del suelo [kN/m²]	0.00

Layer	Altura inicial [m]	Inclinación [deg]	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]
-------	--------------------	-------------------	-------------------------	------------------	-----------------------

Datos sobre la fundación

Profundidad de la fundación [m]	0.50
Largo horiz. en la fundación [m]	5.00
Inclinación de la de fundación [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	18.00
Ángulo de fricción del suelo [°]	30.00
Cohesión del suelo [kN/m²]	0.00
Presión aceptable en la fundación [kN/m²]	117.68
Nivel del agua [m]	0.00

Corada	Profundidad [m]	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]
--------	-----------------	-------------------------	------------------	-----------------------

Datos sobre las cargas

Cargas distribuidas sobre el terraplén

Primer trazo [kN/m²]	q1
Segundo trazo [kN/m²]	q2

Cargas distribuidas sobre el muro

Carga [kN/m²]	
---------------	--

Línea de carga sobre el terraplén

Carga 1 [kN/m]	
Dist. al tope del muro [m]	

Carga 2 [kN/m]	
Dist. al tope del muro [m]	

Carga 3 [kN/m]	
Dist. al tope del muro [m]	

Carga 4 [kN/m]	
Dist. al tope del muro [m]	

Carga 5 [kN/m]	
Dist. al tope del muro [m]	

Línea de carga sobre el muro

Carga [kN/m]	
Dist. al tope del muro [m]	

Datos sobre la napa freática

Altura inicial [m]	0.00
Inclinación del primer trazo [°]	0.00
Largo del primer trazo [m]	0.00
Inclinación del segundo trazo [°]	0.00
Largo del segundo trazo [m]	0.00

Datos sobre efectos sísmicos

Coefficiente Horizontal	
Coefficiente Vertical	

Producto

Ambiente	Baja Agresividad
----------	------------------

Mesh	GSC 0.5	GSC 1.0
Gabion POLIMAC™ 80/410	820	410
STRONG FACE POLIMAC™ 80/410/489	978	489

ARTHUR HERNANDEZ CARRERA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 248928

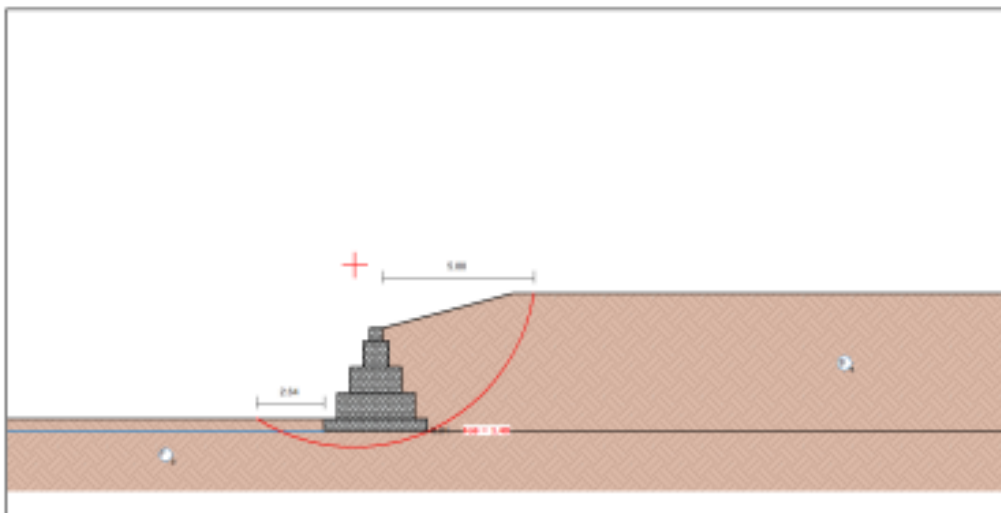
MICHEL DINIENS
ING. CIVIL
CIP N° 283058

JOSEPHUEL FORA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 156719

Resultados

ELU Estado Límite Último

Geometría del Muro



Resultados de los Análisis de Estabilidad

Empuje Activo y Pasivo

Empuje Activo [kN/m]	338.21
Punto de aplicación con ref. al eje X [m]	1.41
Punto de aplicación con ref. al eje Y [m]	1.35
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	53.63
Empuje Pasivo [kN/m]	6.75
Punto de aplicación con ref. al eje X [m]	0.00
Punto de aplicación con ref. al eje Y [m]	0.17
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	0.00

Deslizamiento

Fuerza normal en la base [kN/m]	590.71
Punto de aplicación con ref. al eje X [m]	2.22
Punto de aplicación con ref. al eje Y [m]	0.00
Fuerza actuante tangencial [kN/m]	64.17
Fuerza resistente tangencial [kN/m]	111.08
Deslizamiento	1.73

Vuelco

Momento Activo [kN/m x m]	86.72
Momento Resistente [kN/m x m]	488.28
Vuelco	5.63

Tensiones Actuantes en la Fundación

Excentricidad	-0.22
Tensión normal a la izquierda [kN/m²]	30.12
Tensión normal a la derecha [kN/m²]	80.23
Tensión última de la fundación [kN/m²]	117.68
Tensión de la Base izq.	3.91
Tensión de la Base der.	1.95

Estabilidad Global | Bishop

Centro del arco con referencia al eje X [m]	1.16
Centro del arco con referencia al eje Y [m]	6.45
Global	1.40

Alfonso
ALFONSO F. GARCIA
INGENIERO CIVIL
C.P. 284510

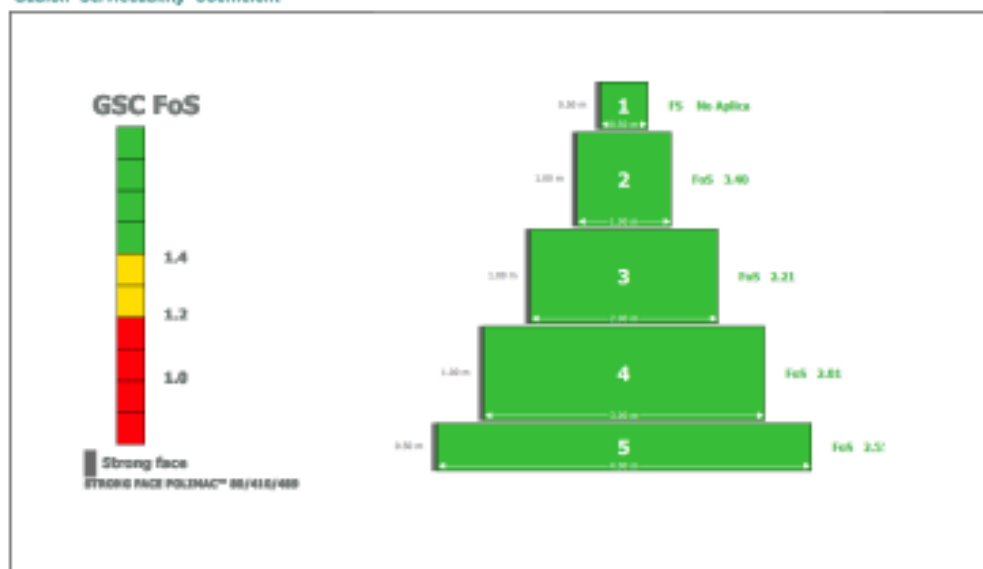
Michael
MICHAEL DENNIS
INGENIERO CIVIL
C.P. 284510

Josep
JOSEP M. FORA ALVINO
INGENIERO CIVIL
C.P. 284510

Resultados

ELS Estado Límite de Servicio

Gabion Serviceability Coefficient



ELU Estado Límite Último

Externa

PS para Vuelco

FoS 5.63

PS para Deslizamiento

FoS 1.73

PS - Torsion de la Base Izq.

FoS 3.91

PS - Torsion de la Base der.

FoS 1.95

Global

PS Global

FoS 1.40

Interna

Camada	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	T _{Hiss} [kN/m]	T _{Alt} [kN/m ²]	τ FoS	σ _{Hiss} [kN/m ²]	σ _{Alt} [kN/m ²]	σ FoS
1	0.58	3.13	8.73	8.77	1.46	26.32	38.68	6.40	248.29	38.89
2	1.58	19.22	7.89	8.06	7.69	35.44	4.35	22.90	248.29	18.84
3	2.58	59.52	23.90	57.62	11.75	45.98	3.74	38.74	248.29	8.88
4	3.58	123.18	47.61	187.80	15.87	55.28	3.48	48.40	248.29	6.13

ARTHUR VILLAS CLAY
INGENIERO CIVIL
C.P. 28822

MICHEL DUBOIS
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 28355

JOSEPH ALFONSO ALONSO
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 28215

ANEXO 12

PROCESAMIENTO DE DATOS: SOFTWARE GAWAC 3.0 (GABION WALL DESIGN SOFTWARE) H = 4.50 M

GAWAC 3.0

Gabion Wall Design Software

MACCAFERRI

www.maccferri.com

15/11/2025 09: 1 / 3

Informaciones del Proyecto

Proyecto de tesis : "Evaluación estructural de muros tipo gavión integrados a un terraplén permeable para la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables: Caso Yanujanca, Marañón 2025"

Tesis : Bach. Juan Pablo Juan de Dios Silva

Datos Iniciales

Datos sobre el muro

Inclinación del muro	0.00
Peso esp. de las piedras [kN/m³]	15.50
Porosidad de los gaviones [%]	30.00
Geotextil en el terraplén	Si
Reducción en la fricción [%]	0.00
Geotextil en la base	No
Reducción en la fricción [%]	0.00

Datos sobre el suelo del terraplén

Inclinación del primer trazo [°]	15.00
Largo del primer trazo [m]	10.00
Inclinación del segundo trazo [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	18.00
Ángulo de fricción del suelo [°]	30.00
Cohesión del suelo [kN/m²]	0.00

Línea	Altura inicial [m]	Inclinación [deg]	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]
-------	--------------------	-------------------	-------------------------	------------------	-----------------------

Datos sobre la fundación

Profundidad de la fundación [m]	0.50
Largo horiz. en la fundación [m]	10.00
Inclinación de la de fundación [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	18.00
Ángulo de fricción del suelo [°]	30.00
Cohesión del suelo [kN/m²]	0.00
Presión aceptable en la fundación [kN/m²]	117.68
Nivel del agua [m]	

Capa	Profundidad [m]	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción [deg]
------	-----------------	-------------------------	------------------	-----------------------

Datos sobre las cargas

Cargas distribuidas sobre el terraplén

Primer trazo [kN/m²]	q1
Segundo trazo [kN/m²]	q2

Cargas distribuidas sobre el muro

Carga [kN/m²]	
---------------	--

Línea de carga sobre el terraplén

Carga 1 [kN/m]	
----------------	--

Dist. al tope del muro [m]	
----------------------------	--

Carga 2 [kN/m]	
----------------	--

Dist. al tope del muro [m]	
----------------------------	--

Carga 3 [kN/m]	
----------------	--

Dist. al tope del muro [m]	
----------------------------	--

Línea de carga sobre el muro

Carga [kN/m]	
--------------	--

Dist. al tope del muro [m]	
----------------------------	--

Datos sobre la napa freática

Altura inicial [m]	0.00
Inclinación del primer trazo [°]	0.00
Largo del primer trazo [m]	0.00
Inclinación del segundo trazo [°]	0.00
Largo del segundo trazo [m]	0.00

Datos sobre efectos sísmicos

Coefficiente Horizontal	
Coefficiente Vertical	

Producto

Ambiente	Low Aggressive
----------	----------------

Mesh	GSC 0.5	GSC 1.0
------	---------	---------

Gabion POLIMAC™ 80/410	820	410
------------------------	-----	-----

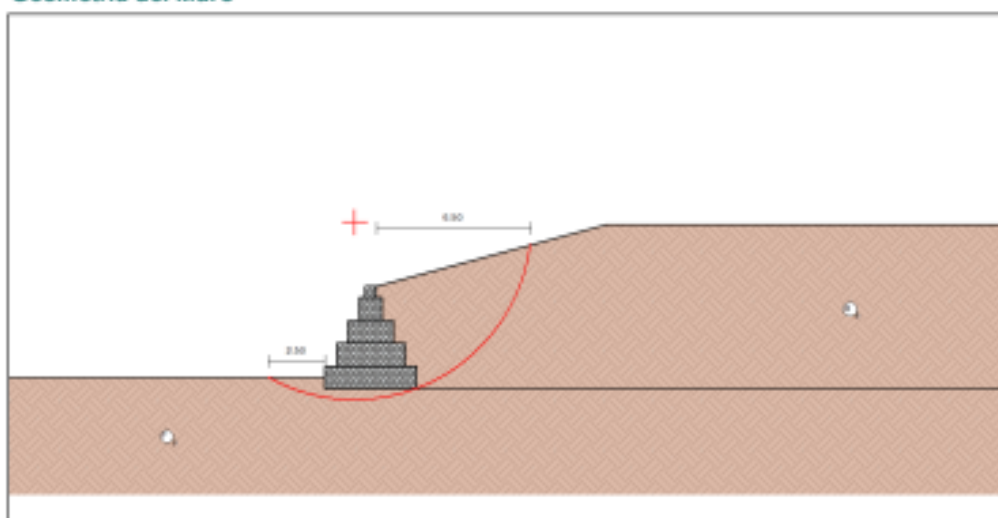
STRONG FACE POLIMAC™ 80/410/489	978	489
---------------------------------	-----	-----

This report is automatically generated by the software GAWAC 3.0, so please refer to the general Terms and Condition of the DEVELOPER's software.
GAWAC for Market Area: PERU

Resultados

ELU Estado Límite Último

Geometría del Muro



Resultados de los Analisis de Estabilidad

Empuje Activo y Pasivo

Empuje Activo [kN/m]	127.84
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	3.42
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	1.50
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	51.25
Empuje Pasivo [kN/m]	6.75
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	0.00
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.17
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	0.00

Deslizamiento

Fuerza normal en la base [kN/m]	210.24
Punto de aplicación con ref. al eje X[m]	2.09
Punto de aplicación con ref. al eje Y[m]	0.00
Fuerza actuante tangencial [kN/m]	80.02
Fuerza resistente tangencial [kN/m]	128.13
Deslizamiento	1.60

Vuelco

Momento Activo [kN/m x m]	120.03
Momento Resistente [kN/m x m]	559.11
Vuelco	4.66

Tensiones Actuantes en la Fundación

Excentricidad	-0.09
Tensión normal a la izquierda [kN/m²]	45.58
Tensión normal a la derecha [kN/m²]	59.54
Tensión última de la fundación [kN/m²]	117.68
Tensión de la Base Izq.	2.58
Tensión de la Base der.	1.98

Estabilidad Global | Bishop

Centro del arco con referencia al eje X [m]	1.29
Centro del arco con referencia al eje Y [m]	7.28
Global	1.42

Arturo
ARTURO M. C. C. C. C.
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 28992

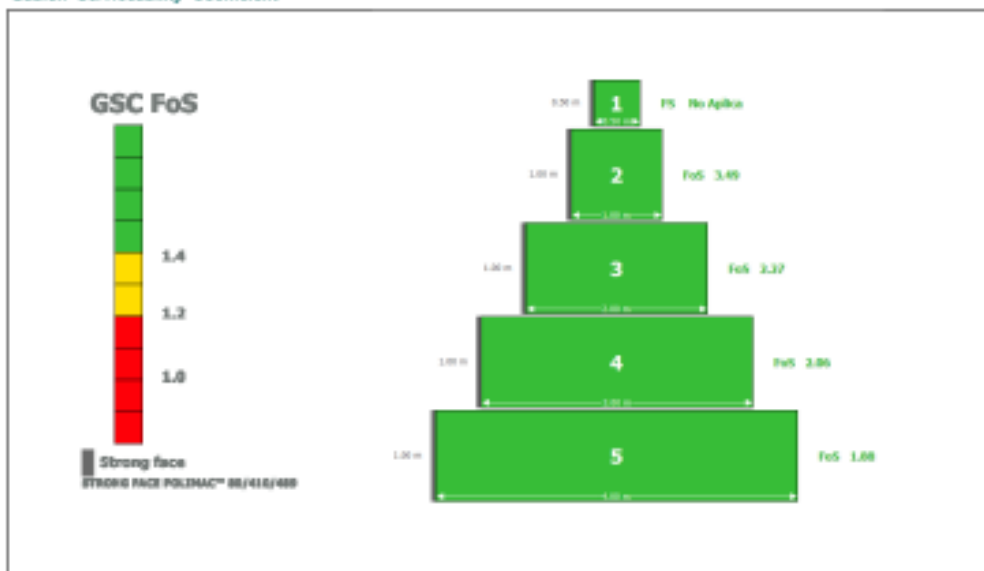
Ministerio
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
ING. CIVIL
C.I.P. N° 28992

Josep
JOSEPH A. ROMA NUÑO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 184218

Resultados

ELS Estado Límite de Servicio

Gabion Serviceability Coefficient



ELU Estado Límite Último

Externa

PS para Vuelco

FoS

4.66

PS para Deslizamiento

FoS

1.60

PS - Tensión de la Base Izq.

FoS

2.58

PS - Tensión de la Base der.

FoS

1.98

Global

PS Global

FoS

1.42

Interna

Camada	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	T _{Hor} [kN/m]	T _{Ver} [kN/m ²]	FoS	T _{Hor} [kN/m ²]	T _{Ver} [kN/m ²]	OFoS
1	0.50	3.13	8.73	8.77	1.46	29.32	30.68	6.40	248.29	38.89
2	1.50	19.22	7.89	8.06	7.69	33.44	4.35	22.80	248.29	16.84
3	2.50	59.52	23.50	57.82	11.75	43.98	3.74	38.74	248.29	8.88
4	3.50	122.18	47.61	107.80	15.87	55.28	3.48	48.40	248.29	6.15

ARTURIO DELGADO
INGENIERO CIVIL
C.P. 201816

MICHEL DENING
INGENIERO CIVIL
C.P. 202066

JOSEPH N. POBIA ALONSO
INGENIERO CIVIL
C.P. 202119

ANEXO 13

PROCESAMIENTO DE DATOS: SOFTWARE GAWAC 3.0 (GABION WALL DESIGN SOFTWARE) H = 5.00 M

GAWAC 3.0

Gabion Wall Design Software

MACCAFERRI

www.maccferri.com

15/11/2025 pag. 1 / 3

• Informaciones del Proyecto

Proyecto de tesis : "Evaluación estructural de muros tipo gavión integrados a un terraplén permeable para la estabilización de plataformas de acceso a puentes carrozables: Caso Yanajanca, Marañón 2025"

Testista : Blach, Jean Paolo Juan de Dios Silva

• Datos Iniciales

Datos sobre el muro

Inclinación del muro	0.00
Peso esp. de las piedras [kN/m³]	15.50
Porosidad de los gaviones [%]	30.00
Geotextil en el terraplén	SI
Reducción en la fricción [%]	0.00
Geotextil en la base	SI
Reducción en la fricción [%]	0.00

Datos sobre el suelo del terraplén

Inclinación del primer trazo [°]	15.00
Largo del primer trazo [m]	10.00
Inclinación del segundo trazo [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	18.00
Ángulo de fricción del suelo [°]	30.00
Cohesión del suelo [kN/m²]	0.00

Layer	Altura inicial [m]	Inclinación deg	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción (deg)
-------	--------------------	-----------------	-------------------------	------------------	-----------------------

Datos sobre la fundación

Profundidad de la fundación [m]	0.50
Largo horiz. en la fundación [m]	10.00
Inclinación de la de fundación [°]	0.00
Peso específico del suelo [kN/m³]	18.00
Ángulo de fricción del suelo [°]	30.00
Cohesión del suelo [kN/m²]	0.00
Presión aceptable en la fundación [kN/m²]	117.68
Nivel del agua [m]	0.00

Corriente	Profundidad [m]	Peso específico [kN/m³]	Cohesión [kN/m²]	Ángulo fricción (deg)
-----------	-----------------	-------------------------	------------------	-----------------------

Datos sobre las cargas

Cargas distribuidas sobre el terraplén

Primer trazo [kN/m²]	q1
Segundo trazo [kN/m²]	q2

Cargas distribuidas sobre el muro

Carga [kN/m²]	
---------------	--

Línea de carga sobre el terraplén

Carga 1 [kN/m]	
----------------	--

Dist. al tope del muro [m]	
----------------------------	--

Carga 2 [kN/m]	
----------------	--

Dist. al tope del muro [m]	
----------------------------	--

Carga 3 [kN/m]	
----------------	--

Dist. al tope del muro [m]	
----------------------------	--

Línea de carga sobre el muro

Carga [kN/m]	
--------------	--

Dist. al tope del muro [m]	
----------------------------	--

Datos sobre la napa freática

Altura inicial [m]	0.00
Inclinación del primer trazo [°]	0.00
Largo del primer trazo [m]	0.00
Inclinación del segundo trazo [°]	0.00
Largo del segundo trazo [m]	0.00

Datos sobre efectos sísmicos

Coefficiente Horizontal	
Coefficiente Vertical	

Producto

Ambiente	Baja Agresividad
----------	------------------

Mesh	GSC 0.5	GSC 1.0
------	---------	---------

Gabion POLIMAC™ 80/410	820	410
------------------------	-----	-----

STRONG FACE POLIMAC™ 80/410/489	978	489
---------------------------------	-----	-----





ARTURU DENNO GONZALEZ
 INGENIERO CIVIL
 C.P. 200416

MICHEL DENNO
 RINDOSA CRUZOSAIRE
 ING. CIVIL
 CIP N° 282658

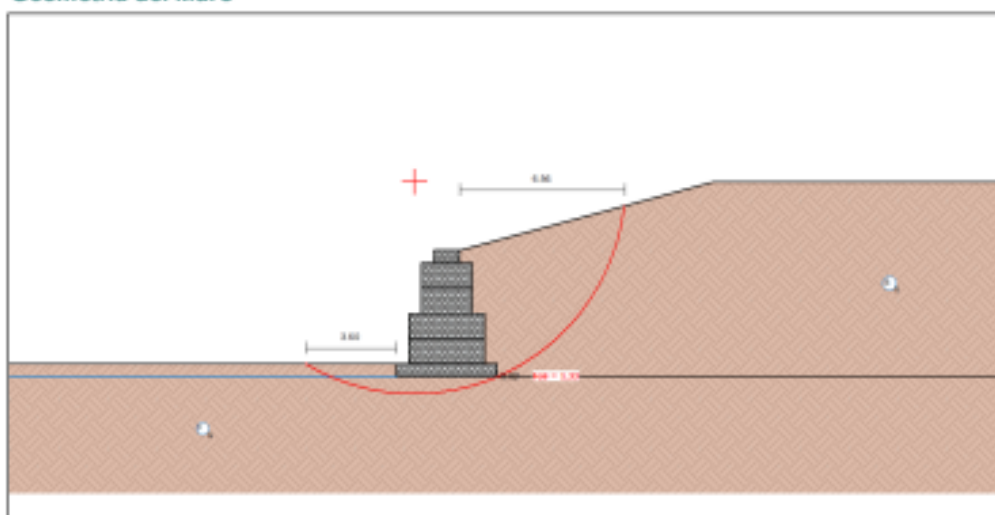
JHONNY ALVARADO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 208119

This report is automatically generated by the software GAWAC 3.0, so please refer to the general Terms and Condition of the DEVELOPER's software.
GAWAC for Market Areas PERU

Resultados

ELU Estado Limite Último

Geometría del Muro



Resultados de los Analisis de Estabilidad

Empuje Activo y Pasivo

Empuje Activo [kN/m]	137.05
Punto de aplicación con ref. al eje X [m]	3.50
Punto de aplicación con ref. al eje Y [m]	1.67
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	46.70
Empuje Pasivo [kN/m]	6.75
Punto de aplicación con ref. al eje X [m]	0.00
Punto de aplicación con ref. al eje Y [m]	0.17
Dirección del empuje con ref. al eje X [°]	0.00

Deslizamiento

Fuerza normal en la base [kN/m]	235.37
Punto de aplicación con ref. al eje X [m]	1.98
Punto de aplicación con ref. al eje Y [m]	0.00
Fuerza actuante tangencial [kN/m]	93.99
Fuerza resistente tangencial [kN/m]	142.64
Deslizamiento	1.52

Vuelco

Momento Activo [kN/m x m]	156.66
Momento Resistente [kN/m x m]	622.15
Vuelco	3.97

Tensiones Actuantes en la Fundación

Excentricidad	0.02
Tensión normal a la izquierda [kN/m²]	60.81
Tensión normal a la derecha [kN/m²]	56.88
Tensión última de la fundación [kN/m²]	117.68
Tensión de la Base Izq.	1.94
Tensión de la Base der.	2.07

Estabilidad Global | Bishop

Centro del arco con referencia al eje X [m]	0.71
Centro del arco con referencia al eje Y [m]	7.71
Global	1.33

Arquitecto
ARTHUR HENRY CESTARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 284939

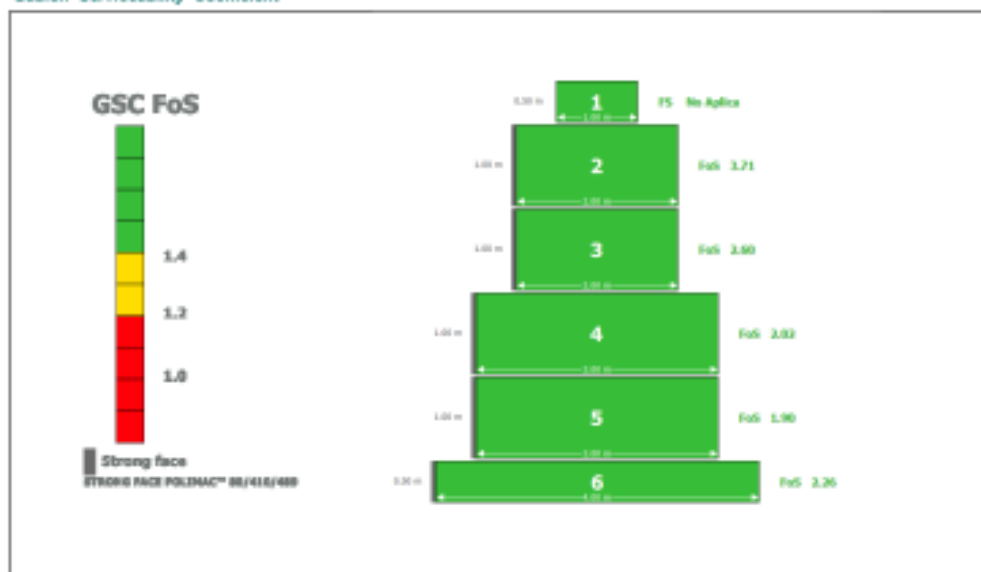
Arquitecto
MICHEL BENOIT
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 282688

Arquitecto
JOSEPH AL POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 282679

Resultados

ELS Estado Límite de Servicio

Gabion Serviceability Coefficient



ELU Estado Límite Último

Externa

PS para Vuelco

FoS 3.97

PS para Deslizamiento

FoS 1.52

PS - Tensión de la Base Izq.

FoS 1.94

PS - Tensión de la Base der.

FoS 2.07

Global

PS Global

FoS 1.33

Interna

Carnado	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	T _{hier} [kN/m]	T _{al} [kN/m ²]	FoS	T _{hier} [kN/m ²]	T _{al} [kN/m ²]	T _{FoS}
1	0.50	5.86	8.73	3.84	0.73	28.89	39.58	5.67	248.29	43.79
2	1.50	15.50	8.83	37.94	4.33	31.97	7.43	18.61	248.29	14.83
3	2.50	64.03	23.93	58.20	10.97	46.24	4.33	35.22	248.29	7.85
4	3.50	125.84	45.64	187.38	15.21	56.17	3.68	42.25	248.29	5.88
5	4.50	172.06	72.25	217.53	24.08	71.57	3.97	68.94	248.29	3.65

ARTURO VILLALBA
INGENIERO CIVIL
C.P. 189420

RICHARD DÍAZ
INGENIERO CIVIL
C.P. 189420

INGENIERO CIVIL
C.P. 189420

ANEXO 14

PROCESAMIENTO DE DATOS: GEO5

1. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL MURO TIPO GAVIÓN

BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
-------------------------------------	---

Gabion analysis

Input data

Project : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
 Customer : TESIS - UDH
 Author : BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA
 Date : 04/12/2025

Settings

Philippines - DPWH Settings

Wall analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)
 Active earth pressure calculation : Coulomb
 Passive earth pressure calculation : Coulomb
 Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
 Shape of earth wedge : Calculate as skew
 Allowable eccentricity : 0.333

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for overturning :	SF _o =	3.00	[-]
Safety factor for sliding resistance :	SF _s =	1.50	[-]
Safety factor for bearing capacity :	SF _b =	3.00	[-]
Safety factor for mesh strength :	SF _n =	1.50	[-]

Reduction coefficients			
Permanent design situation			
Reduction coeff. of friction between blocks :	γ _f =	1.50	[-]

Material of blocks - filling

No.	Name	γ [kN/m ³]	φ [°]	c [kPa]
1	Material No. 1	18.00	30.00	0.00

Material of blocks - mesh

No.	Name	Strength overh. R _t [kN/m]	Spacing of vert. meshes v [m]	Bear.cap. of front joint R _s [kN/m]
1	Material No. 1	40.00	1.00	40.00

Geometry of structure

No.	Width b [m]	Height h [m]	Offset a [m]	Material
5	0.50	0.50	0.25	Material No. 1
4	1.00	1.00	0.50	Material No. 1
3	2.00	1.00	0.50	Material No. 1
2	3.00	1.00	0.50	Material No. 1
1	4.00	1.00	-	Material No. 1

Gabion slope = 0.00 °
 Overall height = 4.50 m
 Overall wall volume = 10.25 m³/m

Arthur Reyes Guevara
 ARTUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930

Michel Dennis Mendoza Chuquitaype
 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAYPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 263698

Joseph W. Poma Alvaro
 JOSEPH W. POMA ALVARO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 356219

BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
-------------------------------------	---

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Gravas mal graduadas		30.00	0.00	18.00	10.00	16.00

All soils are considered as cohesionless for at rest pressure analysis.

Soil parameters

Gravas mal graduadas

Unit weight : $\gamma = 18.00$ kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30.00^\circ$
Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00$ kPa
Angle of friction struc.-soil : $\delta = 16.00^\circ$
Soil : cohesionless
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00$ kN/m³

Backfill

Assigned soil : Gravas mal graduadas
Slope = 45.00°

Geological profile and assigned soils

Position information

Terrain elevation = 10.00 m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Elevation [m]	Assigned soil	Pattern
1		- 0.00 .. ∞	10.00 .. -	Gravas mal graduadas	

Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 3.00 m
GWT in front of the structure lies at a depth of 4.00 m
Subgrade at the heel is not permeable.
Uplift in foot. bottom due to different pressures is not considered.

Input surface surcharges

No.	Surcharge		Action	Mag.1 [kN/m ²]	Mag.2 [kN/m ²]	Ord.x x [m]	Length l [m]	Depth z [m]
	new	change						
1	Yes		permanent	20.00	20.00	1.00	4.00	on terrain
2	Yes		variable	2.00	2.00	1.00	4.00	on terrain

No.	Name
1	Carga 01
2	Carga de agua

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest
Soil on front face of the structure - Gravas mal graduadas
Soil thickness in front of structure $h=1.00$ m


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930


JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219


MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 263698

Terrain in front of structure is flat.

Global settings

Minimum pressure is considered as $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Reduction of soil/soil friction angle : do not reduce

Verification No. 1

Forces acting on construction

Name	F _{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F _{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.73	164.50	2.00	1.000
FF resistance	-4.00	-0.35	0.00	0.00	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.33	2.47	3.65	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.29	3.90	3.17	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-3.29	3.90	2.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-4.14	0.97	2.33	1.000
Active pressure	54.39	-1.60	62.75	3.45	1.000
Water pressure	10.00	-0.54	0.00	2.25	1.000
Uplift pressure	0.00	-4.50	0.00	2.25	1.000
Carga 01	14.16	-1.79	14.54	3.31	1.000
Carga de agua	1.42	-1.79	1.45	3.31	1.000

Verification of complete wall

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 632.30$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 118.90$ kNm/m

Safety factor = 5.32 > 3.00

Wall for overturning is SATISFACTORY

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 146.92$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 75.97$ kN/m

Safety factor = 1.93 > 1.50

Wall for slip is SATISFACTORY

Arthur Reyes Guevara
ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Michel Dennis Mendoza Chuquitaype
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Joseph W. Poma Alvin
JOSEPH W. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

Overall check - WALL is SATISFACTORY

Bearing capacity of foundation soil

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	-4.44	254.48	75.97	0.000	63.62

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	-4.44	254.48	75.97

Verification of foundation soil

Stress in the footing bottom : rectangle

Eccentricity verification

Max. eccentricity of normal force $e = 0.000$
 Maximum allowable eccentricity $e_{alw} = 0.333$

Eccentricity of the normal force is SATISFACTORY

Verification of bearing capacity

Max. stress at footing bottom $\sigma = 63.62 \text{ kPa}$
 Allowable bearing capacity of foundation soil $R_d = 220.32 \text{ kPa}$

Safety factor = $3.46 > 3.00$

Bearing capacity of foundation soil is SATISFACTORY

Overall verification - bearing capacity of found. soil is SATISFACTORY

Dimensioning No. 1

Forces acting on construction

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.25	112.50	1.50	1.150
Weight - earth wedge	0.00	-1.29	3.90	2.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.29	3.90	2.17	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-3.14	0.97	1.83	1.000
Active pressure	33.82	-1.22	34.30	2.62	1.000
Water pressure	1.25	-0.17	0.00	1.75	1.000
Uplift pressure	0.00	-3.50	0.00	1.75	1.000
Carga 01	11.38	-1.30	10.40	2.56	1.000
Carga de agua	1.14	-1.30	1.04	2.56	1.000

Verification of construction joint above the block No.: 1

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 334.04 \text{ kNm/m}$
 Overturning moment $M_{ovr} = 57.62 \text{ kNm/m}$

Safety factor = $5.80 > 3.00$

Joint for overturning stability is SATISFACTORY

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 106.17 \text{ kN/m}$
 Active horizontal force $H_{act} = 47.58 \text{ kN/m}$

Safety factor = $2.23 > 1.50$

Joint for slip is SATISFACTORY

Maximum pressure on the bottom block = 61.30 kPa
 Red.Coeff. by offset of top block = 0.13
 Average value of pressure on face = 7.17 kPa
 Shear force transferred by friction = 70.78 kN/m

Bearing capacity against transverse pressure:

Joint bear.capacity = 40.00 kN/m
 Computed stress-state = 3.59 kN/m

Safety factor = $11.16 > 1.50$

Transverse pressure check is SATISFACTORY

Arthur Reyes Guevara
 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930

Michel Dennis
 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAYPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 283698

Joseph W. Poma Alvino
 JOSEPH W. POMA ALVINO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 356219

Joint btw. blocks check:

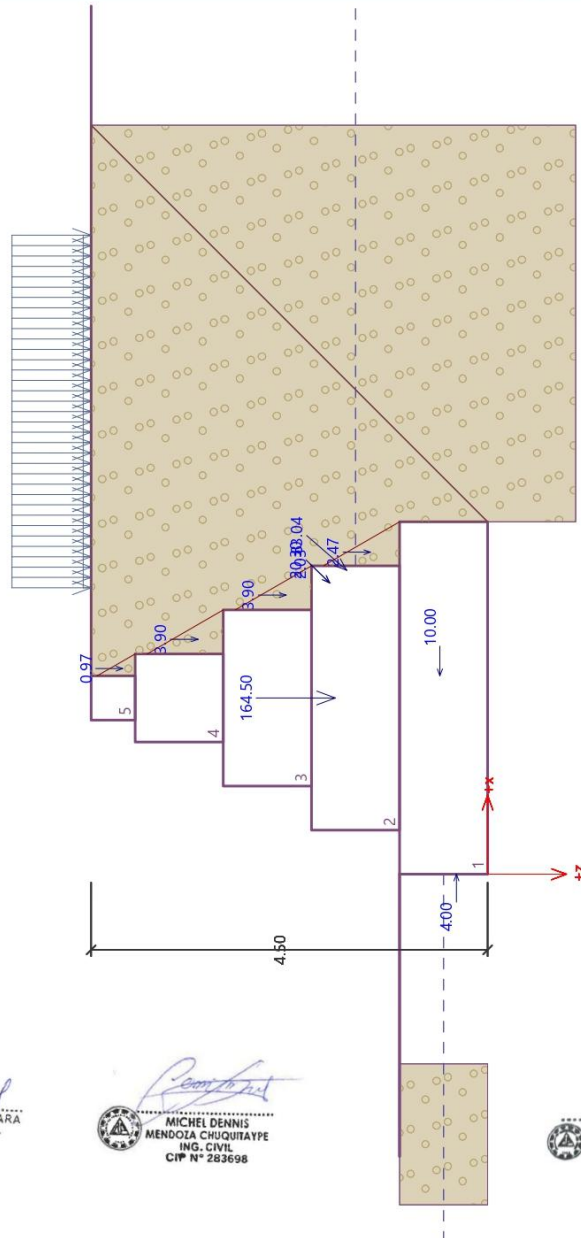
Mesh material bear.capacity = 40.00 kN/m

Computed stress-state = 3.59 kN/m

Safety factor = 11.16 > 1.50

Joint between blocks is SATISFACTORY
ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698
JOSEPH W. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 356219

Stage - analysis : 1 - 1



Joseph W. Poma
JOSEPH W. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

PROCESAMIENTO DE DATOS: GEO5

2. VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE

BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
-------------------------------------	---

Gabion analysis

Input data

Project : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
 Customer : TESIS - UDH
 Author : BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA
 Date : 04/12/2025

Settings

Philippines - DPWH Settings

Wall analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)
 Active earth pressure calculation : Coulomb
 Passive earth pressure calculation : Coulomb
 Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
 Shape of earth wedge : Calculate as skew
 Allowable eccentricity : 0.333

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor for overturning :	$SF_o =$	3.00 [-]
Safety factor for sliding resistance :	$SF_s =$	1.50 [-]
Safety factor for bearing capacity :	$SF_b =$	3.00 [-]
Safety factor for mesh strength :	$SF_n =$	1.50 [-]

Reduction coefficients		
Permanent design situation		
Reduction coeff. of friction between blocks :	$\gamma_f =$	1.50 [-]

Material of blocks - filling

No.	Name	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]
1	Material No. 1	18.00	30.00	0.00

Material of blocks - mesh

No.	Name	Strength overh. R_t [kN/m]	Spacing of vert. meshes v [m]	Bear.cap. of front joint R_s [kN/m]
1	Material No. 1	40.00	1.00	40.00

Geometry of structure

No.	Width b [m]	Height h [m]	Offset a [m]	Material
5	0.50	0.50	0.25	Material No. 1
4	1.00	1.00	0.50	Material No. 1
3	2.00	1.00	0.50	Material No. 1
2	3.00	1.00	0.50	Material No. 1
1	4.00	1.00	-	Material No. 1

Gabion slope = 0.00 °
 Overall height = 4.50 m
 Overall wall volume = 10.25 m³/m

Cepeda
 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930

Michel Dennis
 MICHEL DENNIS
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 283698

Josef W. Poma Alvaro
 JOSEPH W. POMA ALVARO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219

1

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]	γ_{su} [kN/m³]	δ [°]
1	Gravas mal graduadas		30.00	0.00	18.00	10.00	16.00

All soils are considered as cohesionless for at rest pressure analysis.

Soil parameters

Gravas mal graduadas

Unit weight : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Angle of friction struc.-soil : $\delta = 16.00^\circ$
 Soil : cohesionless
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Backfill

Assigned soil : Gravas mal graduadas
 Slope = 45.00°

Geological profile and assigned soils

Position information

Terrain elevation = 10.00 m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Elevation [m]	Assigned soil	Pattern
1		- 0.00 .. ∞	10.00 .. -	Gravas mal graduadas	

Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 3.00 m
 GWT in front of the structure lies at a depth of 4.00 m
 Subgrade at the heel is not permeable.
 Uplift in foot. bottom due to different pressures is not considered.

Input surface surcharges

No.	Surcharge		Action	Mag.1 [kN/m²]	Mag.2 [kN/m²]	Ord.x x [m]	Length l [m]	Depth z [m]
	new	change						
1	Yes		permanent	20.00	20.00	1.00	4.00	on terrain
2	Yes		variable	2.00	2.00	1.00	4.00	on terrain

No.	Name
1	Carga 01
2	Carga de agua

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest
 Soil on front face of the structure - Gravas mal graduadas
 Soil thickness in front of structure $h=1.00\text{m}$


 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930


 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CRUQUITAYPE
 ING. CIVIL
 C.I.P. N° 283698


 JOSEPH W. POMA ALVARO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219

Terrain in front of structure is flat.

Global settings

Minimum pressure is considered as $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Reduction of soil/soil friction angle : do not reduce

Verification No. 1

Forces acting on construction

Name	F _{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F _{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.73	164.50	2.00	1.000
FF resistance	-4.00	-0.35	0.00	0.00	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.33	2.47	3.65	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.29	3.90	3.17	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-3.29	3.90	2.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-4.14	0.97	2.33	1.000
Active pressure	54.39	-1.60	62.75	3.45	1.000
Water pressure	10.00	-0.54	0.00	2.25	1.000
Uplift pressure	0.00	-4.50	0.00	2.25	1.000
Carga 01	14.16	-1.79	14.54	3.31	1.000
Carga de agua	1.42	-1.79	1.45	3.31	1.000

Verification of complete wall

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 632.30$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 118.90$ kNm/m

Safety factor = 5.32 > 3.00

Wall for overturning is **SATISFACTORY**

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 146.92$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 75.97$ kN/m

Safety factor = 1.93 > 1.50

Wall for slip is **SATISFACTORY**

Overall check - WALL is **SATISFACTORY**

Bearing capacity of foundation soil

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	-4.44	254.48	75.97	0.000	63.62

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	-4.44	254.48	75.97

Verification of foundation soil

Stress in the footing bottom : rectangle


MICHEL DENNIS
ING. CIVIL
CIP N° 283698


JOSEPH N. POMA ALVING
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Eccentricity verification

Max. eccentricity of normal force $e = 0.000$
 Maximum allowable eccentricity $e_{alw} = 0.333$

Eccentricity of the normal force is SATISFACTORY

Verification of bearing capacity

Max. stress at footing bottom $\sigma = 63.62 \text{ kPa}$
 Allowable bearing capacity of foundation soil $R_d = 220.32 \text{ kPa}$

Safety factor = $3.46 > 3.00$

Bearing capacity of foundation soil is SATISFACTORY

Overall verification - bearing capacity of found. soil is SATISFACTORY

Dimensioning No. 1

Forces acting on construction

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.25	112.50	1.50	1.150
Weight - earth wedge	0.00	-1.29	3.90	2.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.29	3.90	2.17	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-3.14	0.97	1.83	1.000
Active pressure	33.82	-1.22	34.30	2.62	1.000
Water pressure	1.25	-0.17	0.00	1.75	1.000
Uplift pressure	0.00	-3.50	0.00	1.75	1.000
Carga 01	11.38	-1.30	10.40	2.56	1.000
Carga de agua	1.14	-1.30	1.04	2.56	1.000

Verification of construction joint above the block No.: 1

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 334.04 \text{ kNm/m}$
 Overturning moment $M_{ovr} = 57.62 \text{ kNm/m}$

Safety factor = $5.80 > 3.00$

Joint for overturning stability is SATISFACTORY

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 106.17 \text{ kN/m}$
 Active horizontal force $H_{act} = 47.58 \text{ kN/m}$

Safety factor = $2.23 > 1.50$

Joint for slip is SATISFACTORY

Maximum pressure on the bottom block = 61.30 kPa
 Red.Coeff. by offset of top block = 0.13
 Average value of pressure on face = 7.17 kPa
 Shear force transferred by friction = 70.78 kN/m


 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930

Bearing capacity against transverse pressure:

Joint bear.capacity = 40.00 kN/m
 Computed stress-state = 3.59 kN/m

Safety factor = $11.16 > 1.50$

Transverse pressure check is SATISFACTORY


 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 283698


 JOSEPH W. POIMA ALVINO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219

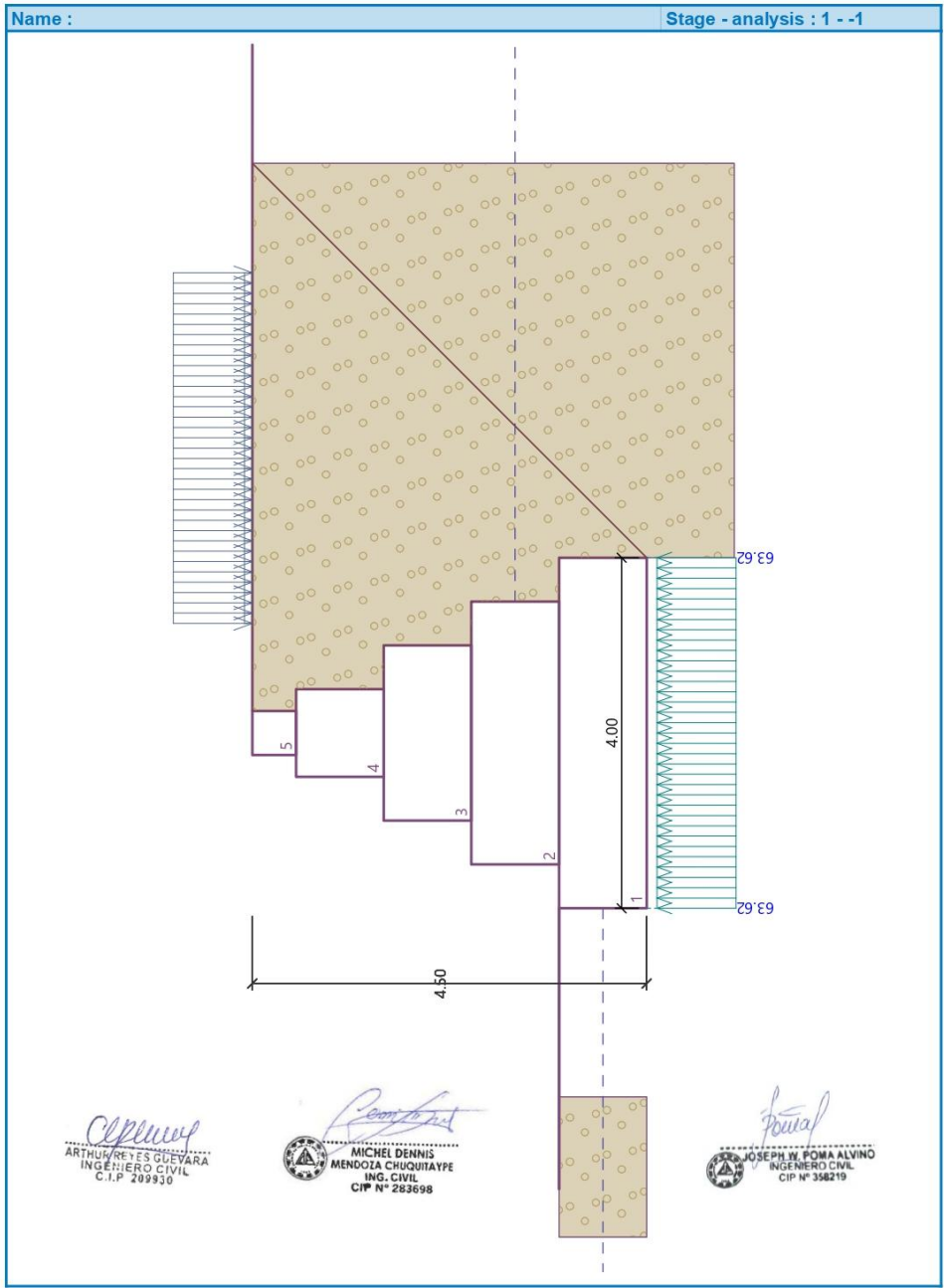
Joint btw. blocks check:

Mesh material bear.capacity = 40.00 kN/m

Computed stress-state = 3.59 kN/m

Safety factor = 11.16 > 1.50

Joint between blocks is SATISFACTORY
ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUCUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698
JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219



[GEO5 - Gabion Wall (32 bit) | version 5.2024.120.0 | Copyright © 2024 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

PROCESAMIENTO DE DATOS: GEO5

3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD AL VUELCO DEL MURO DE GAVIONES

BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
-------------------------------------	---

Gabion analysis

Input data

Project : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
 Customer : TESIS - UDH
 Author : BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA
 Date : 04/12/2025

Settings

Philippines - DPWH Settings

Wall analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)
 Active earth pressure calculation : Coulomb
 Passive earth pressure calculation : Coulomb
 Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
 Shape of earth wedge : Calculate as skew
 Allowable eccentricity : 0.333

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor for overturning :	$SF_o =$	3.00 [-]
Safety factor for sliding resistance :	$SF_s =$	1.50 [-]
Safety factor for bearing capacity :	$SF_b =$	3.00 [-]
Safety factor for mesh strength :	$SF_n =$	1.50 [-]

Reduction coefficients		
Permanent design situation		
Reduction coeff. of friction between blocks :	$V_f =$	1.50 [-]

Material of blocks - filling

No.	Name	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kPa]
1	Material No. 1	18.00	30.00	0.00

Material of blocks - mesh

No.	Name	Strength overh. R_t [kN/m]	Spacing of vert. meshes v [m]	Bear.cap. of front joint R_s [kN/m]
1	Material No. 1	40.00	1.00	40.00

Geometry of structure

No.	Width b [m]	Height h [m]	Offset a [m]	Material
5	0.50	0.50	0.25	Material No. 1
4	1.00	1.00	0.50	Material No. 1
3	2.00	1.00	0.50	Material No. 1
2	3.00	1.00	0.50	Material No. 1
1	4.00	1.00	-	Material No. 1

Gabion slope = 0.00 °
 Overall height = 4.50 m
 Overall wall volume = 10.25 m³/m

Cephus
 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930

Reyes
 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CRUQUITAYPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 283698

Foral
 JOSEPH W. POMA ALVINO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219

1

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]	γ_{su} [kN/m³]	δ [°]
1	Gravas mal graduadas		30.00	0.00	18.00	10.00	16.00

All soils are considered as cohesionless for at rest pressure analysis.

Soil parameters

Gravas mal graduadas

Unit weight : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Angle of friction struc.-soil : $\delta = 16.00^\circ$
 Soil : cohesionless
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Backfill

Assigned soil : Gravas mal graduadas
 Slope = 45.00°

Geological profile and assigned soils

Position information

Terrain elevation = 10.00 m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Elevation [m]	Assigned soil	Pattern
1		- 0.00 .. ∞	10.00 .. -	Gravas mal graduadas	

Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 3.00 m
 GWT in front of the structure lies at a depth of 4.00 m
 Subgrade at the heel is not permeable.
 Uplift in foot. bottom due to different pressures is not considered.

Input surface surcharges

No.	Surcharge		Action	Mag.1 [kN/m²]	Mag.2 [kN/m²]	Ord.x x [m]	Length l [m]	Depth z [m]
	new	change						
1	Yes		permanent	20.00	20.00	1.00	4.00	on terrain
2	Yes		variable	2.00	2.00	1.00	4.00	on terrain

No.	Name
1	Carga 01
2	Carga de agua

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest
 Soil on front face of the structure - Gravas mal graduadas
 Soil thickness in front of structure $h = 1.00 \text{ m}$


 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930


 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAYPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 263698


 JOSEPH N. POMA ALVARO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219

Terrain in front of structure is flat.

Global settings

Minimum pressure is considered as $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Reduction of soil/soil friction angle : do not reduce

Verification No. 1

Forces acting on construction

Name	F _{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F _{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.73	164.50	2.00	1.000
FF resistance	-4.00	-0.35	0.00	0.00	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.33	2.47	3.65	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.29	3.90	3.17	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-3.29	3.90	2.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-4.14	0.97	2.33	1.000
Active pressure	54.39	-1.60	62.75	3.45	1.000
Water pressure	10.00	-0.54	0.00	2.25	1.000
Uplift pressure	0.00	-4.50	0.00	2.25	1.000
Carga 01	14.16	-1.79	14.54	3.31	1.000
Carga de agua	1.42	-1.79	1.45	3.31	1.000

Verification of complete wall

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 632.30$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 118.90$ kNm/m

Safety factor = 5.32 > 3.00

Wall for overturning is SATISFACTORY

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 146.92$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 75.97$ kN/m

Safety factor = 1.93 > 1.50

Wall for slip is SATISFACTORY

Overall check - WALL is SATISFACTORY

Bearing capacity of foundation soil

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	-4.44	254.48	75.97	0.000	63.62

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	-4.44	254.48	75.97

Verification of foundation soil

Stress in the footing bottom : rectangle



MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698



JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219



ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 289930

Eccentricity verification

Max. eccentricity of normal force $e = 0.000$
 Maximum allowable eccentricity $e_{alw} = 0.333$

Eccentricity of the normal force is SATISFACTORY

Verification of bearing capacity

Max. stress at footing bottom $\sigma = 63.62 \text{ kPa}$
 Allowable bearing capacity of foundation soil $R_d = 220.32 \text{ kPa}$

Safety factor = $3.46 > 3.00$

Bearing capacity of foundation soil is SATISFACTORY

Overall verification - bearing capacity of found. soil is SATISFACTORY

Dimensioning No. 1

Forces acting on construction

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.25	112.50	1.50	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.29	3.90	2.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.29	3.90	2.17	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-3.14	0.97	1.83	1.000
Active pressure	33.82	-1.22	34.30	2.62	1.000
Water pressure	1.25	-0.17	0.00	1.75	1.000
Uplift pressure	0.00	-3.50	0.00	1.75	1.000
Carga 01	11.38	-1.30	10.40	2.56	1.000
Carga de agua	1.14	-1.30	1.04	2.56	1.000

Verification of construction joint above the block No.: 1

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 308.73 \text{ kNm/m}$
 Overturning moment $M_{ovr} = 57.62 \text{ kNm/m}$

Safety factor = $5.36 > 3.00$

Joint for overturning stability is SATISFACTORY

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 96.42 \text{ kN/m}$
 Active horizontal force $H_{act} = 47.58 \text{ kN/m}$

Safety factor = $2.03 > 1.50$

Joint for slip is SATISFACTORY

Maximum pressure on the bottom block = 55.67 kPa
 Red.Coeff. by offset of top block = 0.13
 Average value of pressure on face = 6.86 kPa
 Shear force transferred by friction = 64.28 kN/m

Bearing capacity against transverse pressure:

Joint bear.capacity = 40.00 kN/m
 Computed stress-state = 3.43 kN/m

Safety factor = $11.67 > 1.50$

Transverse pressure check is SATISFACTORY

Arthur Reyes Guevara
 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930

Michel Dennis
 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAYPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 283698

Joseph W. Poma Alvaro
 JOSEPH W. POMA ALVARO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219

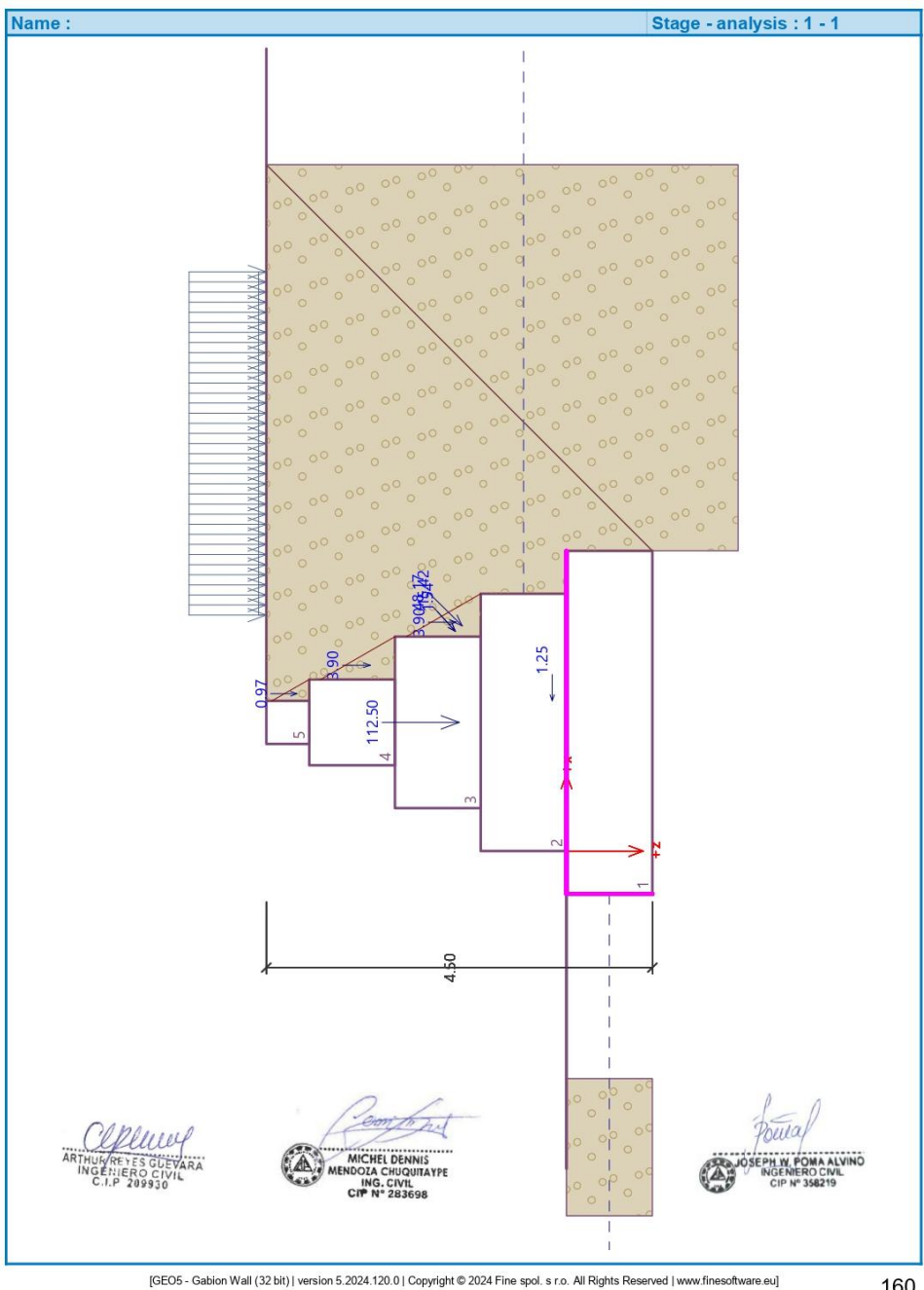
Joint btw. blocks check:

Mesh material bear.capacity = 40.00 kN/m

Computed stress-state = 3.43 kN/m

Safety factor = 11.67 > 1.50

Joint between blocks is SATISFACTORY
ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930
MICHEL DENNIS
MENDOZA CRUQUIATPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698
JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219



Gabion analysis

Input data

Project : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
Customer : TESIS - UDH
Author : BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA
Date : 04/12/2025

Settings

Philippines - DPWH Settings

Wall analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)
Active earth pressure calculation : Coulomb
Passive earth pressure calculation : Coulomb
Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
Shape of earth wedge : Calculate as skew
Allowable eccentricity : 0.333

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for overturning :	SF _o =	3.00	[-]
Safety factor for sliding resistance :	SF _s =	1.50	[-]
Safety factor for bearing capacity :	SF _b =	3.00	[-]
Safety factor for mesh strength :	SF _n =	1.50	[-]

Reduction coefficients			
Permanent design situation			
Reduction coeff. of friction between blocks :	γ _f =	1.50	[-]

Material of blocks - filling

No.	Name	γ [kN/m³]	φ [°]	c [kPa]
1	Material No. 1	18.00	30.00	0.00

Material of blocks - mesh

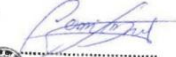
No.	Name	Strength overh. R _t [kN/m]	Spacing of vert. meshes v [m]	Bear.cap. of front joint R _s [kN/m]
1	Material No. 1	40.00	1.00	40.00

Geometry of structure

No.	Width b [m]	Height h [m]	Offset a [m]	Material
5	0.50	0.50	0.25	Material No. 1
4	1.00	1.00	0.50	Material No. 1
3	2.00	1.00	0.50	Material No. 1
2	3.00	1.00	0.50	Material No. 1
1	4.00	1.00	-	Material No. 1

Gabion slope = 0.00 °
Overall height = 4.50 m
Overall wall volume = 10.25 m³/m


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209950


MICHEL DENNIS
MENDOCIA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698


JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]	γ_{su} [kN/m³]	δ [°]
1	Gravas mal graduadas		30.00	0.00	18.00	10.00	16.00

All soils are considered as cohesionless for at rest pressure analysis.

Soil parameters

Gravas mal graduadas

Unit weight : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Angle of friction struc.-soil : $\delta = 16.00^\circ$
 Soil : cohesionless
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Backfill

Assigned soil : Gravas mal graduadas
 Slope = 45.00°

Geological profile and assigned soils

Position information

Terrain elevation = 10.00 m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Elevation [m]	Assigned soil	Pattern
1		- 0.00 .. ∞	10.00 .. -	Gravas mal graduadas	

Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 3.00 m
 GWT in front of the structure lies at a depth of 4.00 m
 Subgrade at the heel is not permeable.
 Uplift in foot. bottom due to different pressures is not considered.

Input surface surcharges

No.	Surcharge		Action	Mag.1 [kN/m²]	Mag.2 [kN/m²]	Ord.x x [m]	Length l [m]	Depth z [m]
	new	change						
1	Yes		permanent	20.00	20.00	1.00	4.00	on terrain
2	Yes		variable	2.00	2.00	1.00	4.00	on terrain

No.	Name
1	Carga 01
2	Carga de agua

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest
 Soil on front face of the structure - Gravas mal graduadas
 Soil thickness in front of structure $h = 1.00 \text{ m}$


 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930


 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAYPE
 ING. CIVIL
 C.I.P. N° 283698


 JOSEPH W. POMA ALVARO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 358219

Terrain in front of structure is flat.

Global settings

Minimum pressure is considered as $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Reduction of soil/soil friction angle : do not reduce

Verification No. 1

Forces acting on construction

Name	F _{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F _{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.73	164.50	2.00	1.000
FF resistance	-4.00	-0.35	0.00	0.00	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.33	2.47	3.65	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.29	3.90	3.17	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-3.29	3.90	2.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-4.14	0.97	2.33	1.000
Active pressure	54.39	-1.60	62.75	3.45	1.000
Water pressure	10.00	-0.54	0.00	2.25	1.000
Uplift pressure	0.00	-4.50	0.00	2.25	1.000
Carga 01	14.16	-1.79	14.54	3.31	1.000
Carga de agua	1.42	-1.79	1.45	3.31	1.000

Verification of complete wall

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 632.30$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 118.90$ kNm/m

Safety factor = 5.32 > 3.00

Wall for overturning is **SATISFACTORY**

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 146.92$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 75.97$ kN/m

Safety factor = 1.93 > 1.50

Wall for slip is **SATISFACTORY**

Overall check - WALL is **SATISFACTORY**

Bearing capacity of foundation soil

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	-4.44	254.48	75.97	0.000	63.62

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	-4.44	254.48	75.97

Verification of foundation soil

Stress in the footing bottom : rectangle


MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698


JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Eccentricity verificationMax. eccentricity of normal force $e = 0.000$ Maximum allowable eccentricity $e_{alw} = 0.333$ **Eccentricity of the normal force is SATISFACTORY****Verification of bearing capacity**Max. stress at footing bottom $\sigma = 63.62 \text{ kPa}$ Allowable bearing capacity of foundation soil $R_d = 220.32 \text{ kPa}$ Safety factor = $3.46 > 3.00$ **Bearing capacity of foundation soil is SATISFACTORY****Overall verification - bearing capacity of found. soil is SATISFACTORY****Dimensioning No. 1****Forces acting on construction**

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-0.94	58.50	1.00	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.29	3.90	1.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.14	0.97	1.33	1.000
Active pressure	17.08	-0.86	13.98	1.79	1.000
Water pressure	0.00	-2.50	0.00	1.25	1.000
Carga 01	8.45	-0.84	6.07	1.81	1.000
Carga de agua	0.84	-0.84	0.61	1.81	1.000

Verification of construction joint above the block No.: 2**Check for overturning stability**Resisting moment $M_{res} = 103.45 \text{ kNm/m}$ Overturning moment $M_{ovr} = 22.55 \text{ kNm/m}$ Safety factor = $4.59 > 3.00$ **Joint for overturning stability is SATISFACTORY****Check for slip**Resisting horizontal force $H_{res} = 48.51 \text{ kN/m}$ Active horizontal force $H_{act} = 26.37 \text{ kN/m}$ Safety factor = $1.84 > 1.50$ **Joint for slip is SATISFACTORY**Maximum pressure on the bottom block = 43.64 kPa Red.Coeff. by offset of top block = 0.13 Average value of pressure on face = 6.19 kPa Shear force transferred by friction = 32.34 kN/m **Bearing capacity against transverse pressure:**Joint bear.capacity = 40.00 kN/m Computed stress-state = 3.09 kN/m Safety factor = $12.93 > 1.50$ **Transverse pressure check is SATISFACTORY****Joint btw. blocks check:**

Arthur Reyes Guevara
ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Michael Dennis
MICHAEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Joseph N. Poma Alvaro
JOSEPH N. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
-------------------------------------	---

Mesh material bear.capacity = 40.00 kN/m
 Computed stress-state = 3.09 kN/m

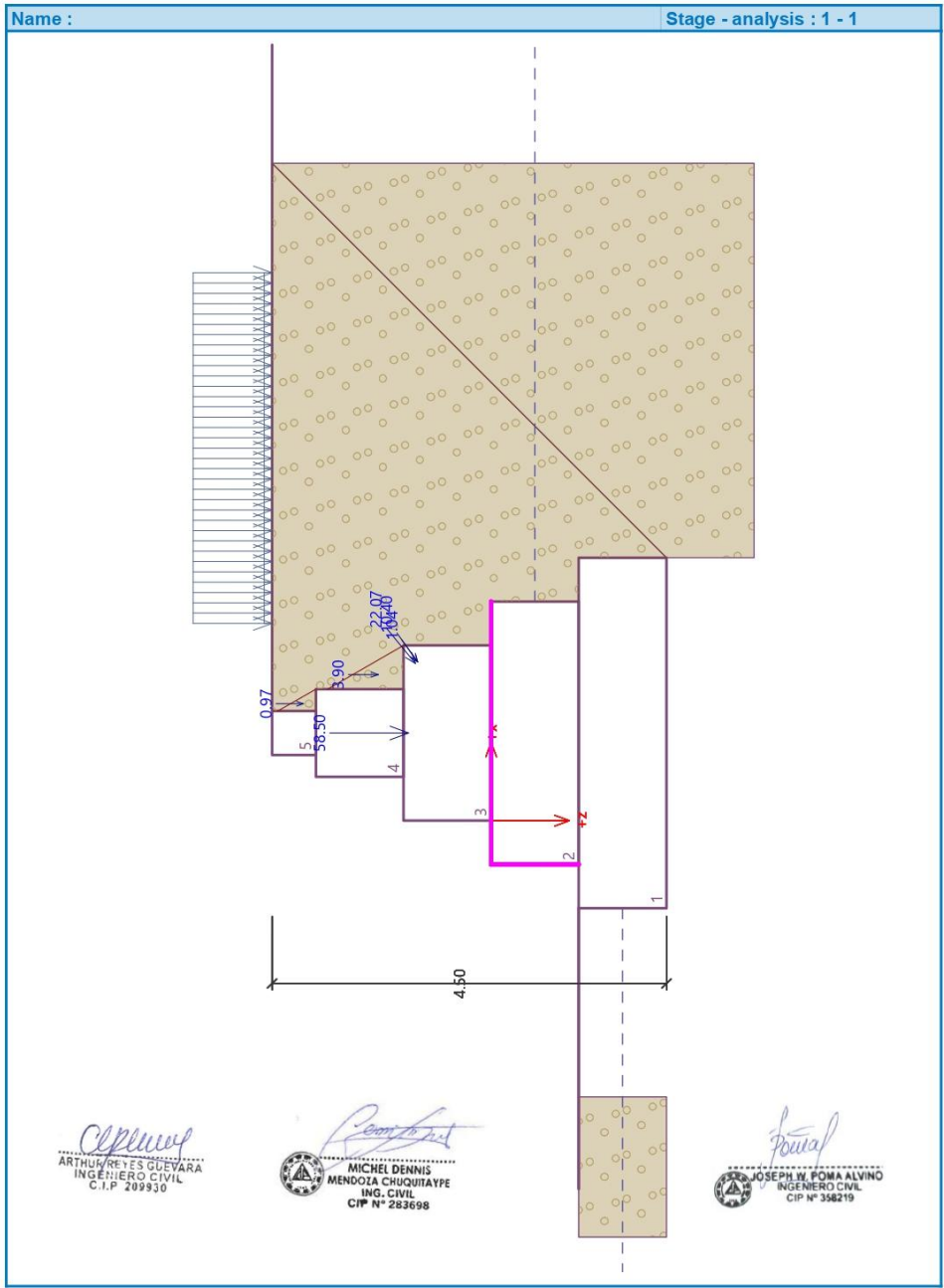
Safety factor = 12.93 > 1.50

Joint between blocks is SATISFACTORY


 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930


 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAYE
 ING. CIVIL
 CIP N° 283698


 JOSEPH N. POMA ALVARO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219



Gabion analysis

Input data

Project : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
 Customer : TESIS - UDH
 Author : BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA
 Date : 04/12/2025

Settings

Philippines - DPWH Settings

Wall analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)
 Active earth pressure calculation : Coulomb
 Passive earth pressure calculation : Coulomb
 Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
 Shape of earth wedge : Calculate as skew
 Allowable eccentricity : 0.333

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for overturning :	SF _o =	3.00	[-]
Safety factor for sliding resistance :	SF _s =	1.50	[-]
Safety factor for bearing capacity :	SF _b =	3.00	[-]
Safety factor for mesh strength :	SF _n =	1.50	[-]

Reduction coefficients			
Permanent design situation			
Reduction coeff. of friction between blocks :	γ _f =	1.50	[-]

Material of blocks - filling

No.	Name	γ [kN/m³]	φ [°]	c [kPa]
1	Material No. 1	18.00	30.00	0.00

Material of blocks - mesh

No.	Name	Strength overh. R _t [kN/m]	Spacing of vert. meshes v [m]	Bear.cap. of front joint R _s [kN/m]
1	Material No. 1	40.00	1.00	40.00

Geometry of structure

No.	Width b [m]	Height h [m]	Offset a [m]	Material
5	0.50	0.50	0.25	Material No. 1
4	1.00	1.00	0.50	Material No. 1
3	2.00	1.00	0.50	Material No. 1
2	3.00	1.00	0.50	Material No. 1
1	4.00	1.00	-	Material No. 1

Gabion slope = 0.00 °
 Overall height = 4.50 m
 Overall wall volume = 10.25 m³/m



 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P 209930



 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAYPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 283698



 JOSEPH N. POMA ALVINO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219

BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
-------------------------------------	---

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]	γ_{su} [kN/m³]	δ [°]
1	Gravas mal graduadas		30.00	0.00	18.00	10.00	16.00

All soils are considered as cohesionless for at rest pressure analysis.

Soil parameters

Gravas mal graduadas

Unit weight : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
Stress-state : effective
Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30.00^\circ$
Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
Angle of friction struc.-soil : $\delta = 16.00^\circ$
Soil : cohesionless
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Backfill

Assigned soil : Gravitas mal graduadas
Slope = 45.00°

Geological profile and assigned soils

Position information

Terrain elevation = 10.00 m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Elevation [m]	Assigned soil	Pattern
1		- 0.00 .. ∞	10.00 .. -	Gravas mal graduadas	

Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 3.00 m
GWT in front of the structure lies at a depth of 4.00 m
Subgrade at the heel is not permeable.
Uplift in foot. bottom due to different pressures is not considered.

Input surface surcharges

No.	Surcharge		Action	Mag.1 [kN/m²]	Mag.2 [kN/m²]	Ord.x x [m]	Length l [m]	Depth z [m]
	new	change						
1	Yes		permanent	20.00	20.00	1.00	4.00	on terrain
2	Yes		variable	2.00	2.00	1.00	4.00	on terrain

No.	Name
1	Carga 01
2	Carga de agua

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest
Soil on front face of the structure - Gravitas mal graduadas
Soil thickness in front of structure $h = 1.00 \text{ m}$


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930


MICHEL DENNIS
MENDOCIA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698


JOSEPH W. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

Terrain in front of structure is flat.

Global settings

Minimum pressure is considered as $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Reduction of soil/soil friction angle : do not reduce

Verification No. 1

Forces acting on construction

Name	F _{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F _{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.73	164.50	2.00	1.000
FF resistance	-4.00	-0.35	0.00	0.00	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.33	2.47	3.65	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.29	3.90	3.17	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-3.29	3.90	2.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-4.14	0.97	2.33	1.000
Active pressure	54.39	-1.60	62.75	3.45	1.000
Water pressure	10.00	-0.54	0.00	2.25	1.000
Uplift pressure	0.00	-4.50	0.00	2.25	1.000
Carga 01	14.16	-1.79	14.54	3.31	1.000
Carga de agua	1.42	-1.79	1.45	3.31	1.000

Verification of complete wall

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 632.30$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 118.90$ kNm/m

Safety factor = 5.32 > 3.00

Wall for overturning is **SATISFACTORY**

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 146.92$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 75.97$ kN/m

Safety factor = 1.93 > 1.50

Wall for slip is **SATISFACTORY**

Overall check - WALL is **SATISFACTORY**

Bearing capacity of foundation soil

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	-4.44	254.48	75.97	0.000	63.62

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	-4.44	254.48	75.97

Verification of foundation soil

Stress in the footing bottom : rectangle


MICHEL DENNIS
ING. CIVIL
CIP N° 283698


JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Eccentricity verification

Max. eccentricity of normal force $e = 0.000$
 Maximum allowable eccentricity $e_{alw} = 0.333$

Eccentricity of the normal force is SATISFACTORY

Verification of bearing capacity

Max. stress at footing bottom $\sigma = 63.62 \text{ kPa}$
 Allowable bearing capacity of foundation soil $R_d = 220.32 \text{ kPa}$

Safety factor = $3.46 > 3.00$

Bearing capacity of foundation soil is SATISFACTORY

Overall verification - bearing capacity of found. soil is SATISFACTORY

Dimensioning No. 1

Forces acting on construction

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-0.65	22.50	0.50	1.150
Weight - earth wedge	0.00	-1.14	0.97	0.83	1.000
Active pressure	5.95	-0.51	2.77	0.96	1.000
Water pressure	0.00	-1.50	0.00	0.75	1.000
Carga 01	5.37	-0.46	1.54	1.00	1.000
Carga de agua	0.54	-0.46	0.15	1.00	1.000

Verification of construction joint above the block No.: 3

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 18.09 \text{ kNm/m}$
 Overturning moment $M_{ovr} = 5.79 \text{ kNm/m}$

Safety factor = $3.13 > 3.00$

Joint for overturning stability is SATISFACTORY

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 18.08 \text{ kN/m}$
 Active horizontal force $H_{act} = 11.86 \text{ kN/m}$

Safety factor = $1.52 > 1.50$

Joint for slip is SATISFACTORY

Maximum pressure on the bottom block = 39.83 kPa
 Red.Coeff. by offset of top block = 0.13
 Average value of pressure on face = 5.97 kPa
 Shear force transferred by friction = 12.05 kN/m

Bearing capacity against transverse pressure:

Joint bear.capacity = 40.00 kN/m
 Computed stress-state = 2.99 kN/m

Safety factor = $13.39 > 1.50$

Transverse pressure check is SATISFACTORY

Joint btw. blocks check:

Mesh material bear.capacity = 40.00 kN/m
 Computed stress-state = 2.99 kN/m

Arthur Reyes Guevara
 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930

Michel Dennis Mendoza Chuquitape
 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 253698

Joseph W. Poma Alvino
 JOSEPH W. POMA ALVINO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358219

Safety factor = 13.39 > 1.50
Joint between blocks is **SATISFACTORY**


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

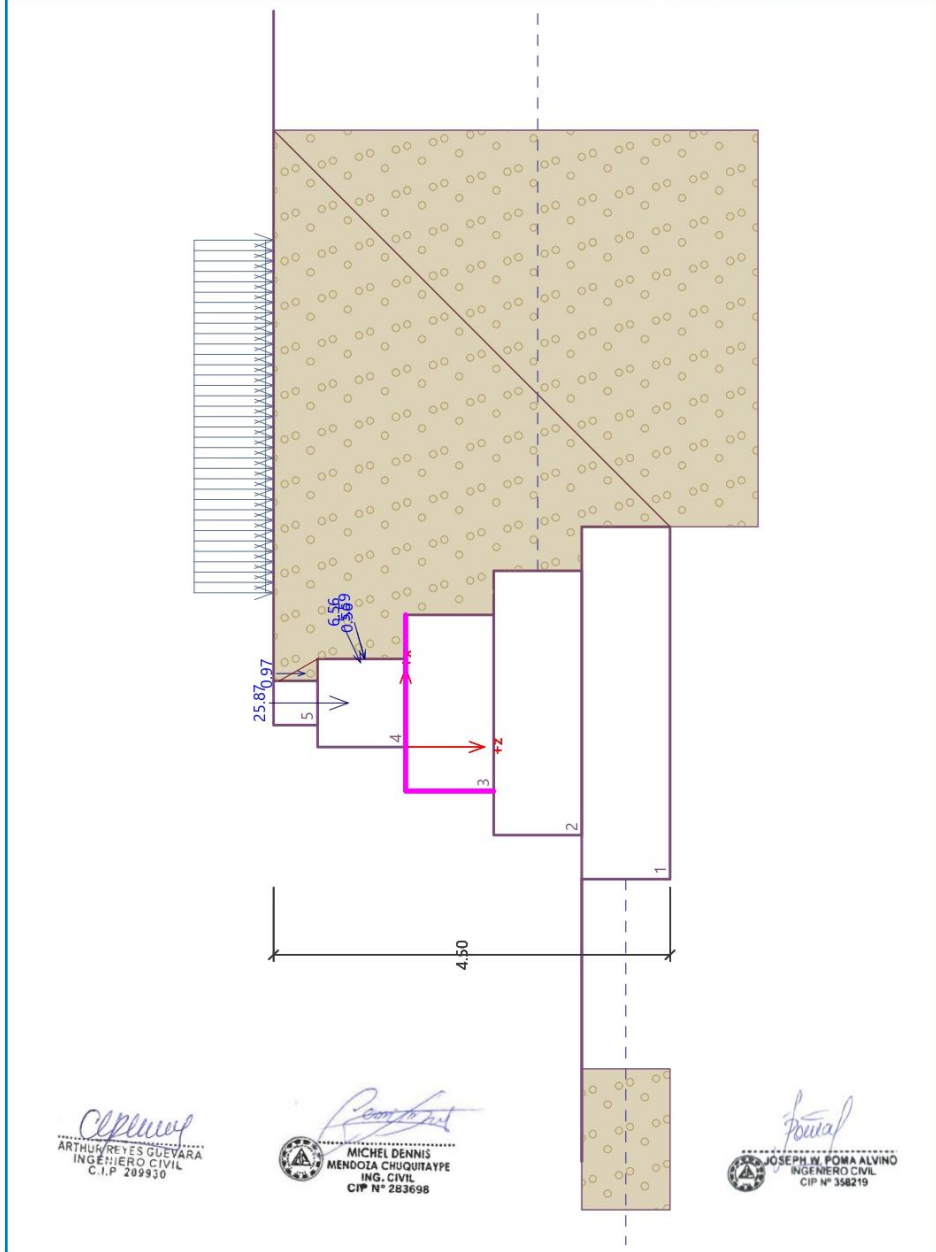


MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698



JOSEPH N. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

Stage - analysis : 1 - 1



Gabion analysis

Input data

Project : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
 Customer : TESIS - UDH
 Author : BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA
 Date : 04/12/2025

Settings

Philippines - DPWH Settings

Wall analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)
 Active earth pressure calculation : Coulomb
 Passive earth pressure calculation : Coulomb
 Earthquake analysis : Mononobe-Okabe
 Shape of earth wedge : Calculate as skew
 Allowable eccentricity : 0.333

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor for overturning :	SF _o =	3.00	[-]
Safety factor for sliding resistance :	SF _s =	1.50	[-]
Safety factor for bearing capacity :	SF _b =	3.00	[-]
Safety factor for mesh strength :	SF _n =	1.50	[-]

Reduction coefficients			
Permanent design situation			
Reduction coeff. of friction between blocks :	γ _f =	1.50	[-]

Material of blocks - filling

No.	Name	γ [kN/m³]	φ [°]	c [kPa]
1	Material No. 1	18.00	30.00	0.00

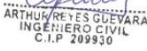
Material of blocks - mesh

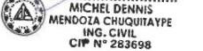
No.	Name	Strength overh. R _t [kN/m]	Spacing of vert. meshes v [m]	Bear.cap. of front joint R _s [kN/m]
1	Material No. 1	40.00	1.00	40.00

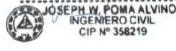
Geometry of structure

No.	Width b [m]	Height h [m]	Offset a [m]	Material
5	0.50	0.50	0.25	Material No. 1
4	1.00	1.00	0.50	Material No. 1
3	2.00	1.00	0.50	Material No. 1
2	3.00	1.00	0.50	Material No. 1
1	4.00	1.00	-	Material No. 1

Gabion slope = 0.00 °
 Overall height = 4.50 m
 Overall wall volume = 10.25 m³/m

Basic soil parameters

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Gravas mal graduadas		30.00	0.00	18.00	10.00	16.00

All soils are considered as cohesionless for at rest pressure analysis.

Soil parameters

Gravas mal graduadas

Unit weight : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Stress-state : effective
 Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 30.00^\circ$
 Cohesion of soil : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Angle of friction struc.-soil : $\delta = 16.00^\circ$
 Soil : cohesionless
 Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Backfill

Assigned soil : Gravas mal graduadas
 Slope = 45.00°

Geological profile and assigned soils

Position information

Terrain elevation = 10.00 m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Elevation [m]	Assigned soil	Pattern
1		- 0.00 .. ∞	10.00 .. -	Gravas mal graduadas	

Foundation

Type of foundation : soil from geological profile

Terrain profile

Terrain behind the structure is flat.

Water influence

GWT behind the structure lies at a depth of 3.00 m
 GWT in front of the structure lies at a depth of 4.00 m
 Subgrade at the heel is not permeable.
 Uplift in foot. bottom due to different pressures is not considered.

Input surface surcharges

No.	Surcharge		Action	Mag.1 [kN/m ²]	Mag.2 [kN/m ²]	Ord.x x [m]	Length l [m]	Depth z [m]
	new	change						
1	Yes		permanent	20.00	20.00	1.00	4.00	on terrain
2	Yes		variable	2.00	2.00	1.00	4.00	on terrain

No.	Name
1	Carga 01
2	Carga de agua

Resistance on front face of the structure

Resistance on front face of the structure: at rest
 Soil on front face of the structure - Gravas mal graduadas
 Soil thickness in front of structure h=1.00m


 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930


 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 283698


 JOSEPH W. POMA ALVARO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 358215

Terrain in front of structure is flat.

Global settings

Minimum pressure is considered as $\sigma_{a,min} = 0.20\sigma_z$

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Reduction of soil/soil friction angle : do not reduce

Verification No. 1

Forces acting on construction

Name	F _{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F _{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-1.73	164.50	2.00	1.000
FF resistance	-4.00	-0.35	0.00	0.00	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-1.33	2.47	3.65	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-2.29	3.90	3.17	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-3.29	3.90	2.67	1.000
Weight - earth wedge	0.00	-4.14	0.97	2.33	1.000
Active pressure	54.39	-1.60	62.75	3.45	1.000
Water pressure	10.00	-0.54	0.00	2.25	1.000
Uplift pressure	0.00	-4.50	0.00	2.25	1.000
Carga 01	14.16	-1.79	14.54	3.31	1.000
Carga de agua	1.42	-1.79	1.45	3.31	1.000

Verification of complete wall

Check for overturning stability

Resisting moment $M_{res} = 632.30$ kNm/m

Overturning moment $M_{ovr} = 118.90$ kNm/m

Safety factor = 5.32 > 3.00

Wall for overturning is **SATISFACTORY**

Check for slip

Resisting horizontal force $H_{res} = 146.92$ kN/m

Active horizontal force $H_{act} = 75.97$ kN/m

Safety factor = 1.93 > 1.50

Wall for slip is **SATISFACTORY**

Overall check - WALL is **SATISFACTORY**

Bearing capacity of foundation soil

Design load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]	Eccentricity [-]	Stress [kPa]
1	-4.44	254.48	75.97	0.000	63.62

Service load acting at the center of footing bottom

No.	Moment [kNm/m]	Norm. force [kN/m]	Shear Force [kN/m]
1	-4.44	254.48	75.97

Verification of foundation soil

Stress in the footing bottom : rectangle


MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698


JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Eccentricity verificationMax. eccentricity of normal force $e = 0.000$ Maximum allowable eccentricity $e_{alw} = 0.333$ **Eccentricity of the normal force is SATISFACTORY****Verification of bearing capacity**Max. stress at footing bottom $\sigma = 63.62 \text{ kPa}$ Allowable bearing capacity of foundation soil $R_d = 220.32 \text{ kPa}$ Safety factor $= 3.46 > 3.00$ **Bearing capacity of foundation soil is SATISFACTORY****Overall verification - bearing capacity of found. soil is SATISFACTORY****Dimensioning No. 1****Forces acting on construction**

Name	F_{hor} [kN/m]	App.Pt. z [m]	F_{vert} [kN/m]	App.Pt. x [m]	Design coefficient
Weight - wall	0.00	-0.25	4.50	0.25	1.000
Active pressure	0.65	-0.17	0.19	0.50	1.000
Water pressure	0.00	-0.50	0.00	0.50	1.000
Carga 01	0.00	-0.50	0.00	0.50	1.000
Carga de agua	0.00	-0.50	0.00	0.50	1.000

Verification of construction joint above the block No.: 4**Check for overturning stability**Resisting moment $M_{res} = 1.22 \text{ kNm/m}$ Overturning moment $M_{ovr} = 0.11 \text{ kNm/m}$ Safety factor $= 11.25 > 3.00$ **Joint for overturning stability is SATISFACTORY****Check for slip**Resisting horizontal force $H_{res} = 2.71 \text{ kN/m}$ Active horizontal force $H_{act} = 0.65 \text{ kN/m}$ Safety factor $= 4.16 > 1.50$ **Joint for slip is SATISFACTORY**Maximum pressure on the bottom block $= 9.89 \text{ kPa}$ Red.Coeff. by offset of top block $= 0.57$ Average value of pressure on face $= 6.09 \text{ kPa}$ Shear force transferred by friction $= 1.80 \text{ kN/m}$ **Bearing capacity against transverse pressure:**Joint bear.capacity $= 40.00 \text{ kN/m}$ Computed stress-state $= 3.04 \text{ kN/m}$ Safety factor $= 13.14 > 1.50$ **Transverse pressure check is SATISFACTORY****Joint btw. blocks check:**Mesh material bear.capacity $= 40.00 \text{ kN/m}$ Computed stress-state $= 3.04 \text{ kN/m}$

Cepeda
ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Michel Dennis
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Joseph B. Poma Alvaro
JOSEPH B. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

Safety factor = 13.14 > 1.50

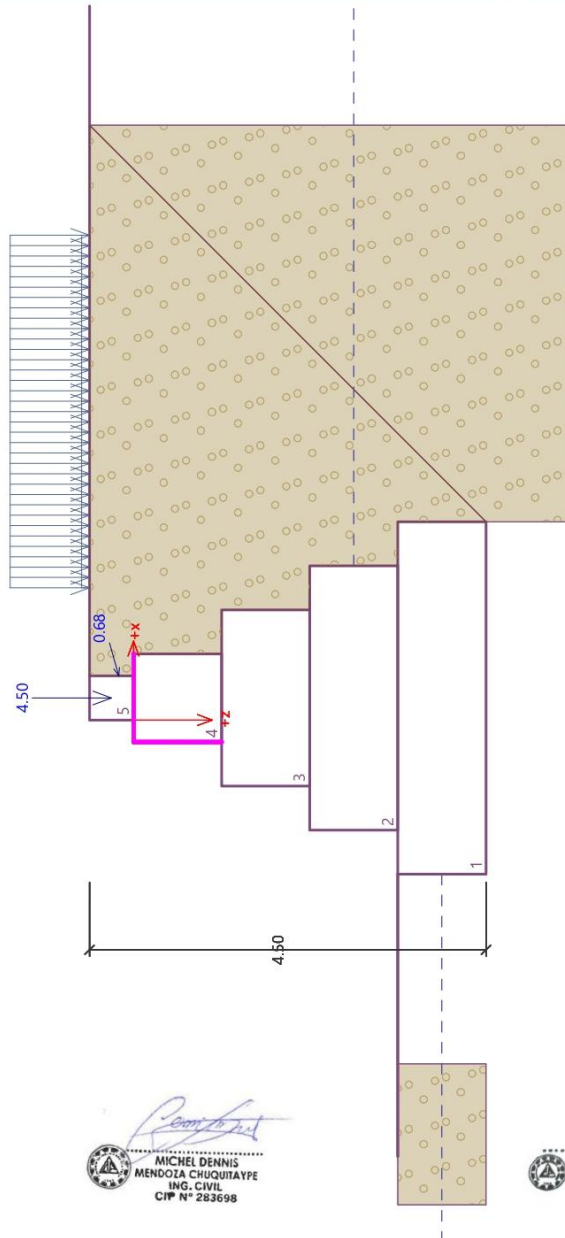
Joint between blocks is SATISFACTORY


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930


 MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 263698


 JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

Stage - analysis : 1 - 1



PROCESAMIENTO DE DATOS: GEO5

4. VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

BACH. JEAN PAOLO JUAN DE DIOS SILVA	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS TIPO GAVIÓN
-------------------------------------	---

Slope stability analysis

Input data (Construction stage 1)

Project

Settings

Philippines - DPWH Settings

Stability analysis

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Earthquake analysis : Standard

Safety factors		
Permanent design situation		
Safety factor :	$SF_s =$	1.50 [-]

Anchors

Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors		
Safety factor for steel strength :	$SF_t =$	1.50 [-]
Safety factor for pull out resistance (soil) :	$SF_e =$	1.50 [-]
Safety factor for pull out resistance (grouting) :	$SF_c =$	1.50 [-]

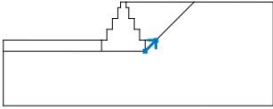
Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-11.25	6.50	-2.25	6.50	-1.75	6.50
		-1.75	7.50	-1.25	7.50	-1.25	8.50
		-0.75	8.50	-0.75	9.50	-0.50	9.50
		-0.50	10.00	0.00	10.00	6.25	10.00
		13.50	10.00				
2		0.00	10.00	0.00	9.50	0.25	9.50
		0.25	8.50	0.75	8.50	0.75	7.50
		1.25	7.50	1.25	6.50	1.75	6.50
3		-2.25	5.50	1.75	5.50	1.75	6.50
		2.75	6.50	6.25	10.00		
4		-11.25	5.50	-2.25	5.50	-2.25	6.50

Cephus
ARTHUR REYES GLEYARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Michel Dennis
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Josep H. Poma Alvaro
JOSEPH H. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]			
		x	z	x	z
5		1.75	5.50	2.75	6.50

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Gravas mal graduadas		30.00	0.00	18.00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Gravas mal graduadas		20.00		

Soil parameters

Gravas mal graduadas

Unit weight :

Stress-state :

Shear strength :

Angle of internal friction :

Cohesion of soil :

Saturated unit weight :

γ = 18.00 kN/m³

effective

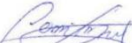
Mohr-Coulomb

φ_{ef} = 30.00 °

c_{ef} = 0.00 kPa

γ_{sat} = 20.00 kN/m³


 ARTHUR REYES GUEVARA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 209930

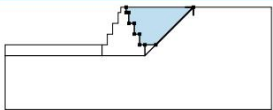

 MICHEL DENNIS
 MENDOZA CHUQUITAYPE
 ING. CIVIL
 CIP N° 283698

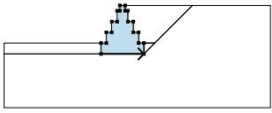
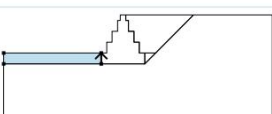
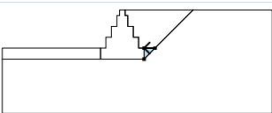
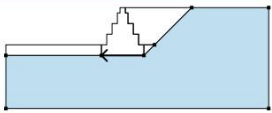

 JOSEPH W. POMA ALVARO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 398219

Rigid Bodies

No.	Name	Sample	γ [kN/m³]
1	Material of structure		18.00

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		2.75	6.50	6.25	10.00	Gravas mal graduadas 
		0.00	10.00	0.00	9.50	
		0.25	9.50	0.25	8.50	
		0.75	8.50	0.75	7.50	
		1.25	7.50	1.25	6.50	
		1.75	6.50			

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
2		-2.25	5.50	1.75	5.50	Material of structure 
		1.75	6.50	1.25	6.50	
		1.25	7.50	0.75	7.50	
		0.75	8.50	0.25	8.50	
		0.25	9.50	0.00	9.50	
		0.00	10.00	-0.50	10.00	
		-0.50	9.50	-0.75	9.50	
		-0.75	8.50	-1.25	8.50	
		-1.25	7.50	-1.75	7.50	
		-1.75	6.50	-2.25	6.50	
3		-2.25	5.50	-2.25	6.50	Gravas mal graduadas 
		-11.25	6.50	-11.25	5.50	
4		2.75	6.50	1.75	6.50	Gravas mal graduadas 
		1.75	5.50			
5		1.75	5.50	-2.25	5.50	Gravas mal graduadas 
		-11.25	5.50	-11.25	0.50	
		13.50	0.50	13.50	10.00	
		6.25	10.00	2.75	6.50	

Surcharge

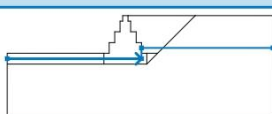
No.	Type	Type of action	Location z [m]	Origin		Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude		
				x [m]	z [m]				q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	unit
1	trapezoid	permanent	on terrain	x = 1.00		l = 4.00		0.00	20.00	20.00	kN/m ²
2	trapezoid	variable	on terrain	x = 1.00		l = 4.00		0.00	2.00	2.00	kN/m ²

Surcharges

No.	Name
1	Carga 01
2	Carga de agua

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-11.25	6.00	1.25	6.00	1.25	7.00
		13.50	7.00				


ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930


JOSEPH W. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 356219


MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Construction stage 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters				
Center :	x =	-1.66 [m]	Angles :	$\alpha_1 =$ -43.75 [°]
	z =	11.47 [m]		$\alpha_2 =$ 77.66 [°]
Radius :	R =	6.88 [m]		
The slip surface after optimization.				

Total weight of soil above the slip surface: 576.72 kN/m

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : $F_a = 220.81$ kN/m

Sum of passive forces : $F_p = 340.10$ kN/m

Sliding moment : $M_a = 1519.17$ kNm/m

Resisting moment : $M_p = 2339.88$ kNm/m

Factor of safety = 1.54 > 1.50

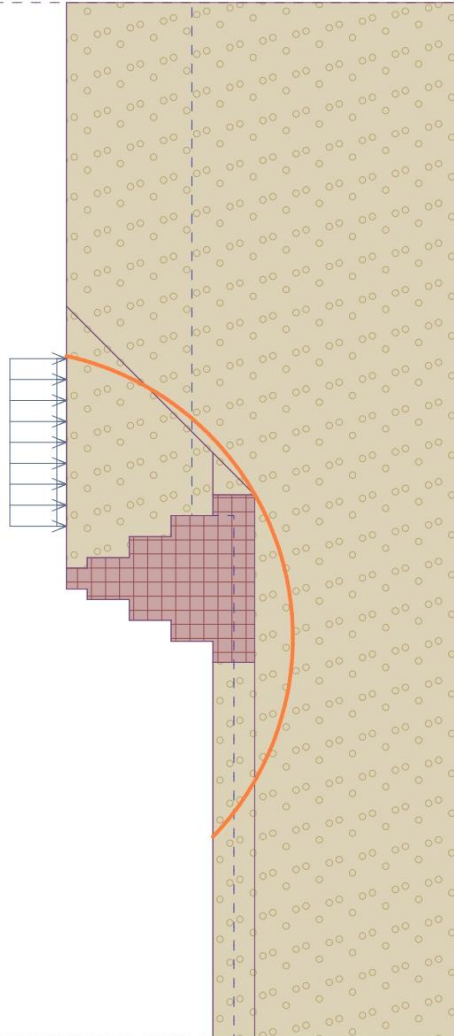
Slope stability ACCEPTABLE

Arthur Reyes
ARTHUR REYES GUAYARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930

Michel Dennis
MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Joseph W. Poma
JOSEPH W. POMA ALVINO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219

Stage - analysis : 1 - 1




 MICHEL DENNIS
MENDOZA CHUQUITAYPE
ING. CIVIL
CIP N° 283698

Slope stability **ACCEPTABLE**

ARTHUR REYES GUEVARA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 209930


JOSEPH W. POMA ALVARO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 358219