



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis estático de estabilidad del muro de gaviones de la
carretera central utilizando envases PET en Chicla - Huarochirí -
Lima, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Cayllahua Huaman Uziel Inoc (ORCID: 0000-0002-3359-5034)

ASESOR:

Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto (ORCID: 0000-0002-6559-0334)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

Al supremo y único Dios, mis padres Eulogio y Feliciano, mis hermanos Soledad, Edwin, Elizabeth y Esther, a mis mentores de confianza total Florencia y Verónica Andrés, a mí mismo por el cumplimiento a los pasos del proceso de mi misión, a mis familiares, amigos y demás personas que no recuerdo sus nombres, pero sí sus rostros. Finalmente, a ti mi Perú porque aún tengo el sueño en que mi país tendrá la más mínima desigualdad y pobreza por el buen coeficiente intelectual y coeficiente emocional que desempeñaran.

Agradecimiento

A Dios porque me ha permitido concluir esta investigación, a la SUNEDU por su mejora continua, a la Universidad Cesar Vallejo y sus maestros por haberme permitido titularme en su institución en plena crisis de la pandemia el cual me ha significado una nueva oportunidad y finalmente a mis maestros de pregrado de la Universidad Alas Peruanas filial Arequipa por sus enseñanzas.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Índice de anexos	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO	16
III. METODOLOGÍA	42
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	42
3.2 Variables y operacionalización	42
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	42
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
3.5 Procedimientos.....	44
3.6 Método de análisis de datos	45
3.7 Aspectos éticos	48
IV. RESULTADOS	49
4.1 Caracterización del suelo de cimentación	49
4.2 Granulometría y humedad del material extraído de la cantera	49
4.3 Ensayo Proctor	49
4.4 Material de relleno del envase PET	50
4.5 Ensayo de compresión simple	51
4.6 Ensayo de gravedad específica	51

4.7	Cualidades del envase PET	51
4.8	Cualidades de la unidad PET	52
4.9	Unidad de gavión.....	52
4.9.1	Posicionamiento geoespacial de unidades PET	53
4.9.2	Diafragma de la unidad de gavión	54
4.9.3	Templador de la unidad de gavión.....	55
4.9.4	Elementos y cualidades que conforman a una unidad de gavión PET ..	57
4.10	Resultados del análisis estático de estabilidad.....	58
4.10.1	Datos para el cálculo del muro de gaviones PET	58
4.10.2	Cálculos y resultados.....	58
4.11	Resultado de costos por metro lineal del muro de gaviones PET	63
V.	DISCUSIÓN	67
VI.	CONCLUSIONES	70
VII.	RECOMENDACIONES	72
	REFERENCIAS	73
	ANEXOS	78

Índice de tablas

Tabla 1	Ventajas y desventajas de los muros gavión	22
Tabla 2	Principales propiedades del PET	25
Tabla 3	Caracterización del suelo de cimentación en la progresiva km 117+900	49
Tabla 4	Caracterización del material extraído de la cantera en Arequipa	49
Tabla 5	Resultados del ensayo de compactación	49
Tabla 6	Elegibilidad del material de relleno óptimo para el envase PET	50
Tabla 7	Elegibilidad de la posición en que deben de ir las unidades PET	51
Tabla 8	Cualidades del envase PET	51
Tabla 9	Cualidades del envase PET	52
Tabla 10	Cualidades de la unidad PET	52
Tabla 11	Dimensiones de la unidad de malla gavión	52
Tabla 12	Características de las filas de acuerdo con el entrapado y número de unidades.....	53
Tabla 13	Composición y características de una unidad de gavión PET	57

Índice de figuras

Figura 1	Talud estable y falla de talud	18
Figura 2	Sistema de clasificación SUCS.....	19
Figura 3	Estructura de contención flexible	20
Figura 4	Estructura de contención rígida	21
Figura 5	Prototipo básico de un muro de gaviones.....	21
Figura 6	Nombre de los lados de una unidad de gavión según su posición	23
Figura 7	Unidad de gavión relleno con material pétreo.....	23
Figura 8	Dimensiones típicas de unidades de gavión.....	23
Figura 9	Abertura de malla gavión 8x10	24
Figura 10	Muestra del envase o botella San Luis	25
Figura 11	Muestra de la gran versatilidad del envase San Luis.....	26
Figura 12	Fuerzas típicas que actúan en un muro de gaviones.....	27
Figura 13	Identificación de muro de gaviones típico	28
Figura 14	Diagrama de distribución de esfuerzos, caso activo	29
Figura 15	Diagrama de distribución de esfuerzos, caso pasivo	30
Figura 16	Identificación de las unidades de gavión que conforman un muro.....	30
Figura 17	Identificación del centro de gravedad del peso propio	32
Figura 18	Identificación del centro de gravedad del suelo de relleno	32
Figura 19	Fuerzas típicas y diagrama de presiones que actúan en un muro de gaviones.....	33
Figura 20	Presión de contacto entre el suelo de fundación y la base del muro, caso 1	37
Figura 21	Diagrama de presión de contacto entre el suelo y muro de fundación, caso 2.....	38
Figura 22	Vista lateral de una unidad de gavión PET de 1mx1m	53
Figura 23	Ubicación del tablero MDF de espesor 5.5mm	54
Figura 24	Retaceo de un tablero MDF delgado de 2.14mx2.44mx5.5mm	55
Figura 25	Vista superior de la fila 4 en las unidades PET apiladas	56
Figura 26	Ubicación de los templadores en una unidad de gavión PET	56
Figura 27	Predimensionamiento del muro de gaviones PET	58
Figura 28	Diagrama de empujes y esfuerzos	63
Figura 29	Geometría final del muro de gaviones PET	63

Figura 30 Cálculo del presupuesto del muro de gaviones con ayuda de software	63
Figura 31 Cálculo del metrado del muro de gaviones.....	64
Figura 32 Cálculo del presupuesto desagregado del muro de gaviones	64
Figura 33 Cálculo del listado de insumos del muro de gaviones	65
Figura 34 Análisis de costos unitarios del muro de gaviones PET.....	65
Figura 35 Resumen del presupuesto total del muro de gaviones PET	71

Índice de anexos

Anexo 1 Declaratoria de autenticidad del autor	79
Anexo 2 Declaratoria de autenticidad del asesor.....	80
Anexo 3 Matriz de operacionalización de variables	81
Anexo 4 Instrumento de recolección de datos	82
Anexo 5 Ensayos de laboratorio	83
Anexo 6 Ubicación del área de estudio	91
Anexo 7 Vista satelital de la progresiva KM 117+900 de la carretera central en Chicla	92
Anexo 8 Plano de perfil topográfico de la progresiva km 117+900	93
Anexo 9 Vista en planta del talud	94
Anexo 10 Plano de sección del muro de gavión PET en la progresiva km 117 +900	95
Anexo 11 Plano de detalles de una unidad de gavión PET	96
Anexo 12 Panel fotográfico.....	97

Resumen

El objetivo fue analizar estáticamente la estabilidad del muro de gaviones en Casapalca progresiva km 117 + 900, utilizando envases PET rellenos con suelo en las mejores condiciones, y determinar si es factible y viable su costo por metro lineal empleando la metodología de enfoque cuantitativo, diseño no experimental transversal. El análisis empleó el método del factor de seguridad global de la Norma CE. 020 Estabilización de suelos y taludes (2013), obteniendo 1.64 y 11.91 como factores de seguridad al deslizamiento y volcamiento respectivamente. Resultó favorable que la presión admisible del terreno (18.48 tf/m²) fuera mayor al esfuerzo máximo en la base del muro (5.08 tf/m²). Se concluyó que metódicamente el muro de gaviones PET de 4m de altura y 9m de ancho cumple el análisis estático de estabilidad mas no es aplicable este análisis para esa progresiva. La dosificación con compactación (1 arena bien graduada: 5.5% agua) son las mejores condiciones de llenado del envase PET. S/ 11,689.01 soles es la inversión e implementación por metro lineal del muro de gaviones PET, lo cual, si es factible y viable su aplicación en la contención de taludes inestables, mas no para la progresiva.

Palabras clave: Muro de gaviones, PET, estabilidad.

Abstract

The objective was to statically analyze the stability of the gabion wall in progressive Casapalca km 117 + 900, using PET containers filled with soil in the best conditions, and determine if its cost per linear meter is feasible and feasible using the quantitative approach methodology, design non-experimental cross-sectional. The analysis used the global safety factor method of the CE Standard. 020 Stabilization of soils and slopes (2013), obtaining 1.64 and 11.91 as safety factors for sliding and overturning respectively. It was favorable that the admissible pressure of the ground (18.48 tf / m²) was greater than the maximum stress at the base of the wall (5.08 tf / m²). It was concluded that methodically the PET gabion wall 4m high and 9m wide complies with the static stability analysis, but this analysis is not applicable for this progressive analysis. Dosing with compaction (1 well-graded sand: 5.5% water) are the best filling conditions for the PET container. S / 11,689.01 soles is the investment and implementation per linear meter of the PET gabion wall, which, if its application is feasible and viable in the containment of unstable slopes, but not for the progressive one.

Keywords: Gabion wall, PET, stability.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

Uno de los principales problemas en las carreteras del Perú es la accidentada topografía, ello obliga a que varias de sus secciones resulten a un lado en corte. Todo ello genera un talud libre a deslizamiento. Debido a estas causas, la realización de análisis de estabilidad de taludes para estas carreteras es necesaria, ya que, de esta forma se logra reducir su índice de riesgo frente al fallo. En el tramo de la carretera central km 117+800 – 118+000 del anexo de Casapalca, distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, región Lima, ha presentado una accidentada topografía, sinuosidad y estrechamiento, por lo que una solución típica de diseño fue la creación de un muro tipo gavión relleno con cantos de roca, sin embargo, si se emplea adecuadamente el suelo de la zona como material de relleno para estos muros de gavión, también se podría llegar a reducir la inestabilidad del terreno causados por factores de la naturaleza o intervención humana.

Por otra parte, según la DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE (2016) esta vía estaría soportando una alta congestión vehicular, debido a su gran importancia y conectividad interregional (p. 2). La creación de muros de contención a gravedad o armados, son alternativas que resultan costosas en varios casos, tanto para el requerimiento de materiales como para su instalación. En el presente trabajo se plantea el uso de muros de contención a gravedad del tipo gavión incorporando envases PET rellenos con material de suelo clasificado de la zona, con la intención de aprovechar su abundancia tanto del suelo como del envase PET, incentivando a una mejora económica de costos, e innovación a una relación amigable con el medio ambiente.

Formulación del problema

Problema general

- ¿Es óptimo el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones de la carretera central utilizando envases PET rellenos con material clasificado del suelo del anexo de Casapalca en Chicla – Huarochirí - Lima?

Problemas específicos

- ¿Cuáles son las condiciones de los materiales que se deben de tener en cuenta para el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones rellenos con unidades PET?
- ¿Qué efectos originan la incorporación de unidades PET en el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones, empleando el método del factor de seguridad global (FSG)?
- ¿Qué tan factible y viable es la inversión del costo por metro lineal que demanda el uso de muro de gaviones de altura 4m incorporando unidades PET?

Justificación

La investigación innovadora es importante conocerla debido a que propone al envase PET relleno con material clasificado de suelo, una alternativa factible y viable de solución ecológica en el análisis estático de estabilidad de muros de gavión para alturas de 4m, conociendo además el margen de costo que demandaría su construcción por metro lineal. Pasos que son necesarios saber para conocer cómo es el comportamiento del análisis estático de estabilidad del muro de gaviones PET, y así proceder con esta retroalimentación la recomendación del diseño estático, que no solo servirá para el modelo planteado sino para posteriores estudios de investigación. Se debe también resaltar la relevancia medioambiental que genera el uso de estos muros, cuando se le emplea como una alternativa en su construcción, considerando que al envase de plástico ya no se le percibirá como un material de desecho e inútil, sino como un material de necesidad prioritaria para su empleo en estos muros, haciendo que la presencia de los envases PET se aprovechen de manera amigable con la naturaleza. La presente investigación también es importante porque la propuesta innovadora, se podría extender y difundir hacia la creación de diseños de muros de gavión como proyectos de inversión pública o privada. Así mismo, existe poca investigación dedicada al área que debería ser considerada como útil e importante, así como la poca cantidad de normativa o reglamento que la regula.

Objetivos

Objetivo general

- Analizar estáticamente la estabilidad del muro de gaviones de la carretera central utilizando envases PET rellenos con material clasificado del suelo del anexo de Casapalca en Chicla – Huarochirí - Lima.

Objetivos específicos

- Determinar las condiciones de los materiales que se deben de tener en cuenta para el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones rellenos con unidades PET.
- Determinar los efectos que originan la incorporación de unidades PET en el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones, empleando el método del factor de seguridad global (FSG).
- Determinar si es factible y viable la inversión del costo por metro lineal que demanda el uso de muro de gaviones de altura 4m incorporando unidades PET.

Hipótesis

Hipótesis principal

- Es óptimo analizar estáticamente la estabilidad del muro de gaviones de la carretera central utilizando envases PET rellenos con material clasificado del suelo del anexo de Casapalca en Chicla – Huarochirí - Lima.

Hipótesis específicas

- La identificación de las condiciones de los materiales, optimizan el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones rellenos con unidades PET.

- La identificación de los efectos que originan la incorporación de unidades PET en el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones, optimizan el uso del método del factor de seguridad global (FSG).
- Es una inversión factible y viable el costo por metro lineal que demanda el uso de muro de gaviones de altura 4m incorporando unidades PET.

II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes internacionales**, tenemos a:

ALBARRACIN CORZO Y BELTRAN GARCIA (2015), en su tesis de grado titulado “ANALISIS DE ESTABILIDAD EN LABORATORIO DE UN GAVIÓN UTILIZANDO COMO RELLENO PET (POLIETILENO TEREFTALATO) RECICLADAS”, Universidad Industrial de Santander, Colombia, tuvieron como objetivo el estudio de que tan estable es una unidad de gavión relleno con botellas PET de 600ml y estas a su vez rellenas con material de grano fino, comparándolo con una unidad de gavión relleno de rocas, empleando la metodología de enfoque cuantitativo de diseño experimental puro en un laboratorio, del cual obtienen en su experimento resultados favorables en cuanto al cumplimiento de los factores de seguridad frente al deslizamiento y volcamiento, llegando a la conclusión de que el gavión relleno con botellas PET de 600ml resiste 20% menos contra el deslizamiento y 8.9% menos contra el volcamiento, esto respecto a un gavión de rocas sometido a las mismas condiciones que se optó frente al gavión relleno con botellas PET.

Por otra parte, SÁNCHEZ SIERRA Y PAREDES QUIROGA (2014), en su tesis de grado titulado “ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL POLIETILENO TEREFTALATO COMO MATERIAL PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES”, Universidad Católica de Colombia, Colombia, tuvieron como objetivo el estudio de la viabilidad técnica del uso de material PET como fibra en la estabilización de taludes, usando como metodología el enfoque cuantitativo de diseño no experimental transversal, del cual tienen resultados favorables, concluyen además la viabilidad de este material PET para taludes que presentan el movimiento en masa de tipo reptación, y que aprovechando de sus propiedades, su uso es indistinto frente a cualquier clima. Por otra parte, mencionan que las unidades PET como envase trabajan mejor estando agrupadas con otros materiales como mortero o encajonamiento y que su mayor aplicación en la actualidad es lo que data en los países de Colombia, México, como la construcción de viviendas y parques. Esta última aplicación consiste en rellenar a cada unidad PET un material plástico o seco a fin de tener mayor resistencia a esfuerzos no muy altos, aportando a la infraestructura su fácil disipación de energía frente al sismo.

Como **antecedentes nacionales**, tenemos a:

GIL CARBONELL Y NUÑEZ QUINTANA (2018), en su tesis de grado titulado “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE PET RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA, COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA DE SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A LA ESTABILIDAD DE TALUDES”, Universidad Nacional de Trujillo, tesis aplicada a la estabilidad de taludes ubicada en el kilómetro 172 de la carretera Trujillo – Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, región la Libertad, estudiaron como objetivo en cómo influye en suelos arcillosos el material PET en forma de fibra frente a los parámetros de ángulo de fricción interna, resistencia y cohesión, empleando la metodología de enfoque cuantitativo de diseño experimental, por lo que realizan ensayos de granulometría, proctor estándar, compresión triaxial estática no consolidada – no drenada (UU), para finalmente realizar el análisis de estabilidad de talud, generando resultados favorables y satisfactorios, así mismo concluyen que la incorporación de este material como fibra incrementa el factor de seguridad de 3.24% a 24.64%.

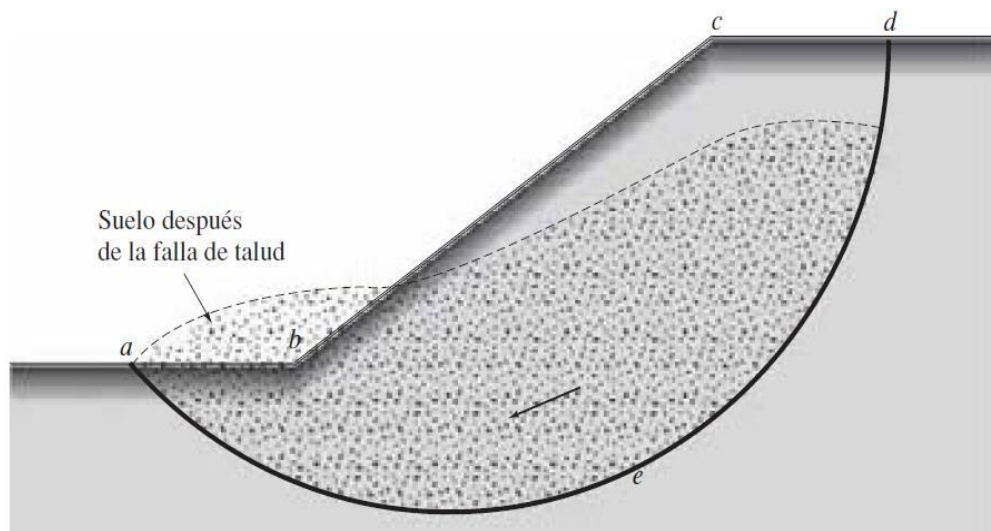
Por otra parte, en la investigación de QUEVEDO HARO (2017), tesis de maestría titulado “INFLUENCIA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA TIPO PET SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS DE VIVIENDAS ECOLÓGICAS PARA LA ZONA DE EXPANSIÓN DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, ANCASH”, Universidad del Santa, estudió como objetivo la creación de viviendas hechas con envases PET (600ml) rellenas con arena y unidas con mortero (cemento, arena y resina), tipo muro de albañilería que cumple las normativas vigentes. Obtuvieron resultados favorables en la aplicación del ensayo de compresión diagonal aplicado al prisma o muro tipo PET y al mortero. Concluye que el prisma PET sometido a esfuerzos presentó un buen comportamiento estructural, ya que cumple la Norma de albañilería E-070 y Norma sismorresistente E-030, además de una buena respuesta respecto a las relaciones esfuerzo deformación, ya que no sobrepasa la zona elástica, esto en concordancia a las características sísmicas de la región Ancash. Así mismo incentiva al cambio de hábitos de la población en cuanto a la reducción del uso de plásticos y sus derivados usados de manera indiscriminada. El buen comportamiento como muro de albañilería de los envases PET rellenos con arena y unidos con mortero son

desde ya, un motivo para impulsar el buen desarrollo del presente informe de investigación.

Bases teóricas

Estabilidad de taludes, según Das (2015) consiste en comprobar la seguridad del talud, implicando cálculos para su comprobación, determinación y la comparación del corte desarrollado más probable que pudiera ocurrir a lo largo de la superficie de ruptura con la resistencia del suelo al corte (p. 334).

Figura 1 Talud estable y falla de talud



Nota. Tomado de *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (p. 334), por B.M DAS, 2015, Industrial Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.

Tipos de taludes, según Suárez (2018) los taludes pueden ser taludes naturales (laderas) formados naturalmente y taludes artificiales (construidos) que son formados por intervención humana, como en las presas que son obras ingenieriles grandes, entre otras (p. vi).

Tipos de falla en taludes, según características del material que lo conforma. Crespo (2004) menciona las siguientes: Por deslizamiento cuando el límite elástico del suelo al corte es ya limitado y se presentan en suelos poco cohesivos y cohesivos, de la misma manera este fenómeno ocurrirá en forma de flujo plástico si en los taludes de suelo granular presentan contenido de agua o si son cohesivos plásticos. Falla por derrumbe cuando los materiales que conforman el talud son muy deleznable o están unidos sus bloques por suelos erosionables como limos (pp. 217-218).

La clasificación de suelos depende de la granulometría para determinar las propiedades físicas como límites de consistencia y demás características de los cuales estamos interesados. Existen dos sistemas de clasificación de suelos el AASHTO y SUCS, siendo este último empleado en la presente investigación.

Figura 2 Sistema de clasificación SUCS

Divisiones principales	Símbolos del grupo	Nombres típicos	Criterios para la clasificación		
Suelos de partículas gruesas Más del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas 50% o más de la fracción gruesa se retiene en la malla No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 No satisfacen ambos criterios para GW	
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos		
	Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4. Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7.	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla		
	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Mayor que 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 No se satisfacen ambos criterios para SW	
		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos		
	Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4. Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7.	
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		
	Suelos de Grano Fino 50% o más pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Más del 50% de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, limos arenosos o arcillos ligeramente plásticos	Carta de plasticidad. Para clasificar suelos de partículas finas y las fracciones finas de los suelos de partículas gruesas. Los límites de Atterberg que quedan en la zona sombreada son clasificaciones indeterminadas que requieren el uso de símbolos dobles. La ecuación de la línea "A" es: $PI = 0.73(LL - 20)$
			CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas dobles	
OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
MH		Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomeos, limos elásticos			
CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas			
Limos y arcillas Con límite Líquido con 50% o mayor de 50%	Limos y arcillas Con límite Líquido con 50% o mayor de 50%	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad		
		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos. Identificación visual o manual		

Nota. Tomado de http://civildocs.blogspot.com/2011/05/sistema-de-clasificacion-de-suelos_2161.html, por Constructor Civil: Blog del ingeniero civil, 2021.

Cohesión, Es una medida básica de adherencia, cementación entre las partículas del suelo, es utilizada en diversos campos para matemáticas (útil para representar la resistencia al cortante producida por la adherencia) en física (representa la tensión) (Suarez, 2009, p.81).

Peso específico, según Juárez y Rico (2005) denominan así, a la relación que existe entre el peso y el volumen de la sustancia a determinar (p. 53).

Angulo de fricción interna, según Crespo (2004) “es un valor de convenio introducido para simplificar, y se le considera constante, aunque no lo es. El ángulo de fricción interna depende de la uniformidad de las partículas del suelo, del tamaño y forma de los granos y de la presión normal”. (p. 163)

Factor de seguridad al deslizamiento, según la Norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes (2013) se aplica a la relación fuerza resistente y actuante. En muros este factor adimensional debe ser mayor o igual a 1.5 (p. 22).

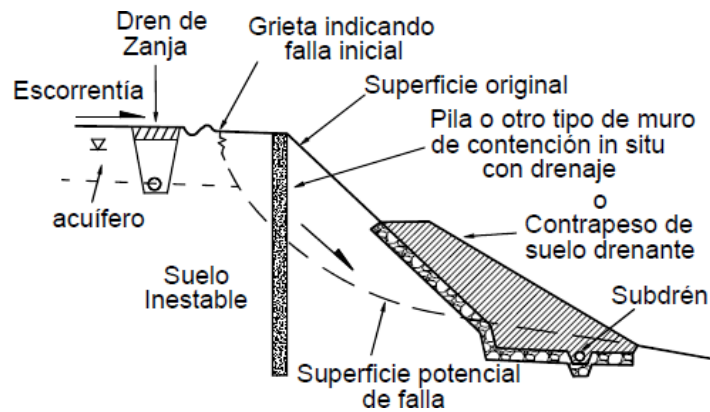
Factor de seguridad al volcamiento, según la Norma CE.020 (2013) se aplica a la relación de momento estabilizante y momento de volcamiento. En muros este factor adimensional debe ser mayor o igual a 2.0 (p. 22).

Resistencia al corte, según Almeida (2013) es aquella que en la masa de un suelo se procura producir un cambio de posición de partículas entre sí, respecto a una posición estática. Las componentes del esfuerzo de corte son el ángulo de fricción interna y la cohesión (p. 30).

Ensayo de resistencia a la compresión, aplicado a una unidad PET, es el máximo esfuerzo que puede soportar una muestra o testigo sin romperse. Para nuestro estudio se usará como guía la NTP 339.034:2015 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”. (p. 1)

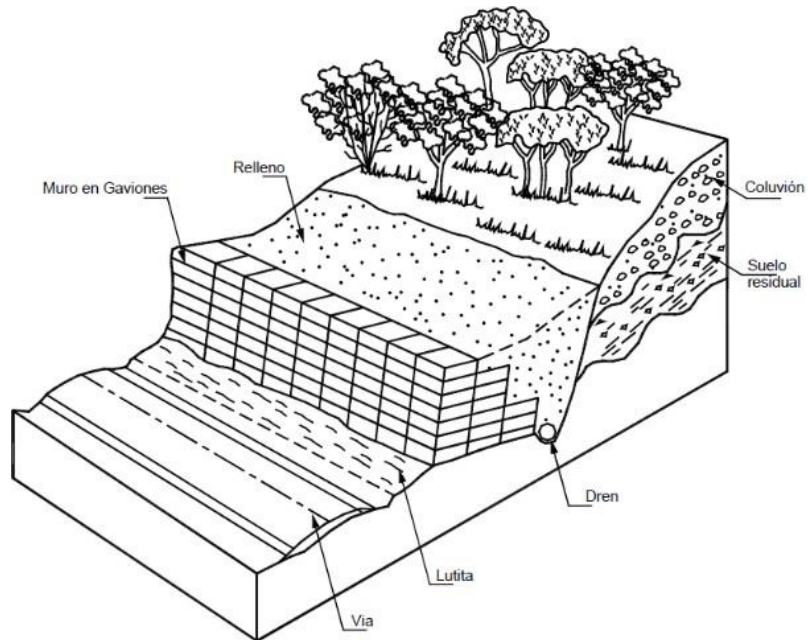
Estructuras de contención, según Suárez (2018) se dicen así a las infraestructuras que sirven para contener suelos en obras de ingeniería, los cuales pueden clasificarse como rígidos (se construyen no en el interior del terreno y se denominan muros) y flexibles (se ejecutan en el interior del terreno como las pantallas) (p. 448).

Figura 3 Estructura de contención flexible



Nota. Tomado de *Deslizamientos. Tomo II: Técnicas de remediación* (p. 16), por S.D Jaime, 2009, U. Industrial de Santander.

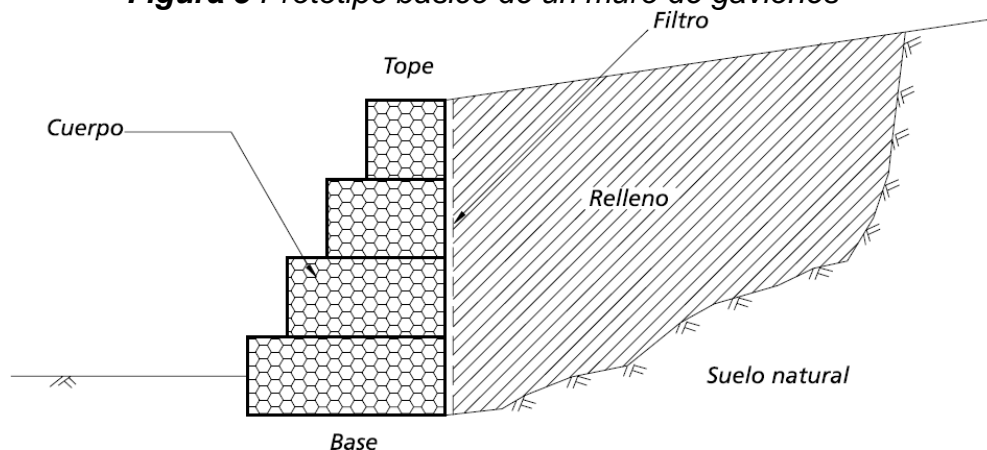
Figura 4 Estructura de contención rígida



Nota. Tomado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 454), por S.D Jaime, 2001, Universidad Industrial de Santander.

Muro de gaviones, se dice así al muro formado por varias unidades de gavión que se estabilizan por gravedad (Almeida, 2013, p. 10).

Figura 5 Prototipo básico de un muro de gaviones



Nota. Tomado de *Obras de contención: Manual técnico* (p. 7), por L. de A. Persio, 2013, Maccaferri.

Funciones de los muros tipo gavión, algunas serían: Oponerse al movimiento de la masa fallada al inmovilizar la pata del deslizamiento, contención de tierras y rellenos, protección en orillas o en lechos de los ríos ante la socavación.

A continuación, en la Tabla 1 se muestra las **ventajas y desventaja de los muros gavión**:

Tabla 1 Ventajas y desventajas de los muros gavión

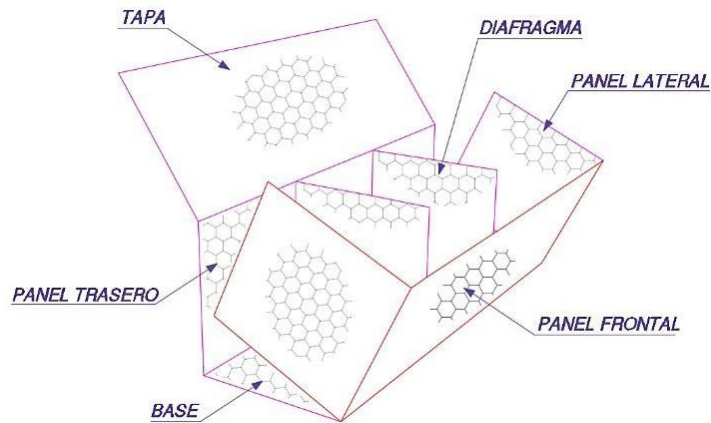
Ventajas	Desventajas
<p>Simple de crearse, mantienen y utilizan cantos de rocas rodados o angulosas disponibles del mismo lugar previa evaluación u ensayo de este.</p>	<p>Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos o costeros, por ejemplo, en suelos residuales se requiere bloques o cantos de roca de granito, los cuales no necesariamente están disponibles en todos los lugares.</p>
<p>Es flexible su estructura, es tolerable a asentamientos diferenciales mayores frente a otro tipo de muros y es fácil de reparar y demoler.</p>	<p>Generalmente a los amarres de la malla y a las unidades de gavión no se les hace un buen control de calidad.</p>
<p>Se pueden crear sobre fundaciones débiles.</p>	

Nota. Adaptado de la tesis de grado "Presupuesto para muro en gavión a gravedad – para protección de la riera del rio magdalena en el corregimiento de puerto Bogotá municipio de guaduas Cundinamarca" (p. 24), por S. C. Jaime, 2017, Universidad Católica de Colombia. Elaboración propia.

Unidad de gavión, según Almeida (2013) consiste en una malla hexagonal de forma y tipo cajón prismático rectangular reforzado con alambres de similares

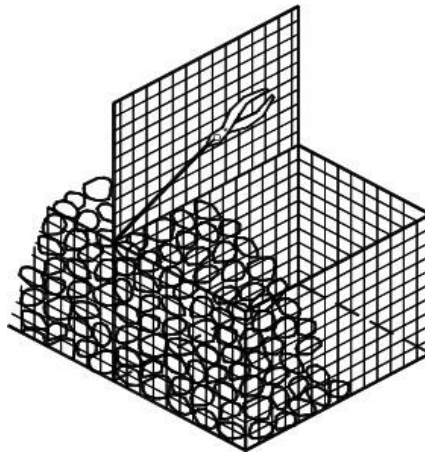
características al de la malla, al cual se le rellenan materiales rocosos de diámetros no menores al diámetro menor de la malla hexagonal (pp. 10-15). Según Suárez (2001) el material de relleno que son fragmentos de roca, además de cumplir con los requisitos de durabilidad y resistencia, deberán de tener una dimensión entre 10 a 30 centímetros (pp. 237).

Figura 6 Nombre de los lados de una unidad de gavión según su posición



Nota. Elaboración propia

Figura 7 Unidad de gavión relleno con material pétreo



Nota. Tomado de *Control de erosión en zonas tropicales* (p. 238), por S. D. JAIME, 2001, U. Industrial de Santander.

Las dimensiones de las unidades de gavión según (Bianchini, 2012, p. 2) son:

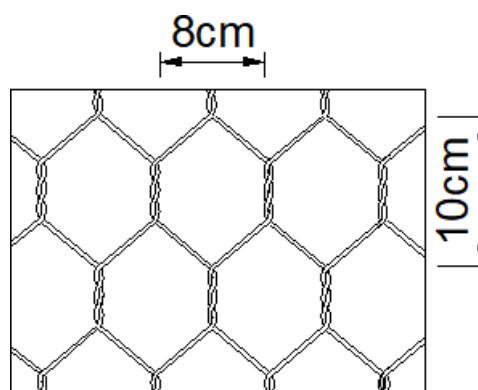
Figura 8 Dimensiones típicas de unidades de gavión

Gavión, tipos y características				
Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Tipo de malla	Peso por unidad (kg)
2	1	0,5	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	9 / 12
3	1	0,5	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	14 / 17
4	1	0,5	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	18 / 22
2	1	1	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	14 / 17
3	1	1	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	19 / 24
4	1	1	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	25 / 31
3	1,5	1	5x7 - 2 mm / 8x10 - 2,7 mm	28 / 32

Nota. Tomado de *Gaviones, sistemas de corrección fluvial, muros* (p. 2), por BIANCHINI, 2012, Bianchini Ingenieros.

Malla del gavión, según Suárez (2001) son alambres de acero dulce recocidos y galvanizados en caliente con zinc puro y exento de corrosiones como escamas, grietas u otros defectos. Respecto a las mallas se recomienda el uso de mallas hexagonales de triple torsión debido a que permiten tolerar esfuerzos en varias direcciones sin producirse rotura. (pp. 227-233).

Figura 9 Abertura de malla gavión 8x10



Nota. En la figura se muestra el entorchamiento a triple torsión de los alambres en dos lados paralelos de la abertura. La forma de la abertura es hexagonal. Elaboración propia

El PET (polietileno tereftalato), según Sánchez y Paredes (2014) en su artículo de investigación menciona que es un material inerte y químicamente perteneciente al grupo de poliésteres, y que en la actualidad es el plástico más utilizado para almacenar bebidas carbonatadas y agua siendo su uso de gran importancia como envase (pp. 2-4). De la misma manera según la investigación de MUÑOZ PEREZ (2012), en su tesis de grado titulado “ESTUDIO DEL USO DEL POLIETILENO TEREFTALATO (PET) COMO MATERIAL DE RESTITUCION EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD DE CARGA”, Universidad Nacional Autónoma de México, menciona que el polietileno tereftalato es una materia prima plástica

derivada del petróleo, y su particularidad de resistencia y composición hace que sea el más usado en la industria embotelladora de bebidas, por lo que es un gran contaminante si después de su uso, finaliza como residuo plástico (p.12).

Tabla 2 Principales propiedades del PET

Físicas	Químicas	Biológicas
Resistencia a rigidez y a la fluencia.	Resistente al ácido sulfúrico 20%.	No contiene componentes tóxicos.
Altamente resistente al desgaste y a la corrosión.	Muy resistente a carbonatos alcalinos.	Su biodegradación es complicada.
Estabilidad dimensional frente a esfuerzos permanentes.	Muy resistente al cloro.	
Aislante eléctrico.		
Reciclable 100%.		
Resistencia a rigidez y a la fluencia.		

Nota. Adaptado de *Estudio de viabilidad técnica de la implementación del polietileno tereftalato como material para estabilización de taludes.* (pp. 2-4), por S. S. María Angélica y P. Q. Pedro Alexander, 2014, U. Católica de Colombia.

Residuos de PET, según el Ministerio del Ambiente (2012, como se citó en INEI, 2015) afirma que en el Perú de 7.1 millones de toneladas por año de residuos sólidos, los plásticos representan el 10.1% (p. 255). El PET es un material 100% reciclable que se debe reutilizar, sin embargo, su uso indiscriminado y el desechado al medio ambiente hace que se convierta en un contaminante masivo en suelos, océanos y mares.

Envase PET, en el presente estudio, se le llama así a la botella ecoflex de la marca San Luis comercializada en el mercado peruano con el contenido neto de agua de 2.5 litros. Según la Compañía Coca-Cola (2020) la botella ecoflex de San Luis es aquella botella fabricada 100% con resina de PET reciclada. La botella en mención se usó en el presente trabajo de investigación.

Figura 10 Muestra del envase o botella San Luis



Nota. Tomado de <https://www.plazavea.com.pe/>, 2021

Figura 11 Muestra de la gran versatilidad del envase San Luis



Nota. La figura muestra lo ecoflex que es la botella San Luis. Tomado de <https://www.cocacoladeperu.com.pe/>, 2021

Normativa base para el análisis estático de estabilidad en muros se tomó como guía el reglamento nacional de edificaciones: Norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes (2012), subtítulo 8.6 Método del factor de seguridad Global (FSG).

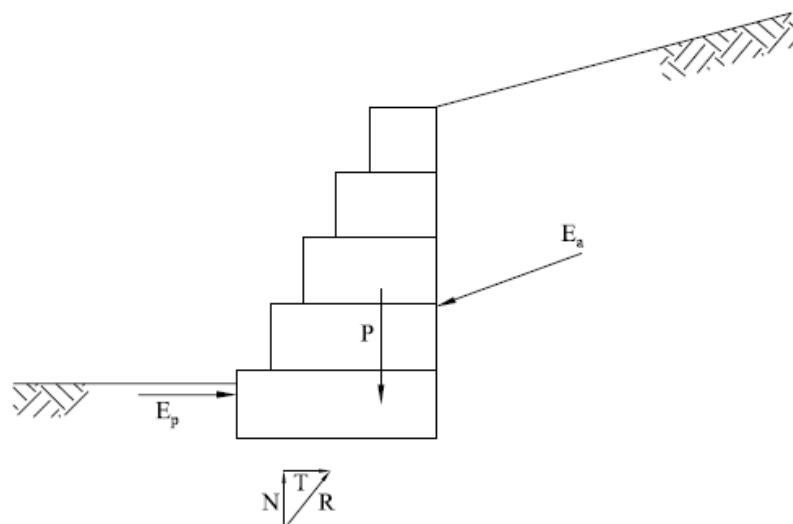
Análisis estático de estabilidad en muros de gavión. Según Almeida (2013) es aquel análisis que no considera las fuerzas de inercia horizontales o verticales producto de un efecto sísmico (p. 105). Según la NORMA CE.020

consiste en un proceso que implica los siguientes pasos: Primero, cuando los momentos de las fuerzas estabilizadoras como el empuje pasivo, el peso propio del muro y el peso del suelo de relleno situado encima de la base del muro son mayores a los momentos de las fuerzas desestabilizantes como el empuje activo, empuje hidrostático y reacción del suelo de fundación, condicionando a que el factor de seguridad contra el vuelco sea mayor o igual a 2.0

Segundo, cuando las fuerzas horizontales resistentes son mayores a las fuerzas horizontales actuantes, condicionando a que el factor de seguridad contra el deslizamiento sea mayor o igual a 1.5

Tercero, debe cumplirse que, al comparar las presiones de contacto, el esfuerzo admisible debe ser mayor o igual al esfuerzo máximo del suelo. (p. 22)

Figura 12 Fuerzas típicas que actúan en un muro de gaviones



Nota. En la figura “ E_a ” representa el empuje activo, “ E_p ” el empuje pasivo, “ P ” el peso del muro de gaviones, “ T ” la fuerza de fricción, “ N ” la fuerza de reacción del suelo de fundación a la base del muro, R es la resultante de la fuerza normal y fuerza tangencial. Tomado de *Obras de contención: Manual técnico* (p. 70), por L. de A. Persio, 2013, Maccaferri.

Condiciones de Rankine para muros de gavión, según Das (2015) el suelo en el trasdós del muro debe ser uniforme o isotrópico. La superficie de falla en la cuña es plana. La superficie en el trasdós del muro es vertical y no existe fricción entre la superficie posterior del muro y el suelo (p. 414).

Método del factor de seguridad global

a) Pre-dimensionamiento del muro de gaviones, según Bianchini (2012)

recomienda usar la siguiente expresión matemática (p. 4).

$$B = \frac{1}{2}(1 + H)$$

Donde:

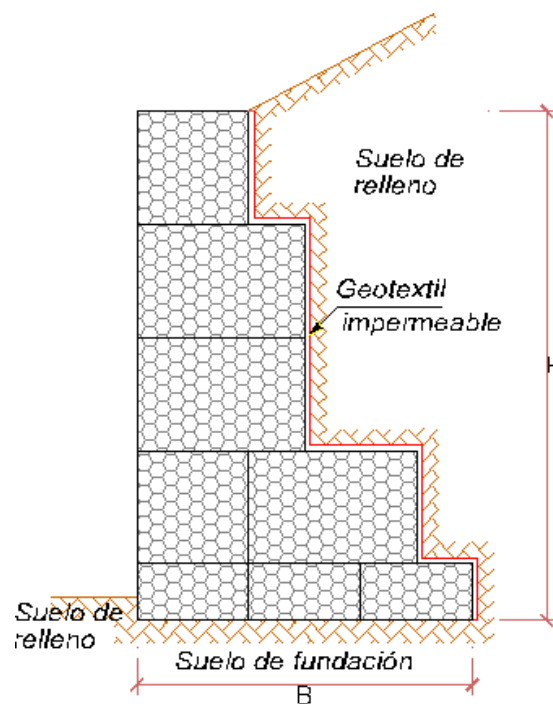
B: Ancho de la base del muro, en m.

H= Altura del muro medida desde el canto inferior de la base del muro hasta el canto superior denominado corona, en m.

Además, según Bianchini (2012) el ancho mínimo de la corona del muro debe de ser un metro y el ancho de escalonamiento entre hilada de gavión y gavión 0.50m (p. 9).

Respecto a la altura mínima de empotramiento de la base del muro con el suelo, según Suarez (2001) debe ser 0.50m, pero recomienda la altura suficiente como para que cualquier retiro ocasional de este material situado en la delantera de la base del muro no afecte su estabilidad (p. 246).

Figura 13 Identificación de muro de gaviones típico



Nota. En la figura "H" representa la altura del muro, "B" el ancho de la base del muro. *Elaboración propia.*

b) Principios del cálculo de estabilidad estática en las condiciones de

Rankine

Cálculo del coeficiente activo y pasivo del suelo como material de relleno, según la Norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes (2013) se calculan con las siguientes expresiones (p. 16).

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

Donde:

K_a : Coeficiente activo, su unidad es adimensional.

K_p : Coeficiente pasivo, su unidad es adimensional.

ϕ : Angulo de fricción en grados.

Cálculo del empuje activo, según la (Norma CE.020, 2013, p. 16) para suelos cohesivos, se calculan con las siguientes expresiones:

$$E_a = K_a \sigma_v' - 2CH\sqrt{K_a}$$

$$E_a = K_a \left(\frac{1}{2} \gamma H^2 \right) - 2CH\sqrt{K_a}$$

Donde:

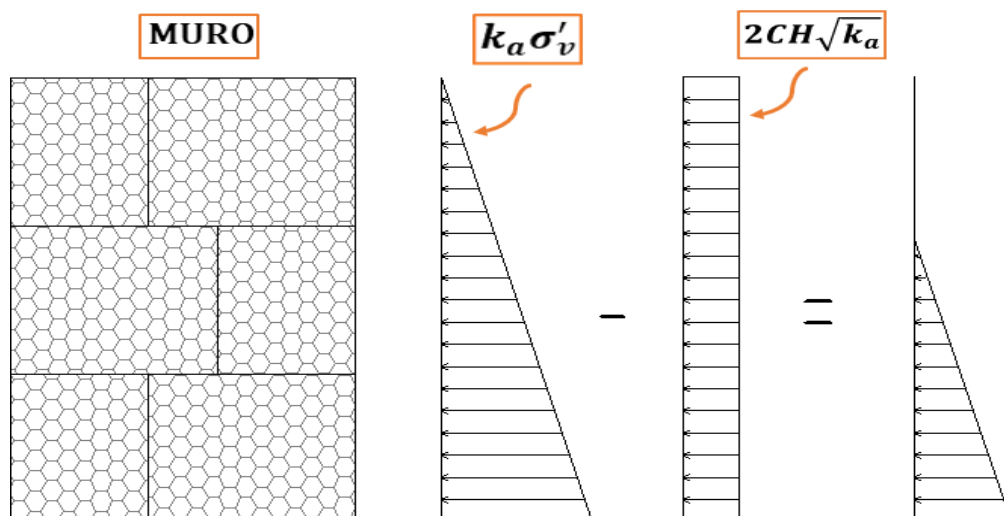
E_a : Empuje activo, en tf/m.

C : Cohesión del suelo que barre la altura H , en tf/m².

σ_v' : Esfuerzo efectivo vertical en cualquier punto del suelo, en tf/m.

γ : Peso específico del suelo que barre la altura H , en tf/m³

Figura 14 Diagrama de distribución de esfuerzos, caso activo



Nota. Elaboración propia.

Cálculo de empuje pasivo, para suelos cohesivos:

$$E_p = K_p \sigma_v' + 2CH\sqrt{K_p}$$

$$E_p = K_p \left(\frac{1}{2} \gamma H^2 \right) + 2CH\sqrt{K_p}$$

Donde:

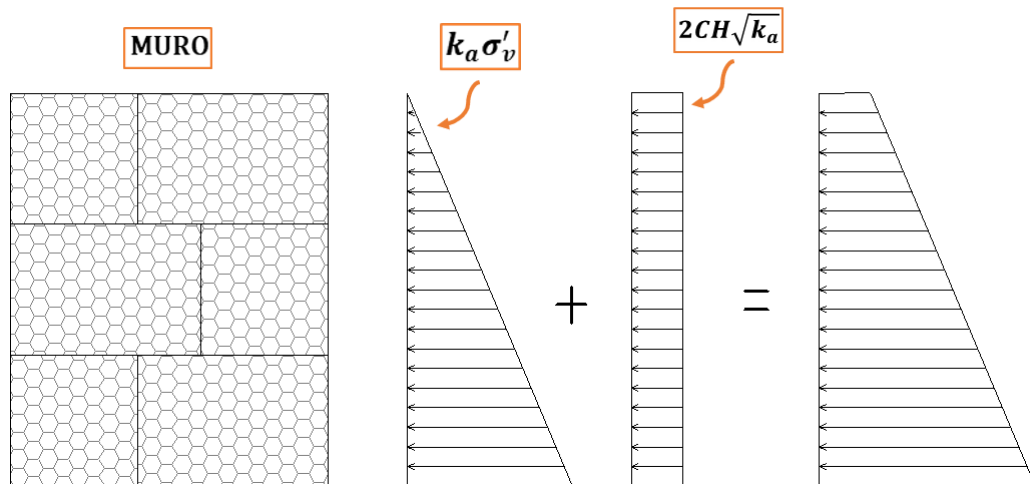
E_p : Empuje pasivo, en tf/m.

C: Cohesión del suelo que barre la altura H, en tf/m².

σ_v' : Esfuerzo efectivo vertical en cualquier punto del suelo, en tf/m.

γ : Peso específico del suelo que barre la altura H, en tf/m³

Figura 15 Diagrama de distribución de esfuerzos, caso pasivo



Nota. Elaboración propia.

Cálculo del peso del muro para un metro lineal de longitud de desarrollo.

Según Almeida (2013) resulta de sumar las multiplicaciones de todos los pesos específicos de cada unidad de gavión " γ_{UG} " con su respectiva área " A_{UG} "(p. 103).

$$W_{MG} = \sum_1^m (\gamma_{1UG} * A_{1UG})$$

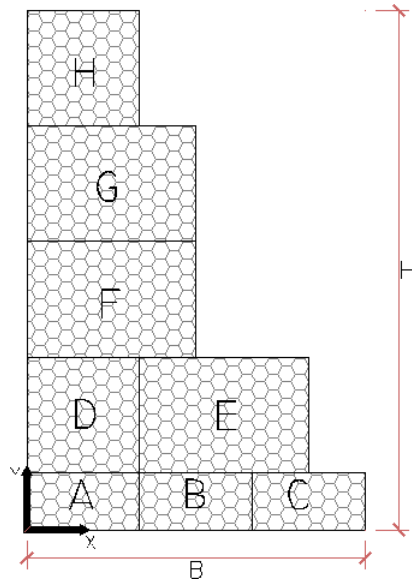
Donde:

W_{MG} : Peso del muro de gaviones, en tf/m.

γ_{1UG} : Peso unitario de una unidad de gavión, en tf/m³.

A_{1MG} : Área de una unidad de gavión, en m².

Figura 16 Identificación de las unidades de gavión que conforman un muro



Nota. Elaboración propia.

Respecto al peso específico de una unidad de gavión " γ_{UG} " este se calcula con la multiplicación del peso específico del material rocoso " γ_r " y la porosidad " n ". El valor de " n " según Bianchini (2012) varía de 20% a 30% (p. 9).

$$\gamma_{UG} = \gamma_r * (1 - n)$$

Donde:

γ_{UG} : Peso específico de una unidad de gavión, en tf/m³.

γ_r : Peso unitario del material pétreo, en tf/m³.

n : Porcentaje de vacíos o porosidad del material pétreo.

Cálculo del centro de gravedad del muro de gaviones. Según Almeida (2013) para saber el centro de gravedad en el eje x, se tiene que sumar todos los centroides del eje X de cada unidad de gavión respecto a un solo punto de referencia del plano XY y dividirlos entre la suma total de todas las áreas. De forma similar se realiza el procedimiento para hallar el centro de gravedad en el eje y (p. 105).

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i A_i}{\sum A_i}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i}$$

Donde:

\bar{x} : Centro de gravedad en el eje x del muro de gaviones, en m.

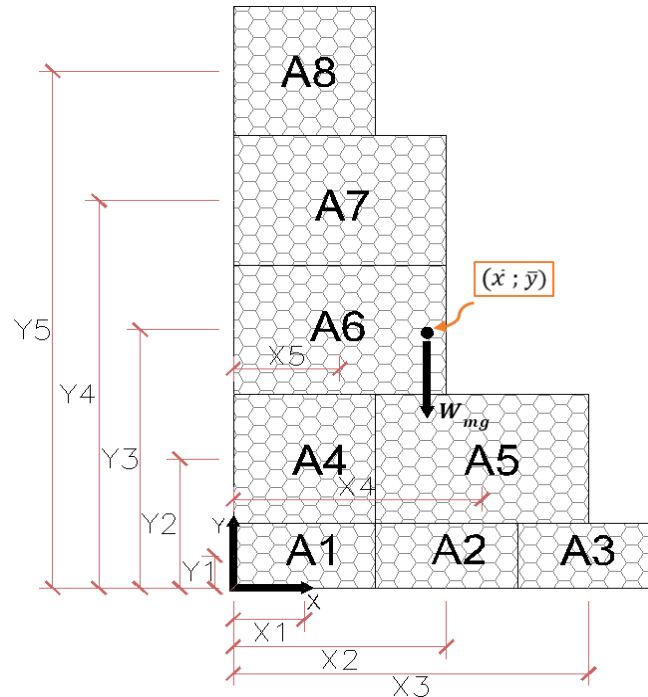
\bar{y} : Centro de gravedad en el eje y del muro de gaviones, en m.

x_i : Centro de gravedad en el eje x de una unidad de gavión, en m.

y_i : Centro de gravedad en el eje y de una unidad de gavión, en m.

A_i : Área de una unidad de gavión en el plano XY, en m².

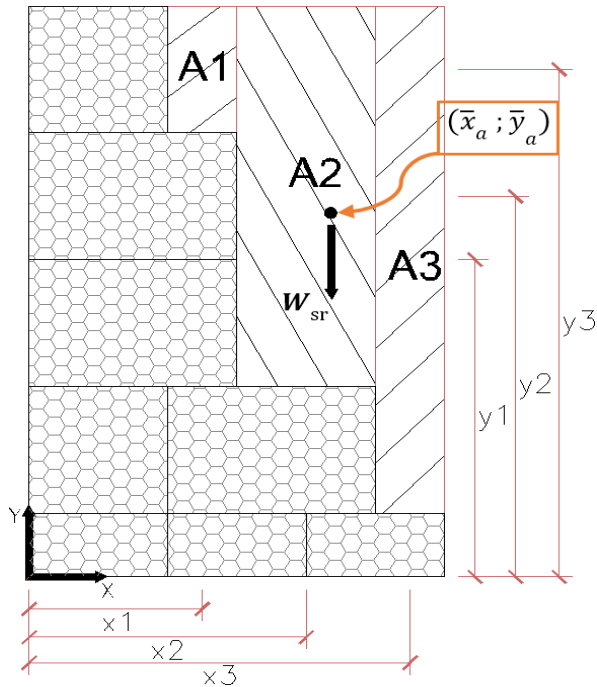
Figura 17 Identificación del centro de gravedad del peso propio



Nota. En la figura “Wmg” representa el peso total del muro localizado en el centroide geométrico del muro respecto a un punto de referencia del plano XY. *Elaboración propia.*

Cálculo del centro de gravedad del suelo de relleno. El procedimiento es similar al cálculo del centro de gravedad del muro de gaviones, pero aplicado al suelo de relleno situado encima de la base del muro de gaviones.

Figura 18 Identificación del centro de gravedad del suelo de relleno



Nota. En la figura “Wsr” representa el peso total del suelo de relleno ubicado en el centroide geométrico del suelo de relleno que está encima de la base del muro de gaviones respecto a un punto de referencia del plano XY. *Elaboración propia.*

$$\bar{x}_a = \frac{\sum x_i A_i}{\sum A_i}$$

$$\bar{y}_a = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i}$$

Donde:

\bar{x}_a : Centro de gravedad en el eje x del suelo de relleno, en m.

\bar{y}_a : Centro de gravedad en el eje y del suelo de relleno, en m.

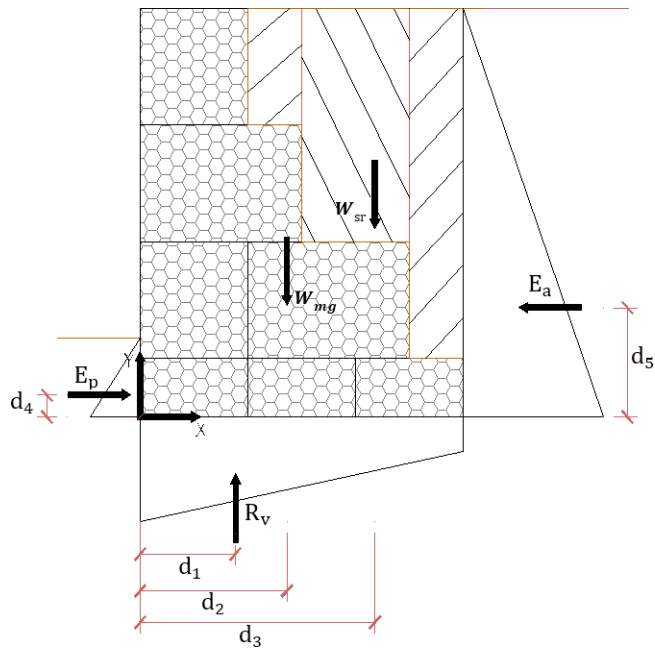
x_i : Centro de gravedad en el eje x de un área conocido del suelo de relleno, en m.

y_i : Centro de gravedad en el eje y de un área conocido del suelo de relleno, en m.

A_i : Área conocida del suelo de relleno en el plano XY, en m².

Cálculo del momento por volcamiento según la Norma CE.020 (2013) los momentos generalmente están accionados por la reacción del suelo de fundación frente al peso del muro de gavión y peso del suelo de relleno situados encima del área de contacto de la base del muro, de la misma manera la otra acción es el empuje activo del suelo de relleno situado en la parte posterior del muro (p. 22).

Figura 19 Fuerzas típicas y diagrama de presiones que actúan en un muro de gaviones



Nota. Elaboración propia.

$$M_v = E_a d_5 + E_p d_4$$

Donde:

M_v : Momento de volcamiento, en tf.m

E_a : Empuje activo del suelo de relleno situado en el trasdós del muro, en tf/m.

R_v : Es la reacción del suelo de fundación debido al peso del muro y peso del suelo de relleno, en tf.

d_5, d_4 : Brazo de palanca respecto a un solo punto de referencia, en m.

Cálculo del momento resistente o estabilizante, según la Norma CE.020 (2013) generalmente los momentos están accionadas por el peso propio del muro, el peso del suelo de relleno situado sobre la base del muro y el empuje pasivo del suelo de relleno situado en la delantera de la base del muro (p. 22).

$$M_e = W_{mg} d_2 + W_{sr} d_3 + E_p d_4$$

Donde:

M_e : Momento estabilizante, en tf.m/m

W_{mg} : Peso del muro de gaviones, en tf.

W_{sr} : Peso del suelo de relleno, en tf.

E_p : Empuje pasivo del suelo de relleno situado en el intradós de la base del muro, en tf/m.

d_2, d_3, d_4 : Brazo de palanca respecto a un solo punto de referencia, en m.

Cálculo del coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción “ μ ” entre la superficie de un suelo duro y la base de un muro de gavión de roca se calcula con la siguiente expresión, según (Suarez, 2001, p.246).

$$\mu = \tan\left(\frac{3}{4}\phi\right)$$

Pero también según la tesis experimental citada en el capítulo II del marco teórico, (Corso & García, 2015, p. 63) concluye que el coeficiente de fricción entre el suelo y un gavión relleno con envases PET de 600ml rellenas con granos fino, se determina con la siguiente expresión.

$$\mu = 0.885 \tan\left(\frac{3}{4}\phi\right)$$

Es decir que por poseer superficies lisas los envases PET, el patrón pétreo de coeficiente de fricción, queda reducido en 11.5%.

Cálculo de la fuerza de fricción, Según Almeida (2013) es la fuerza de roce que se produce en la base del muro en contacto con el suelo de fundación. Esta fuerza evita que la base del muro se desplace (p. 107).

$$F_f = \mu(R_v + E_v) + C'B + E_p$$

$$C' = 0.5C$$

Donde:

F_f : Fuerza de fricción, en tf/m

μ : Coeficiente de fricción

R_v : Es la reacción vertical del suelo de fundación debido al peso del muro y peso del suelo de relleno situado encima de la base del muro, en tf.

E_v : Empuje o componente vertical, en tf/m.

B: Ancho de la base del muro, en m.

E_p : Empuje pasivo del suelo de relleno situado en la delantera de la base del muro, en tf/m.

C' : Coeficiente de cohesión corregido o modificado, varia de 0.5 a 0.7 del valor de la cohesión, en tf/m².

C: Cohesión del suelo de fundación, en tf/m².

Factor de seguridad frente al deslizamiento, según la Norma CE.020 (2013), su valor debe ser mayor o igual a 1.5 para garantizar que el muro no se desplace.

$$FS_d = \frac{F_f}{E_a}; FS_d \geq 1.5$$

Donde:

FS_d : Factor de seguridad frente al deslizamiento, su unidad es adimensional.

F_f : Fuerza de fricción, en tf

E_a : Empuje activo, en tf/m

Factor de seguridad frente al volcamiento, según la Norma CE.020 (2013), su valor debe ser mayor o igual a 2.0 para garantizar que el muro no se vuelque.

$$FS_v = \frac{M_e}{M_v}; FS_v \geq 2.0$$

Donde:

FS_v : Factor de seguridad frente al volcamiento, su unidad adimensional.

M_e : Momento estabilizante, en tf.m

M_v : Momento de volcamiento, en tf.m

Cálculo para hallar el esfuerzo máximo, su excentricidad y posición

Según (Almeida, 2013, p. 74), existen 2 casos para hallar la excentricidad y la posición de la fuerza vertical o normal producida en el suelo de fundación. De las expresiones matemáticas de a continuación (caso 1 y caso 2), Almeida recomienda que el caso 2 debe de evitarse porque se daría una concentración de esfuerzos en la base del muro.

Para el esfuerzo máximo:

$$\text{Caso 1 si, } |e_x| \leq \frac{B}{6} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_{max} = \frac{R_v}{B} \left(1 + \frac{6e_x}{B}\right) \\ \sigma_{min} = \frac{R_v}{B} \left(1 - \frac{6e_x}{B}\right) \end{cases}$$

$$\text{Caso 2 si, } \frac{B}{6} \leq |e_x| \leq \frac{B}{2} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_{max} = \frac{2R_v}{3(\frac{B}{2} - e_x)} \\ \sigma_{min} = 0 \end{cases}$$

Para la excentricidad y su posición:

$$e_x = \left(\frac{B}{2} - x_r\right); x_r = \frac{M_e - M_v}{R_v}$$

Donde:

e_x : Excentricidad, en m.

B: Ancho de la base del muro, en m.

σ_{max} : Esfuerzo máximo del suelo de fundación hacia la base del muro, en tf/m²

σ_{min} : Esfuerzo mínimo del suelo de fundación hacia la base del muro, en tf/m²

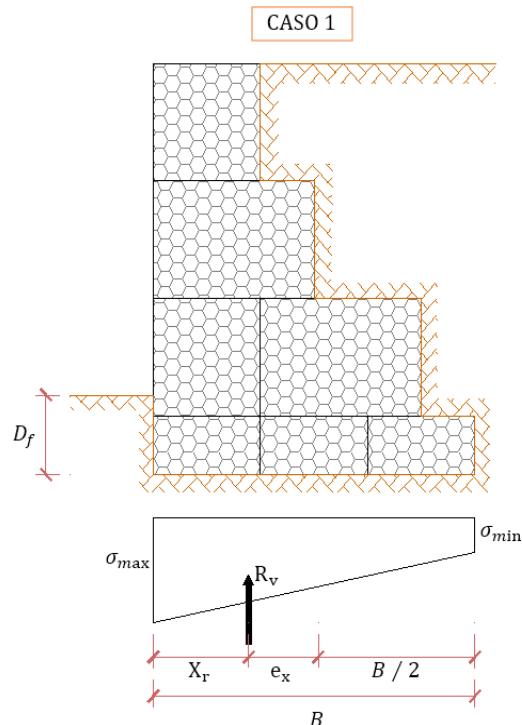
R_v : Es la fuerza normal del suelo de fundación debido al peso del muro y peso del suelo de relleno, en tf/m.

x_r : Posición de la excentricidad medida desde la superficie del intradós de la base del muro, en m.

M_e : Momento estabilizante, en tf.m

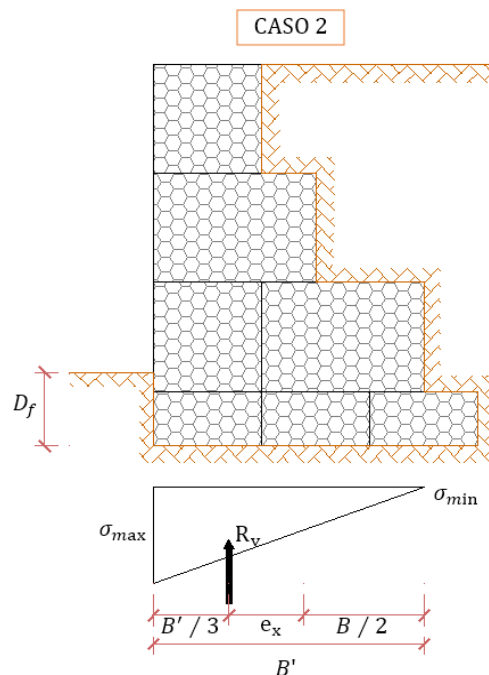
M_v : Momento de volcamiento, en tf.m

Figura 20 Presión de contacto entre el suelo de fundación y la base del muro, caso 1



Nota. En la figura “Df” representa la altura de desplante, “ σ_{max} ” el esfuerzo máximo, “ σ_{min} ” el esfuerzo mínimo, “ R_v ” la resultante vertical accionada por el suelo de fundación, “ x_r ” posición de la excentricidad, “ e_x ” la excentricidad y “B” el ancho de la base del muro. *Elaboración propia.*

Figura 21 Diagrama de presión de contacto entre el suelo y muro de fundación, caso 2



Nota. En la figura “Df” representa la altura de desplante, “ σ_{max} ” el esfuerzo máximo, “ σ_{min} ” el esfuerzo mínimo, “Rv” la resultante vertical accionada por el suelo de fundación, “ e_x ” la excentricidad, “B” el ancho del área de influencia de presiones y “B” el ancho de la base del muro. *Elaboración propia.*

Verificación de la resistencia de la base, Según Almeida (2013) se realiza comparando las presiones de contacto que se dan entre el área de contacto del suelo de fundación y la base del muro, condicionando a que será estable el muro si la capacidad de carga es mayor a los esfuerzos máximos producidos por el suelo de fundación (p. 74).

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max}$$

Donde:

σ_{adm} : Esfuerzo admisible, en tf/m².

σ_{max} : Esfuerzo máximo del suelo de fundación hacia la base del muro, en tf/m²

Presión admisible, según la Norma E.020 Cargas (2013) es el esfuerzo último o capacidad de carga ultima que ocasiona una falla por corte y que lo soporta el suelo, el cual por seguridad es dividido entre un factor de seguridad para cimentaciones (p. 25).

$$\sigma_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

Donde:

σ_{adm} : Esfuerzo admisible, en tf/m².

q_u : Capacidad de carga ultima, en tf/m².

FS = 3 para condiciones estáticas

FS = 2.5 para condiciones dinámicas

Costos, según Salinas (2012) este término nos determina el valor monetario que implican las acciones que se realicen para llegar a un resultado, comprometiendo costos directos (mano de obra, materiales, equipos y herramientas) y costos indirectos (gastos generales, utilidad e impuestos) (p. 7).

Partida, según Salinas (2012) este término es una acción del total de partidas que están en el presupuesto de los cuales en conjunto sirven para llegar a la meta de un proyecto u obra. Cada partida aparte de tener un nombre como actividad, tiene también un costo monetario que lleva a la ejecución de una cantidad (p. 8).

Presupuesto, según Salinas (2012) este término es el resultado de la sumatoria de todos los valores monetarios que implican las partidas de los costos directos e indirectos y que son necesarios para cuantificar monetariamente la ejecución de un proyecto u obra (p. 7).

Metrado, es la multiplicación entre la cantidad y la unidad de una partida (Salinas, 2012, p. 9).

Mano de obra, en costos se le llama al esfuerzo o trabajo que le demanda al obrero o trabajador que realiza una o varias actividades para alcanzar un fin según la categoría de obrero o empleado. La remuneración básica incluye leyes sociales y bonificaciones (Salinas, 2012, pp. 15-16).

Materiales, en costos son los insumos necesarios que unidos entre si hacen un producto final, y que además aportan a la ejecución de una o varias partidas (Salinas, 2012, pp. 24).

Equipos, en costos son las maquinas o maquinarias necesarias para llevar a cabo una o varias actividades (Salinas, 2012, p. 28).

Herramientas, en costos son los instrumentos menores y manuales que en conjunto son necesarios para llevar a cabo una o varias actividades (Salinas, 2012, p. 28).

Definición de términos

Talud, según Matteis (2003) es un terreno inclinado con respecto a la horizontal que adoptan permanentemente las estructuras de tierra (p. 3).

Talud estable, según la Norma CE.020 (2013) el factor de seguridad mínimo debe ser 1.5 para condiciones estáticas y 1.25 para condiciones sísmicas (p. 13).

Envase PET: Es el envase o botella de plástico ecoflex de la marca San Luis comercializada en el mercado peruano con el contenido neto de agua mineral de 2.5 litros.

Unidad PET: Es el envase PET relleno con un material clasificado SUCS (pasante del tamiz #4, material arena bien graduada SW).

Tablero MDF delgado: Según Maderas Arauco S.A. (2018) es un tablero hecho de fibra de madera de densidad media, usado en la industria de la construcción y mueblería (p. 1). El material MDF es comercializado por la empresa Sodimac, en el mercado peruano.

Malla Hexagonal de triple torsión: Según Bolívar (2018) es aquella que es flexible aun soportando esfuerzos en diferentes direcciones (p. 3).

Unidad de gavión: Según Bianchini (2012) es una estructura de malla hexagonal de triple torsión metálica en forma de paralelepípedo, el cual en su interior tiene como relleno un material pétreo de diámetros recomendados de 10 a 30cm. La dimensión más larga varía de 2 a 3m, los anchos varían de 1 a 1.5m y el alto de 0.5 a 1m (p. 2).

Unidad de gavión PET: Consiste en una estructura metálica paralelepípedo de 24kg de malla hexagonal. Las aberturas de malla metálica son de 8x10 y el diámetro del alambre es de 2.7mm. El cajón metálico tiene como relleno unidades PET los cuales se estabilizan en grupos o familias con retazos de material MDF delgado y alambres de borde, templadores y amarres.

Muro de gavión: Según Almeida (2013) se dicen al conjunto de varias unidades de gavión sobrepuestas entre sí y que se estabilizan con su propio peso (p. 10). Según (Aceros Metales y Mallas, 2021) son estructuras flexibles constituidas por cajas fabricadas de malla de alta resistencia, las cuales son rellenas con bloques de roca.

Muro de gavión PET: Son un conjunto de varias unidades de gavión PET sobrepuestas entre sí y que se estabilizan con su mismo peso.

Análisis estático de estabilidad: Es aquel análisis que no toma en cuenta a las fuerzas inerciales verticales o horizontales producto de un efecto sísmico (Almeida, 2013, p. 105). Este análisis es previo al diseño estático de muros de gavión, por lo cual tanto en el análisis como en el diseño se debe de cumplir lo indicado en el subtítulo 7.2.2 Diseño Geotécnico de muros de la norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes (2012).

Estabilidad de muro de gavión: Un muro es estable, si su análisis estático o sísmico de estabilidad y su diseño estático o dinámico cumple lo mencionado en el subtítulo 7.2.2 Diseño Geotécnico de muros de la Norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes (p. 14).

Diseño de muro: Según la Norma CE.020 (2013) “El diseño del muro debe presentar seguridad al vuelco, deslizamiento y se deberá evaluar la capacidad de carga”. (p. 14)

Carga viva: Según la Norma E.020 Cargas (2006) “Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación”. (p. 200)

Carga muerta: Según la Norma E.020 Cargas (2006) “Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud pequeña en el tiempo”. (p. 200)

Factible: “Supone conocer cuando dicha solución es posible de implementar tanto a nivel de inversión, operativo o técnico” (Mogrovejo et alii, 2019).

Viable: “Se da cuando es posible sustentarla de manera continua” (Mogrovejo et alii, 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación que se realizó fue aplicado, porque estuvo enmarcada en dar solución a la problemática (Borja, 2012, p. 10).

El diseño de la investigación fue no experimental, transversal y de nivel correlacional – causal con enfoque cuantitativo, ya que la variable independiente (unidades PET) tuvieron un patrón de muestra y los datos que se recopilaban se obtuvieron una sola vez, así como la existencia de relación entre la variable independiente y dependiente, considerando sus causas y efectos (Hernández, 2018, pp. 174-179).

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente, es aquella que origina el efecto o causa en la variable dependiente (Borja, 2012, p. 23). En el presente informe de investigación fueron las unidades PET.

Variable dependiente, es el producto de la causa que origina la variable independiente (Borja, 2012, p. 23). En el informe de investigación fue el muro de gaviones PET.

En el Anexo 1 se muestra la matriz de operacionalización de variables.

3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

Población

Denominado también universo es el conjunto de elementos que se van a estudiar y que presentan determinadas características o especificaciones de las cuales con una serie de criterios la selección de muestra las incluirá o excluirá. (Hernández, 2018, p. 199).

El universo fue constituido por el tramo de la carretera central km 117+800 - 118+000 del distrito de Chicla, provincia de Huarochirí, región Lima.

Muestra

La muestra es un subgrupo representativo de la población (Hernández, 2018, p. 198).

La muestra fue la progresiva km 117+900.

Muestreo

El procedimiento de muestreo no probabilístico consiste en la elección de la muestra de manera dirigida mas no aleatoria y depende del investigador (Hernández, 2018, p. 198). Por lo descrito la técnica de muestreo fue no probabilístico.

Unidad de análisis

Se dice a la muestra seleccionada que brinda la información o los datos para el desarrollo de la investigación. (Hernández, 2018, p. 198).

La unidad de análisis fue la progresiva km 117+900.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de observación y el instrumento de observación consiste en anotar los efectos que se producen al relacionar las variables, teniendo como protagonistas a los siguientes factores: las variables, el observador, el lugar, el contexto y sus circunstancias, los medios que logran la observación, y lo observado (Borja, 2012, p. 23). En base a este análisis la técnica e instrumento de recolección de datos fue la observación al ensayo de granulometría clasificado y aplicado al material de relleno a usar dentro del envase PET con una determinada humedad que permita su fácil llenado y compactado. Por otra parte, también se observó de qué manera y en qué posición (longitudinal o transversal) una unidad PET es más estable y recibe más carga frente a esfuerzo de compresión (ensayo de resistencia a la compresión).

Según Hernández (2018) nos dice que la confiabilidad debe de generar resultados constantes o iguales al momento de realizar su medición repetitiva, y en tanto a la validez del instrumento que se usará, éste deberá de medir con la verdad (p. 228-229). Los instrumentos que hicieron confiables y validos los datos fueron:

Trabajo de investigación de ZÚÑIGA PALOMINO (2018), autora de la tesis de grado titulado “Análisis de estabilidad del talud Carretera Central km 117 + 800 - 118 + 000 y propuesta de solución con el uso de gaviones – 2018”, Universidad Cesar Vallejo, Lima, en solamente los siguientes parámetros obtenidos de la

calicata de altura 3m ubicada en la progresiva km 117+900: Clasificación SUCS (grava limosa, GM), cohesión 5.10Kg/m², el ángulo de fricción 25.6° y peso específico del suelo 2.21 tf/m³. Con la finalidad de observar en cómo es que influyó la incorporación de unidades PET en el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones.

Cantera de agregados, el material de relleno clasificado y usado dentro del envase PET, fue extraído de la cantera Lalito 2013, ubicado en la Panamericana km 17 del centro poblado Mollebaya Chico, distrito de Uchumayo, región Arequipa.

Envase PET, se utilizó la botella de plástico ecoflex de la marca San Luis comercializada en el mercado peruano con el contenido neto de agua mineral sin gas 2.5 litros.

Pruebas físicas y mecánicas, para evidenciar y obtener resultados de la mejor calidad de unidad PET, los ensayos se realizaron en el laboratorio acreditado de Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto de la empresa LAB CONSULT INGENIERIA E.I.R.L., distrito Cayma, provincia Arequipa, región Arequipa.

En el Anexo 2 se muestra una mayor ilustración de las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.5 Procedimientos

Para el procesamiento de información y datos se siguieron los ensayos de cuarteo, humedad, granulometría de suelos, Proctor estándar, y ensayo de compresión simple para determinar la mejor calidad de las unidades PET.

Envase PET. Se hizo la compra de 14 unidades de botellas de plástico ecoflex de la marca San Luis con contenido neto de agua mineral sin gas de 2.5 litros, de los cuales se retiró el líquido interior, a fin de asegurar que los envases PET estén libres de humedad interna y externa.

Cantera de agregados. El material de suelo (4 costales de 25 kilos) fue extraído de la cantera Lalito 2013, ubicado en la Panamericana km 17 del centro poblado Mollebaya Chico, distrito de Uchumayo, región Arequipa.

Cuarteo. Fue un procedimiento necesario para obtener una muestra representativa de suelo, el cual servirá para identificar el tipo de material con el cual se ha trabajado.

Granulometría del suelo. Para determinar el tipo de material traído de la cantera Lalito, fue necesario realizar una clasificación de granulometría según su diámetro siguiendo el sistema de clasificación de suelos unificado (SUCS) para las siguientes mallas ASTM #4,8,10,16,30,40,50,80,100 y 200.

Humedad. Fue un ensayo necesario para determinar la humedad natural del material obtenido de la cantera Lalito.

Ensayo Proctor. Para definir el contenido de humedad óptimo del material que se usó como relleno dentro del envase PET (pasante del tamiz #4), se tuvo que usar como guía el ensayo Proctor modificado.

Ensayo de compresión simple. Se realizó para determinar si longitudinal o transversalmente la unidad PET resiste más al esfuerzo aplicado por una prensa de compresión axial, así como en qué posición muestra su mejor estabilidad. La ejecución de este ensayo estableció la mejor posición y dirección geoespacial cuando varias unidades PET se disponen en serie y apiladas dentro de una unidad de gavión.

Ensayo de gravedad específica. El ensayo se hizo al material que pasa el tamiz ASTM #4, determinándose así la densidad específica del suelo que fue usado como relleno dentro envase PET.

3.6 Método de análisis de datos

Como metodología del procesamiento de desarrollo de tablas y la interpretación de los datos se usaron los softwares AutoCAD versión 2016 y Microsoft Excel 2020. A continuación, se muestra los siguientes métodos e instrumentos que se usaron.

Cuarteo. Se escogió un costal de 25 kilos (suelo natural húmedo obtenido de la cantera Lalito) a fin de obtener una muestra representativa menor a dos kilos. Se hicieron en total una serie de 5 cuarteos con la intención de obtener una muestra de masa P_1 .

Granulometría del material extraído de la cantera. A la masa seca P_2 se le lavó con agua potable pasando por el tamiz #200 con la intención de filtrar los finos y materias orgánicas, este procedimiento de lavado se repitió varias veces. Lo que fue retenido en la malla #200 se puso a secar al horno un tiempo prudente al punto de que un retazo pequeño de vidrio transparente al estar en contacto con la muestra, éste no se empañara lo cual indicaba que no existía humedad en el material. Una vez seco toda la muestra, se volvió a pesar, obteniendo una masa P_3 . A la masa P_3 se le hizo pasar por los tamices de las mallas ASTM #4, 8, 10, 16, 30, 40, 50, 80, 100, 200 y la bandeja de fondo, obteniendo de esta manera un tipo de suelo llamado M_1 según la clasificación SUCS.

Humedad. Se puso a secar al horno 24 h la muestra cuarteada P_1 para determinar su humedad. Pasado las 24 h la nueva masa fue P_2 . La humedad está expresada en porcentaje.

$$H\% = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$$

Donde:

$H\%$: Humedad

P_2 : Masa seca, en g.

P_1 : Masa húmeda, en g.

Ensayo Proctor. Para definir el contenido de humedad óptimo del material que se usará como relleno dentro del envase PET, se tuvo que usar como guía el ensayo Proctor modificado. Para ello se obtuvieron 4 muestras que pasan por el tamiz #4 de 3 kg cada uno, asegurando que tengan contenidos de humedad A%, B%, C% y D% es así como de esta manera se determinó la humedad óptima E% y la densidad seca máxima "G" en gr/cm³.

Material de relleno del envase PET. Para su obtención se hizo lo siguiente: Primero, una muestra seca que pasa el tamiz #4 fue mezclado con agua hasta obtener la humedad óptima E%. Segundo, la muestra obtenida fue usado como material de relleno del envase PET al cual se le compactó dentro del envase en cuatro partes. El llenado de cada botella se demoró 30 minutos, consiguiendo de esta manera 3 muestras listas para determinar su masa y continuar con el ensayo

de compresión simple. Tercero, se observó que es ideal y fuera de la realidad tener que llenar y compactar con la humedad óptima el relleno de cada envase PET debido al demasiado tiempo que demandaba el llenado así como la complejidad que se hacía en el flujo de arena cuando caía en el interior de la botella, por tal motivo se optó en mezclar con agua una nueva muestra seca que pasa el tamiz #4, hasta el punto en que observe que, al momento del llenado de la botella por medio de un embudo de botella cortada artesanalmente, se observe un libre flujo de arena húmeda que cae al interior de la botella libre de cualquier interrupción. La humedad máxima que hizo que se obtenga un flujo de arena sin obstáculos de ingreso por la boquilla del PET al momento del llenado de la botella fue F%. El llenado de cada botella (3 unidades) se realizó en 4 partes debidamente compactadas con un acero vertical de ¼" que tuvo como soldado en uno de sus extremos una platina circular de diámetro similar al de la boquilla de la botella lo cual permitió el ingreso de este elemento para el compactado. Con la finalidad de que sean manejables los porcentajes de humedad para el llenado de las botellas PET, es que se determinó una nueva humedad H% muy próxima a la humedad F%. El llenado de cada botella fue un promedio de 4 minutos. De esta manera se obtuvieron 11 muestras listas para determinar su masa para luego proceder con el ensayo de compresión simple.

Ensayo de compresión simple. Se practicó el ensayo de compresión simple a 14 unidades PET rellenas con una mezcla de material que pasa el tamiz #4 y una cantidad de agua dosificada por el porcentaje de humedad. Seguidamente a cada unidad PET se le hizo el pesaje para determinar su masa. Posteriormente se armaron 4 grupos, un primer grupo de 3 unidades PET con E% de agua, un segundo grupo de 3 unidades PET con F% de agua, un tercer y cuarto grupo de 5 y 3 unidades PET respectivamente con H% de agua. Los ensayos a la unidad PET se realizaron en sentido longitudinal y transversal, con el fin de determinar la posición en que las unidades PET resisten más a los esfuerzos de compresión. De la misma manera este ensayo ayudó a establecer la mejor posición y dirección geoespacial que aporte una mayor resistencia y estabilidad cuando varias unidades PET estén apiladas y en serie dentro de una unidad de gavión (el ordenamiento geoespacial dentro de una unidad de gavión fue simulado con ayuda del software AutoCAD versión 2016).

Ensayo de gravedad específica. Se realizó a una muestra seca pasante del tamiz #4 hasta obtener una masa “P”. Seguidamente se determinó el peso a una fiola rellena en su interior de agua hasta el volumen de 500ml, obteniendo así una masa “Q”. Posteriormente se retiró el agua de la fiola y se introdujo la masa “P” en conjunto con agua potable. El agua potable se introdujo en la fiola hasta el punto de que cubra por completo y un poco más a la masa “P”. Luego con ayuda de una compresora de vacíos se retiró todo el aire y las burbujas que pudiera tener la masa “P” mezclada con agua dentro de la fiola. Finalmente se determinó la masa “R” que comprende el peso de la fiola, más agua potable hasta el volumen de 500ml.

$$G_s = \frac{W_{mss}}{W_{mss} + W_{f+a} - W_{f+m+a}}$$

Donde:

G_s : Gravedad específica de la muestra superficialmente seca, en g/cm³

W_{mss} : Masa de la muestra superficialmente seca, en g.

W_{f+a} : Masa de la fiola con agua, en g.

W_{f+m+a} : Masa de la fiola con la muestra y agua, en g.

3.7 Aspectos éticos

El trabajo de investigación fue desarrollado sin interferir las labores del universo del lugar de estudio. Para desenvolvimiento del presente trabajo se respetó todas las fuentes de información y los autores.

IV. RESULTADOS

4.1 Caracterización del suelo de cimentación

Tabla 3 Caracterización del suelo de cimentación en la progresiva km 117+900

Descripción	Resultado (Calicata, h=3m)
Clasificación SUCS	GM
Humedad natural	4.10%
Cohesión (ASTM D3080)	5.10 kg/m ²
Angulo de fricción (ASTM D3080)	25.6°

Nota. En la tabla "GM" según la clasificación SUCS, significa material grava limosa. El tipo de suelo, la humedad natural, la cohesión y el ángulo de fricción corresponden a la progresiva km 117+900 de la carretera central en Chicla, Lima. Adaptado de Zúñiga, 2018, Universidad Cesar Vallejo.

4.2 Granulometría y humedad del material extraído de la cantera

Tabla 4 Caracterización del material extraído de la cantera en Arequipa

Descripción	Resultado
Grava	3.10%
Arena	95.80%
Finos	1.10%
Clasificación SUCS	SW
Humedad	6%

Nota. En la tabla "SW" según la clasificación SUCS, significa arena bien graduada. El tipo de suelo, y la humedad natural, corresponden a la cantera Lalito 2013, Panamericana KM 17, Mollebaya Chico, Arequipa. *Elaboración propia.*

4.3 Ensayo Proctor

Tabla 5 Resultados del ensayo de compactación

Descripción	Humedad (%)	Densidad seca (g/cm ³)
Muestra 1	9.65	1.732
Muestra 2	11.88	1.757
Muestra 3	13.58	1.810
Muestra 4	15.72	1.798
Humedad optima máxima	14.60	
Densidad seca máxima		1.822

Nota. *Elaboración propia.*

4.4 Material de relleno del envase PET

Tabla 6 Elegibilidad del material de relleno óptimo para el envase PET

Grupo	Muestra	Masa (Kg)	Humedad	Flujo de arena	Llenado	Tiempo de llenado (min)
1	M - 01	4.431	14.60%	MALO	COMPLICADO	30
1	M - 02	4.366	14.60%	MALO	COMPLICADO	32
1	M - 03	4.004	14.60%	MALO	COMPLICADO	30
2	M - 01	4.126	5.86%	REGULAR	REGULAR	7
2	M - 02	4.162	5.86%	REGULAR	REGULAR	7
2	M - 03	4.104	5.86%	REGULAR	REGULAR	7
3	M - 01	4.055	5.50%	BUENO	FÁCIL	4
3	M - 02	4.045	5.50%	BUENO	FÁCIL	4
3	M - 03	4.060	5.50%	BUENO	FÁCIL	4
3	M - 04	4.072	5.50%	BUENO	FÁCIL	4
3	M - 05	4.084	5.50%	BUENO	FÁCIL	4
4	A	4.065	5.00%	BUENO	FÁCIL	4
4	B	4.076	5.50%	BUENO	FÁCIL	4
4	C	4.098	5.50%	BUENO	FÁCIL	4

Nota. Del total de 14 muestras se determinó que la muestra al 5.5% de humedad, es la más manejable y adecuada para el llenado de los envases PET. *Elaboración propia.*

Para determinar la masa promedio de las 8 muestras que fueron mezcladas al 5.5% de humedad, su cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$\bar{m}_{prom} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{\#muestras}$$

Donde:

\bar{m}_{prom} : Masa promedio de las muestras, en kg.

m_1, m_2, m_n : Masa de cada muestra, en kg.

$\#muestras$: Es la cantidad de muestras.

Por tanto, la masa promedio es:

$$\bar{m}_{prom} = 4.069 \text{ Kg}$$

4.5 Ensayo de compresión simple

Tabla 7 Elegibilidad de la posición en que deben de ir las unidades PET

Grupo	Muestra	Masa de la unidad PET (Kg)	Resistencia (Mpa)	Dirección de la carga
1	M - 01	4.431	1.0	AXIAL
1	M - 02	4.366	15.1	TRANSVERSAL
1	M - 03	4.004	24.5	TRANSVERSAL
2	M - 01	4.126	15.5	TRANSVERSAL
2	M - 02	4.162	21.2	TRANSVERSAL
2	M - 03	4.104	23.1	TRANSVERSAL
3	M - 01	4.055	21.1	TRANSVERSAL
3	M - 02	4.045	21.1	TRANSVERSAL
3	M - 03	4.060	23.7	TRANSVERSAL
3	M - 04	4.072	13.9	TRANSVERSAL
3	M - 05	4.084	19.4	TRANSVERSAL
4	A	4.065	0.6	AXIAL
4	B	4.076	1.7	AXIAL
4	C	4.098	0.3	AXIAL

Nota. Del total de 14 muestras se concretó que las muestras al 5.5% de humedad, presentan una mejor resistencia en la dirección transversal, cuando se le aplica un esfuerzo de compresión axial.
Elaboración propia.

El ensayo de compresión simple definió el mejor posicionamiento geoespacial de las unidades PET cuando estos están sometidos a mayores esfuerzos.

4.6 Ensayo de gravedad específica

Se resolvió que la densidad específica de la muestra superficialmente seca (arena bien graduada pasante del tamiz #4) fue de 1.37g/cm³.

4.7 Cualidades del envase PET

Tabla 8 Cualidades del envase PET

Descripción	Resultado
Masa de envase PET c/tapa	0.045 g
Densidad tapa	1.80 kg/m ³

Nota. Adaptado de la tesis de grado “Diseño de una red de recolección de botellas PET en Lima” (p. 21), por O. C. Frank, 2016, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Tabla 9 *Cualidades del envase PET*

Descripción	Resultado
Densidad del envase	43.40 kg/m ³
Altura del envase PET	36 cm
Diámetro medio del envase PET	10.725 cm
Volumen interior envase PET	767.73 cm ³
Volumen interior envase PET	0.000768 m ³

Nota. Elaboración propia.

4.8 Cualidades de la unidad PET

Tabla 10 *Cualidades de la unidad PET*

Descripción	Resultado
Masa	4.069 kg
Peso	0.004072 tf
Volumen	0.000768 m ³
Peso específico	5.30 tf/m ³

Nota. Elaboración propia.

4.9 Unidad de gavión

Las dimensiones escogidas de ancho, alto y largo de la unidad de gavión son de 100x100x300cm³ respectivamente. Como malla gavión, se usó la malla hexagonal de triple torsión con escuadría de 8x10 y diámetro nominal del alambre de 2.7mm. La malla de triple torsión se escogió porque absorbe esfuerzos en varias direcciones, cuidando de que no haya roturas en sus alambres, o en caso lo haya esta no se deshilache como la malla eslabonada, no siendo motivo estos casos para que pueda perder significativamente la absorción de esfuerzos.

Tabla 11 *Dimensiones de la unidad de malla gavión*

Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)	Tipo de malla Escuadría y diámetro	Masa por unidad (kg)	Peso por unidad (tf)
1	1	3	8x10 – 2.7mm	24	0.024

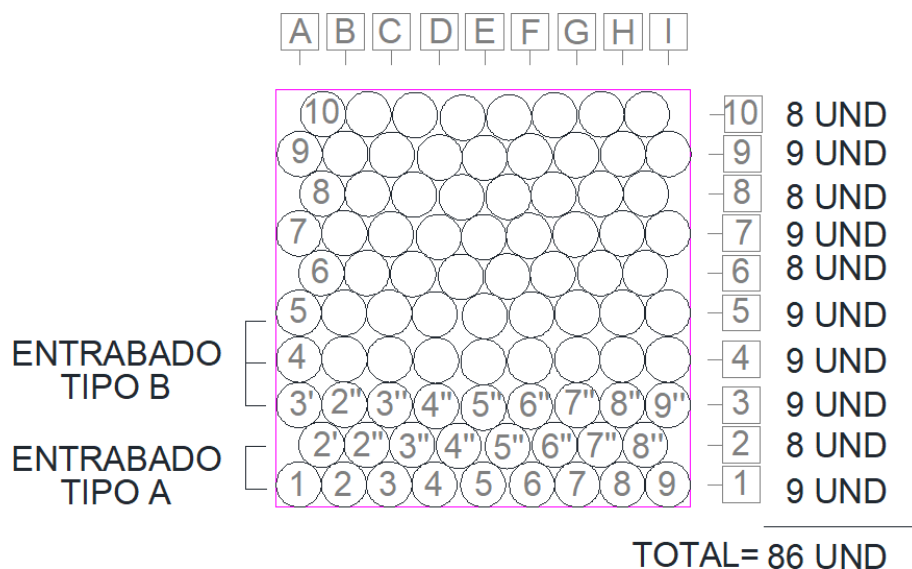
Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con Bianchini (2012), recomienda que para 1m³ de malla gavión, le corresponde 0.8kg de alambres para borde, templador y amarres. Entonces, para 3m³ de malla gavión, le corresponde 2.4kg o 0.0024tf de alambres de borde, templador y amarres con diámetros de 2.7mm.

4.9.1 Posicionamiento geoespacial de unidades PET

La práctica del ensayo de compresión uniaxial estableció que las unidades PET deben de recibir la carga transversalmente. El posicionamiento geoespacial de las unidades PET se simuló en el software AutoCAD versión 2016. Las unidades PET se posicionaron transversalmente una sobre otra quedando trabadas o endentadas de tal modo que sus ejes longitudinales sean paralelos al lado más largo del gavión, lográndose de esta manera una mejor estabilidad y comportamiento mecánico.

Figura 22 Vista lateral de una unidad de gavión PET de 1mx1m



Nota. El posicionamiento de las botellas PET tuvo dos tipos de entrabado: A y B. *Elaboración propia.*

Tabla 12 Características de las filas de acuerdo con el entrabado y número de unidades

FILA	ENTRABADO	UNIDADES
1	A	9
2	A	8
3	B	9
4	B	9
5	B	9
6	A	8
7	A	9
8	A	8
9	A	9
10	A	8

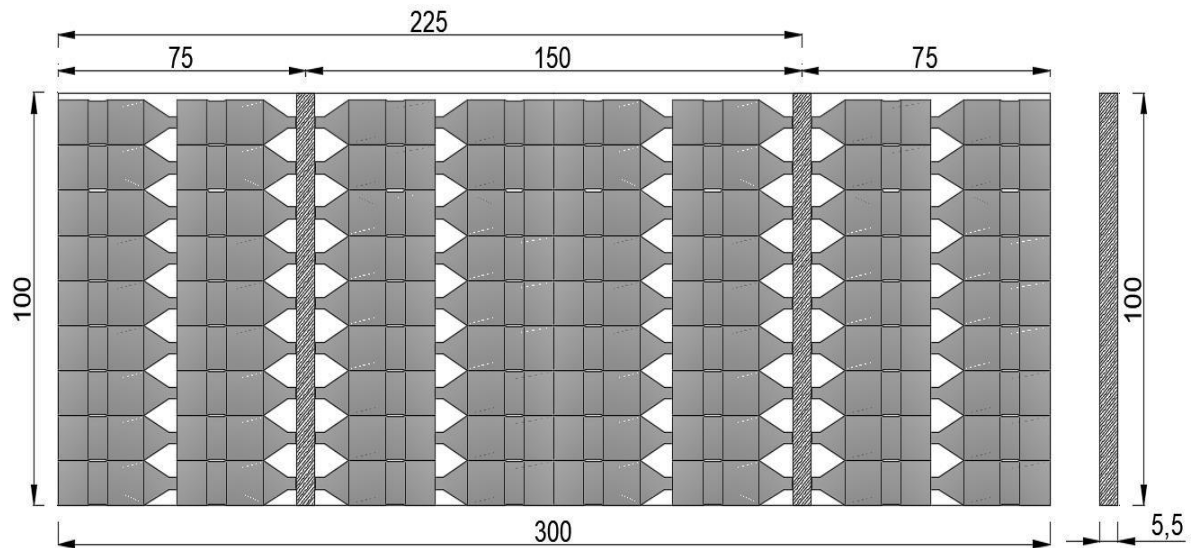
Nota. Elaboración propia

Se tomó este tipo de entrabado con la finalidad de que todas las unidades PET trabajen en conjunto con la malla gavión y así todos brinden una mayor estabilidad. Este tipo de endentado permitió también aprovechar eficientemente el área y volumen interno de la malla de unidad de gavión el cual es fabricado con medidas ya estandarizadas (1mx1mx3m).

4.9.2 Diafragma de la unidad de gavión.

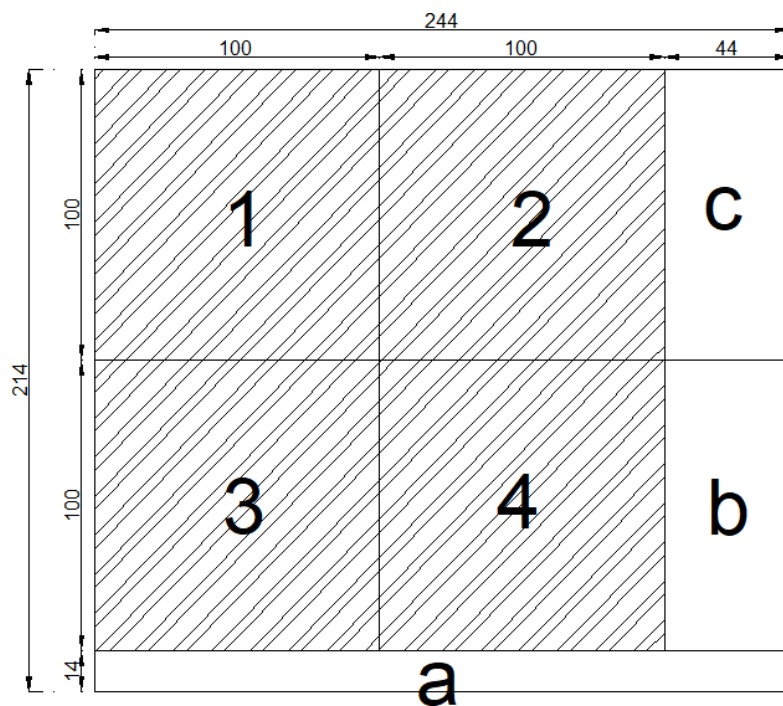
Para mejorar aún más la estabilidad de una unidad de gavión, se tomó como diafragma o separador un tablero MDF delgado de 2.14mx2.44mx5.5mm, el cuál fue cortado y repartido en retazos equitativamente. La unidad de gavión que tiene como relleno a las unidades PET estuvo longitudinalmente dividida en tres tramos, cada división estuvo marcada por un tablero MDF a 75.0cm y a 225cm respecto a una esquina. Por otra parte, según Maderas Arauco S.A. (2018) la densidad del tablero MDF usado es de 810kg/m³ (p. 2).

Figura 23 *Ubicación del tablero MDF de espesor 5.5mm*



Nota. Elaboración propia.

Figura 24 Retaceo de un tablero MDF delgado de 2.14mx2.44mx5.5mm



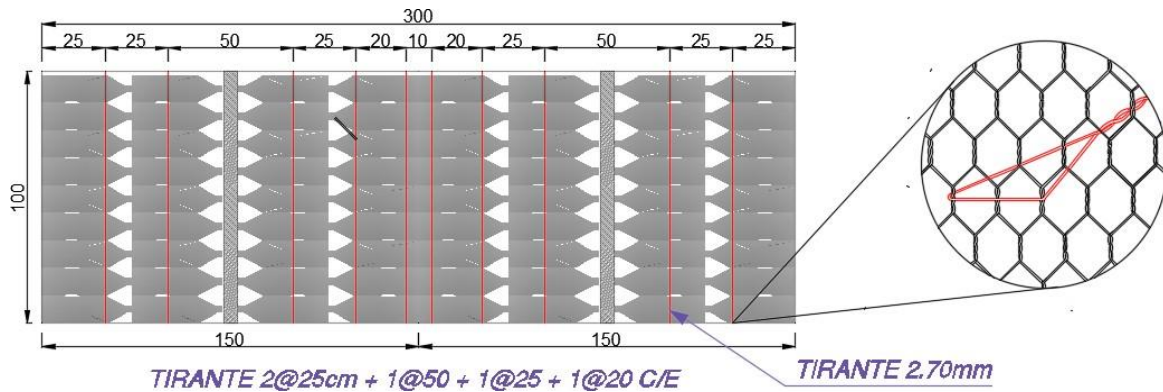
Nota. Después de aplicar 4 cortes al tablero MDF, sobran los retazos a, b y c, de los cuales si se juntan los retazos c y b se obtendría un quinto diafragma de 100.0cmx88.0cm el cual aún es útil para la unidad de gavión. *Elaboración propia.*

4.9.3 Templador de la unidad de gavión

Para asegurar aún más la estabilidad de una unidad de gavión se consideró el uso de tirantes conectores de alambre (2.7mm) o templadores separados 2@25cm + 1@50 + 1@25 + 1@20 en cada extremo, los cuales cruzaron perpendicularmente

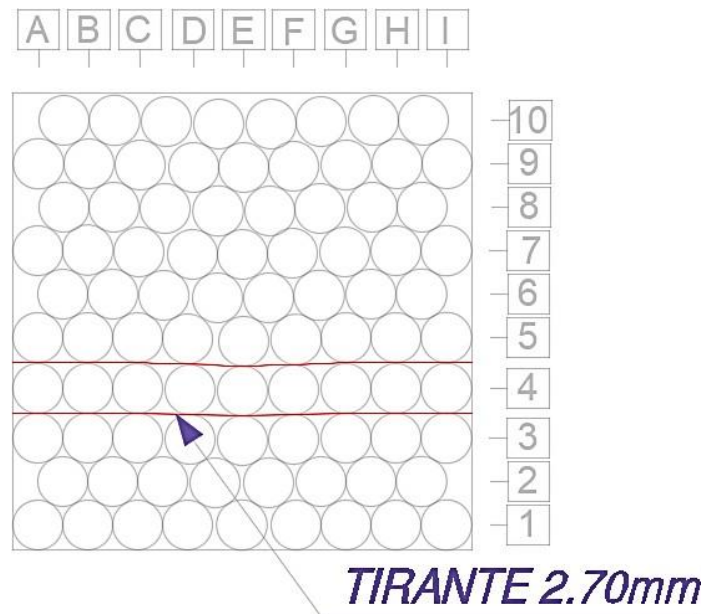
la superficie exterior de las unidades PET por su lado más largo, con la finalidad de disminuir deformaciones, reforzar la estabilidad y mantener la verticalidad de los paneles trasero y frontal de la malla gavión. Los tirantes estuvieron ubicados en la parte superior e inferior de la 4ta fila de las unidades PET. La doble posición de los templadores fue adecuada porque no interrumpía el entrabe entre cada unidad PET.

Figura 25 Vista superior de la fila 4 en las unidades PET apiladas



Nota. En la figura se puede apreciar el cruce perpendicular de los conectores de alambre.
Elaboración propia.

Figura 26 Ubicación de los templadores en una unidad de gavión PET.



Nota. En la figura se puede apreciar el doble cruce perpendicular de los conectores de alambre, que barren desde el panel frontal hasta el panel trasero. *Elaboración propia.*

4.9.4 Elementos y cualidades que conforman a una unidad de gavión PET

Tabla 13 Composición y características de una unidad de gavión PET

Elementos	Cantidad	Unidad
Unidad PET	688	und
Masa total de unidades PET	2,799.47	kg
Masa del tablero MDF delgado 244mx200mx5.5mm	217.40	kg
Masa de la malla hexagonal 8x10 – 2.7mm	24.00	kg
Masa de alambres 2.7mm	2.40	kg
Peso total de unidades PET	2.80	tf
Peso del tablero MDF delgado 244mx200mx5.5mm	0.22	tf
Peso de malla hexagonal 8x10 – 2.7mm	0.02	tf
Peso de alambres 2.7mm	0.002	tf
Volumen de una unidad de gavión 1mx1mx3m	3.00	m3
Peso total de una unidad de gavión 1mx1mx3m	3.05	m3
Peso específico de una unidad de gavión	1.02	tf/m3

Nota. Elaboración propia

4.10 Resultados del análisis estático de estabilidad

4.10.1 Datos para el cálculo del muro de gaviones PET

Datos para el cálculo de muros de gaviones PET

Datos del suelo de fundación

Peso específico	γ_{sf}	2.21	tf/m^3
Ángulo de fricción	ϕ	25.60	grados
Cohesión	C	0.21	kpa
Cohesión	C	0.021	tf/m^2
Carga ultima que soporta el suelo	q_u	64.90	tf/m^2
Capacidad portante o capacidad de carga admisible (Terzagui)	q_a	21.60	tf/m^2

Datos del suelo de relleno

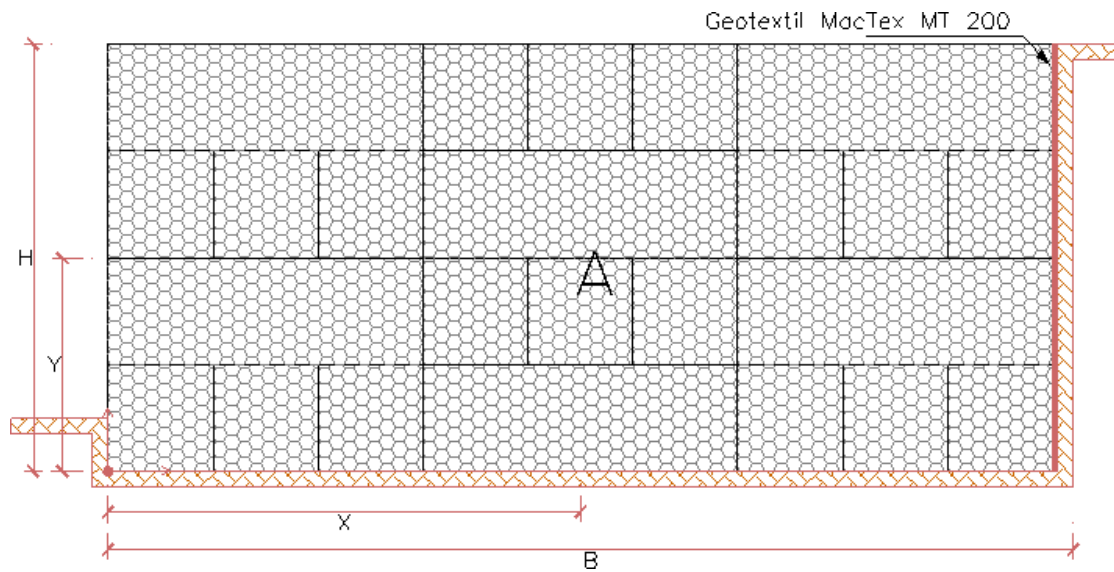
Peso específico	γ_{sr}	2.21	tf/m^3
Ángulo de fricción	ϕ	25.60	grados
Cohesión	C	0.21	kpa
Cohesión	C	0.021	tf/m^2
Ángulo de inclinación del relleno	β	0.00	grados

Datos de los materiales en una unidad de gavión

Número de unidades PET de 2.5L	#bot.	688	und
Peso total de unidades PET	$W_{t.pet}$	2.80	tf
Peso del tablero MDF delgado	W_{MDF}	0.22	tf
Peso del cajón de malla hexagonal 8x10, ϕ 2.7 (mm)	W_{mh}	0.02	tf
Peso de alambres, ϕ 2.7 (mm)	W_a	0.002	tf
Peso total de una unidad de gavión	W_{ug}	3.05	tf
Volumen de una unidad de gavión 1.00x1.00x3.00m ³	V_{ug}	3.00	m^3
Peso unitario de unidad de gavión	γ_{ug}	1.02	tf/m^3

4.10.2 Cálculos y resultados

Figura 27 Predimensionamiento del muro de gaviones PET



Nota. Elaboración propia.

Nomenclatura:

- σ'_v : Esfuerzo vertical
- W_{mg} : Peso del muro gavión
- μ : Coeficiente de fricción
- F_f : Fuerza de fricción
- E_v : Empuje vertical
- E_p : Empuje pasivo
- C' : Coeficiente de cohesión corregido
- R_v : Resultante vertical
- D_f : Profundidad de desplante
- σ_{adm} : Presión máxima admisible o Carga máxima admisible
- σ_{max} : Esfuerzo máximo
- σ_{min} : Esfuerzo mínimo
- q_u : Maxima presión que puede aplicarse al suelo sin que esta penetre
- $FS_{cap,port}$: Factor de seguridad a la falla por capacidad del suelo
- e_x : Excentricidad
- R_v : Resultante vertical producida por el suelo a la base del muro
- x_r : Posición de la resultante vertical producida por el suelo a la base del muro

A.- Geometria del muro predimensionado

Altura del muro
Base del muro
Altura de desplante

H	4.00	m
B	9.00	m
D_f	0.50	m

B.- Cálculo del coeficiente activo del material de relleno

$$k_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \Rightarrow k_a = \frac{0.568}{1.432}$$

$$k_a = 0.397$$

C.- Cálculo del empuje activo

$$E_a = k_a \sigma'_v - 2CH\sqrt{k_a}$$



$$E_a = k_a \left(\frac{1}{2} \gamma_{st} H^2 \right) - 2CH\sqrt{k_a}$$

$$E_a = 6.905 \text{ tf/m}$$

D.- Cálculo del empuje pasivo

$$E_p = k_p \sigma'_v + 2CH\sqrt{k_p}$$



No se ha considerado el empuje pasivo para el cálculo, porque el suelo de relleno situado en la delantera de la base del muro de gavión podría ser removido por causas naturales o por intervención del hombre, lo cual nada asegura que este material de relleno estará siempre permanente.

$$E_p = 0.000 \text{ tf/m}$$

E.- Cálculo del peso del muro y centro de gravedad

Elemento	brazo		A_i	γ_{ug}	W_{mg}
	x	y			
	(m)	(m)	(m^2)	(tf/m^3)	(tf/m)
A	4.5	2	36	1.02	36.54
		ΣA_i	36	ΣW_{mg}	36.54

$$x = \frac{\Sigma x_i A_i}{\Sigma A_i} \qquad \bar{y} = \frac{\Sigma y_i A_i}{\Sigma A_i}$$

$$x = 4.50 \text{ m} \qquad \bar{y} = 2.00 \text{ m}$$

F.- Cálculo del momento por volcamiento

$$M_v = E_a \bar{y}$$

$$M_v = 13.81 \text{ tf. m/m}$$

G.- Cálculo del momento resistente o estabilizante

$$M_e = W_{mg} \bar{x}$$

$$M_e = 164.44 \text{ tf. m/m}$$

H.- Cálculo del coeficiente de fricción

$$\mu = 0.885 \tan\left(\frac{3}{4}\phi\right)$$

$$\mu = 0.308$$

I.- Cálculo de la fuerza de fricción

$$F_f = \mu(R_v + E_v) + C'B + E_p$$

donde:

$$C' = 0.5C \qquad \text{y} \qquad R_v = W_{mg}$$

$$F_f = 11.356 \text{ tf/m}$$

J.- Cálculo de los factores de seguridad

$$FS_d = \frac{E_f}{E_a}; FS_d \geq 1.5$$

$$FS_d = 1.64 \geq 1.5 \dots? \text{ Si cumple}$$

$$FS_v = \frac{M_e}{M_v}; FS_v \geq 2.0$$

$$FS_v = 11.91 \geq 2.0 \dots? \text{ Si cumple}$$

K.- Verificación de la resistencia de la base

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max}$$

$$\sigma_{adm} \leq \frac{q_u}{FS_{cap,port}}$$

$$FS_{cap,port} \geq 3 \text{ para condiciones estáticas}$$

a) Fórmula para hallar el esfuerzo máximo

$$\text{Caso 1 si, } |e_x| \leq \frac{B}{6} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_{max} = \frac{R_v}{B} \left(1 + \frac{6e_x}{B}\right) \\ \sigma_{min} = \frac{R_v}{B} \left(1 - \frac{6e_x}{B}\right) \end{cases}$$
$$\text{Caso 2 si, } \frac{B}{6} \leq |e_x| \leq \frac{B}{2} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_{max} = \frac{2R_v}{3\left(\frac{B}{2} - e_x\right)} \\ \sigma_{min} = 0 \end{cases}$$

b) Cálculo para hallar la excentricidad y su posición

$$e_x = \left(\frac{B}{2} - x_r\right); x_r = \frac{M_e - M_v}{R_v}$$

$$x_r = 4.122 \text{ m}$$

$$e_x = 0.378 \text{ m}$$

c) Cálculo para hallar el esfuerzo maximo para el caso 1 de excentricidad

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= 5.08 \text{ tf/m}^2 \\ \sigma_{min} &= 3.04 \text{ tf/m}^2 \end{aligned}$$

d) Cálculo para las presiones de contacto

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max} \dots ?$$

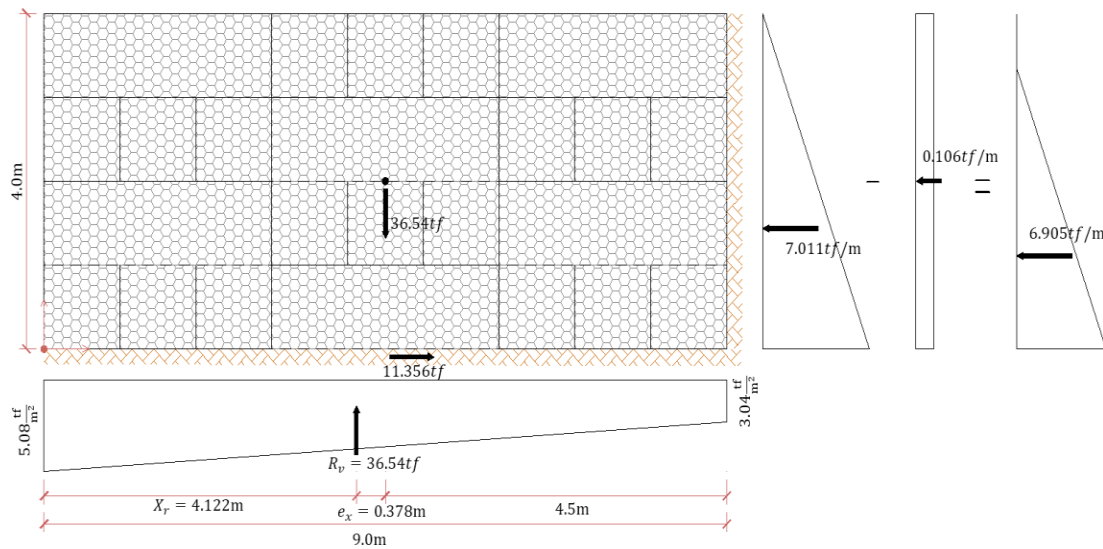
$$\sigma_{adm} \leq \frac{64.90}{3}$$

$$\sigma_{adm} = 21.60 \text{ tf/m}^2$$

$$21.60 \geq 5.08 \dots ? \quad \text{Si cumple}$$

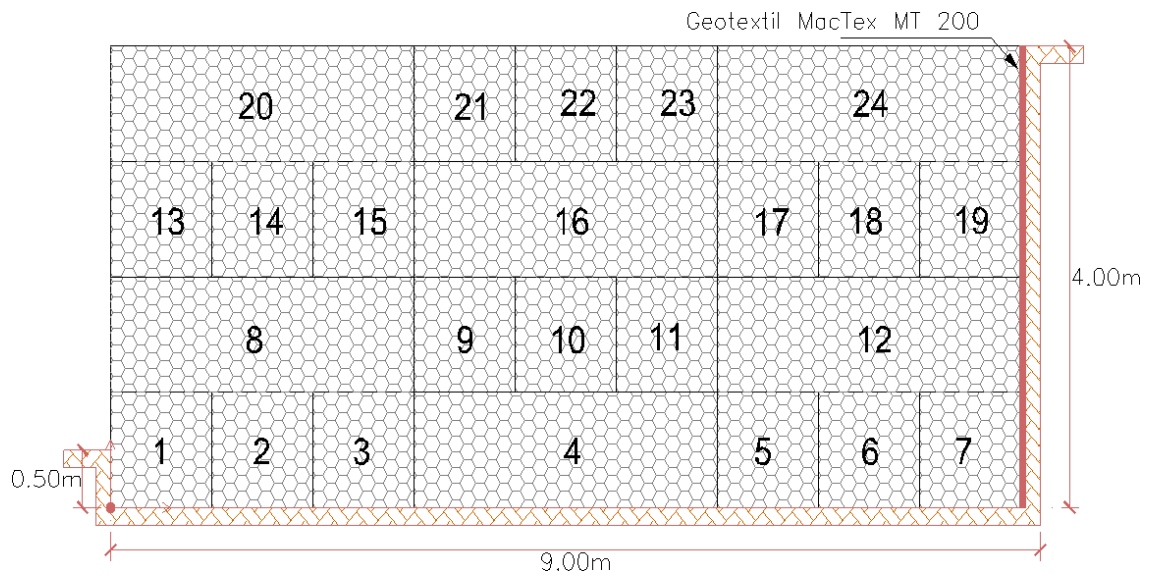
L.- Diagrama de empujes y esfuerzos

Figura 28 Diagrama de empujes y esfuerzos



Nota. Elaboración propia.

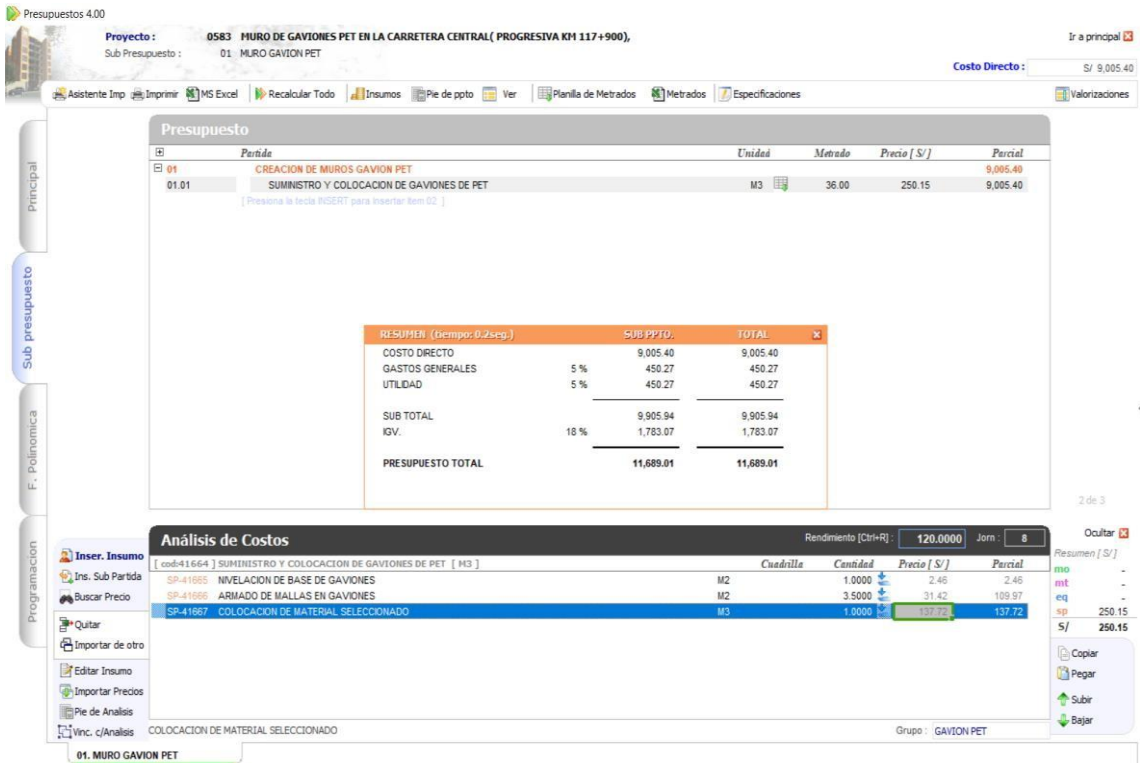
Figura 29 Geometría final del muro de gaviones PET



Nota. Elaboración propia.

4.11 Resultado de costos por metro lineal del muro de gaviones PET

Figura 30 Cálculo del presupuesto del muro de gaviones con ayuda de software



Nota. La figura muestra una captura de pantalla del programa PowerCost Presupuestos V4 usado para el cálculo del presupuesto del muro de gaviones PET. *Elaboración propia.*

Figura 31 Cálculo del metrado del muro de gaviones

Planilla de Sustento de Metrados

Proyecto MURO DE GAVIONES PET EN LA CARRETERA CENTRAL(PROGRESIVA KM 117+900), DISTRITO DE CHICLA, PROVINCIA DE HUAROCHIRÍ, REGION LIMA
Sub Presupuesto **01 - MURO GAVION PET**
Cliente UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ubicación CHICLA - HUAROCHIRI - LIMA

Partida	01.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE GAVIONES DE PET	Total :	36.00 M3			
Descripción	N Estr.	N Elem	Area	Largo	Ancho	Alto	Parcial
MURO GAVION DE PET				9.00	1.00	4.00	36.00

Nota. *Elaboración propia.*

Figura 32 Cálculo del presupuesto desagregado del muro de gaviones

Presupuesto Desagregado

Proyecto MURO DE GAVIONES PET EN LA CARRETERA CENTRAL(PROGRESIVA KM 117+900), DISTRITO DE CHICLA, PROVINCIA DE HUAROCHIRÍ, REGION LIMA
Sub Presupuesto **01 - MURO GAVION PET**
Ciente UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ubicación CHICLA - HUAROCHIRI - LIMA **Costo a : Febrero - 2021**

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	M.Obra	Material	Equipo	Total
01	CREACION DE MUROS GAVION PET							
01.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE GAVIONES DE PET	M3	36.00	250.15	488.88	8,501.94	14.58	9,005.40
						488.88	8,501.94	14.58
								9,005.40
								450.27
								450.27
								9,905.94
								1,783.07
PRESUPUESTO TOTAL								11,689.01

Son : ONCE MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y NUEVE CON 01/100 SOLES

Nota. Elaboración propia.

Figura 33 Cálculo del listado de insumos del muro de gaviones

Listado de Insumos

Proyecto MURO DE GAVIONES PET EN LA CARRETERA CENTRAL(PROGRESIVA KM 117+900), DISTRITO DE CHICLA, PROVINCIA DE HUAROCHIRÍ, REGION LIMA
Sub Presupuesto **01 - MURO GAVION PET**
Ciente UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ubicación CHICLA - HUAROCHIRI - LIMA **Costo a : Febrero - 2021**

IU	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial	
MANO DE OBRA							
47	00006	CAPATAZ	HH	0.61	24.61	15.01	
47	00007	OPERARIO	HH	7.45	23.44	174.63	
47	00009	PEON	HH	17.85	16.76	299.17	
						488.81	
MATERIALES							
02	08504	ALAMBRES Ø 2.7 MM	KG	28.78	4.24	122.03	
30	07086	GEOTEXTIL TEJIDO	M2	129.74	2.36	306.19	
30	08501	MALLA PARA GAVIONES 1MX1Mx3M, E=2.7MM PLASTIFICADO	M2	126.00	28.00	3,528.00	
39	08502	UNIDAD PET (BOTELLA SAN LUIS 2.5L + ARENA BIEN GRADUADA)	UND	8,255.65	0.34	2,806.92	
43	08503	MDF DELGADO DE 2.14MX2.44MX5.5MM	UND	11.99	145.04	1,739.03	
						8,502.17	
EQUIPO							
37	00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			14.42	
						14.42	
COSTO DIRECTO							
GASTOS GENERALES							
UTILIDAD							
						5 %	450.27
						5 %	450.27
SUB TOTAL							
IGV.							
						18 %	1,783.07
PRESUPUESTO TOTAL							
11,689.01							

Son : ONCE MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y NUEVE CON 01/100 SOLES

Nota. Elaboración propia.

Figura 34 Análisis de costos unitarios del muro de gaviones PET

Análisis de Costos Unitarios

Proyecto MURO DE GAVIONES PET EN LA CARRETERA CENTRAL(PROGRESIVA KM 117+900), DISTRITO DE CHICLA, PROVINCIA DE HUAROCHIRI, REGION LIMA

Sub Presupuesto 01 - MURO GAVION PET

Cliente UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ubicación CHICLA - HUAROCHIRI - LIMA

Costo a : Febrero - 2021

Partida	01.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE GAVIONES DE PET				Rend:	120.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Sub partidas							
SP 41665	NIVELACION DE BASE DE GAVIONES	M2		1.0000	2.46	2.46	
SP 41666	ARMADO DE MALLAS EN GAVIONES	M2		3.5000	31.42	109.97	
SP 41667	COLOCACION DE MATERIAL SELECCIONADO	M3		1.0000	137.72	137.72	
						250.15	
Costo Unitario por M3 :						250.15	

Sub Partida	41665	NIVELACION DE BASE DE GAVIONES				Rend:	120.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.0067	24.61	0.16	
47 00009	PEON	HH	2.000	0.1333	16.76	2.23	
						2.39	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.39	0.07	
						0.07	
Costo Unitario por M2 :						2.46	

Sub Partida	41666	ARMADO DE MALLAS EN GAVIONES				Rend:	500.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.0016	24.61	0.04	
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0160	23.44	0.38	
47 00009	PEON	HH	2.000	0.0320	16.76	0.54	
						0.96	
Materiales							
30 07086	GEOTEXTIL TEJIDO	M2		1.0300	2.36	2.43	
30 08501	MALLA PARA GAVIONES 1MX1MX3M, E=2.7MM PLASTIFICADO	M2		1.0000	28.00	28.00	
						30.43	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.96	0.03	
						0.03	
Costo Unitario por M2 :						31.42	

Sub Partida	41667	COLOCACION DE MATERIAL SELECCIONADO				Rend:	160.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.0050	24.61	0.12	
47 00007	OPERARIO	HH	3.000	0.1500	23.44	3.52	
47 00009	PEON	HH	5.000	0.2500	16.76	4.19	
						7.83	
Materiales							
02 08504	ALAMBRES Ø 2.7 MM	KG		0.8000	4.24	3.39	
39 08502	UNIDAD PET (BOTELLA SAN LUIS 2.5L + ARENA BIEN GRADUADA)	UND		229.3300	0.34	77.97	
43 08503	MDF DELGADO DE 2.14MX2.44MX5.5MM	UND		0.3330	145.04	48.30	
						129.66	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	7.83	0.23	
						0.23	
Costo Unitario por M3 :						137.72	

Nota. Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

En cumplimiento a la Norma CE 020 Estabilización de suelos y taludes (2012), un muro es estable si cumple los parámetros de factor de seguridad contra el volteo, factor de seguridad contra el deslizamiento y las presiones de contacto del método del factor de seguridad global (p. 22). Para la progresiva km 117+900 de la carretera central, el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones incorporando envases PET rellenos y compactados con un suelo pasante del tamiz #4 sus resultados no fueron óptimos ya que el muro necesita 4m de altura y 9m de ancho lo cual implica realizar más corte horizontal y vertical al talud colindante, sin embargo, si es óptimo si se ubica en otros lugares donde no implique realizar mucho corte al talud.

Según Bianchini (2012) La estabilidad en los muros de gaviones depende por lo general, del estado o las condiciones de los materiales que generan el peso propio del muro, así como de los elementos que conforman el volumen del muro gavión (p. 5). Sin embargo, el material más influyente fue el peso de las unidades PET y el peso de las unidades PET depende del material de relleno (arena bien graduada pasante del tamiz #4 con contenido de humedad 5.5%) y su compactación dentro del envase PET.

Según Bianchini (2012) el predimensionamiento o dimensionamiento de los muros de gavión rellenos con materiales pétreos, debe ser de la siguiente manera: $B=1/2(1+H)$, donde “B” es el ancho de la base y “H” la altura del muro (p. 5). Sin embargo, los efectos que originan la incorporación de unidades PET en el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones hizo que el ancho de la base del muro para la altura de 4m, no se acerque o se rijan al predimensionamiento planteado por Bianchini. Esta discrepancia se debió a que la fuerza de roce que se produce en el área de contacto entre la base del muro y el suelo de fundación es muy influenciada por las superficies lisas de las unidades PET de 2.5 litros. Por tanto, a mayor altura del muro de gaviones, el ancho de la base será 2.25 veces más que la altura.

Los factores de seguridad contra el volteo, deslizamiento y presiones de contacto en el suelo de fundación del análisis estático de estabilidad del muro de gaviones dependen de que tan estable es el apilamiento entre varias unidades de gavión PET. Por lo que se determinó gracias a los ensayos de compresión uniaxial

aplicado a las unidades PET que una o varias unidades de gavión PET serán más estables y resistirán más a esfuerzos de compresión, si el eje longitudinal de las unidades PET son paralelos a la superficie base de apoyo. Para lo cual se ha comprobado y revalidado la manera en que deben de ir posicionados las unidades PET en una unidad de gavión PET según lo citado por Corzo & García (2015) en su tesis de grado titulado “Análisis de estabilidad en laboratorio de un gavión utilizando como relleno PET (polietileno tereftalato) recicladas”, Universidad Industrial de Santander, Colombia (p. 25).

En el análisis estático de estabilidad, el factor de seguridad contra el volteo es 7.26 veces mayor que el factor de seguridad contra el deslizamiento, es decir que es menos probable que el muro de gaviones de 9m de base y 4m de altura falle por volteo que por deslizamiento. Sin embargo, ambos cumplen los parámetros del factor de seguridad en cuanto al método del factor de seguridad global.

En la tesis de grado de Corzo & García (2015) aplicado a unidades de gavión de 0.5mx0.5mx1.50m rellenos con botellas PET de 600ml y estas a su vez rellenas con material seco (1 cemento:4 arena) (p. 21). El material de relleno optimo que se usó no es muy aplicado a la realidad, ya que si se lleva a la practica en la construcción o de cualquier proyecto, su obtención en campo u obra es muy difícil, pues tendría que hacerse secar todo el material asegurando que no tendrá ningún porcentaje de humedad, considerando además la posible contaminación de aire que generaría el polvo producto del solo hecho de mezclar los materiales cemento y arena en un estado seco. Sin embargo, en el presente informe de investigación titulado “Análisis estático de estabilidad del muro de gaviones de la carretera central utilizando envases PET en Chicla- Huarochirí- Lima, 2020” el material de relleno que se ha considerado (1 arena bien graduada: 5.5% agua) si pudiese ser aplicado en cualquier proyecto, ya que para cualquier material (suelo) este siempre tendrá un determinado humedad por más mínima que sea.

Según Almeida (2013) El crecimiento cambiante del desarrollo vial exige a la ingeniería soluciones innovadoras para la contención de laderas y taludes con infraestructuras simples de construir y de costo asequible, asegurando la reducción de obstáculos que pudieran existir en la evaluación de su viabilidad de construcción (p. 9). El costo por metro lineal que demanda el uso de muro de gaviones

incorporando unidades PET es de S/ 11,464.24 soles, lo cual indica que, si es factible y viable, porque, aunque su construcción parezca compleja y necesite de una extensa área como derecho de vía, el muro de gaviones PET seguirá cumpliendo la función por la cual fue instalada, aun considerando que el ancho de la base sea 2.25 veces mayor que los 4m de altura.

VI. CONCLUSIONES

Metódicamente, si fue óptimo analizar estáticamente la estabilidad del muro de gaviones (progresiva km 17+900 de la carretera central del anexo de Casapalca en Chicla – Huarochirí – Lima), usando el método del factor de seguridad global de la Norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes (2012), para el muro creado por varias unidades de gavión, incorporando como relleno, no materiales pétreos sino envases PET rellenos con material clasificado SW (arena bien graduada) según SUCS. Las dimensiones resultantes del muro producto del análisis fueron 4m de altura y 9m de ancho en la base. Los factores de seguridad contra el volteo y deslizamiento fueron 11.91 y 1.64 respectivamente. De la misma manera en el análisis se ha cumplido que la presión admisible del suelo de fundación (18.48 tf/m²) es mayor al esfuerzo máximo de 5.08 tf/m² producido por la fuerza de reacción del suelo de fundación.

El análisis estático de estabilidad del muro de gaviones PET, depende en gran parte del peso propio del mismo muro. Las unidades PET en una unidad de gavión de 3.05tf representan el 91.8% del peso total, por tanto, se han identificado las mejores condiciones al material de relleno (arena bien graduada), tal que su llenado, compactado, y peso sean los óptimos. El relleno y compactado de cada envase PET fue de 4 tramos con 7 golpes cada uno dosificado óptimamente con un suelo pasante del tamiz #4 (1 arena bien graduada: 5.5% agua). El peso promedio de una unidad PET fue de 39.92 N.

Para optimizar el uso del método del factor de seguridad global (FSG) en el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones PET (ancho de base 9m y altura 4m) se identificaron los siguientes efectos que deben de tomarse en cuenta al diseñar el muro: El ancho de la base de un muro respecto a su altura es 2.25 veces más que la altura, cuando lo habitual para muros de gaviones pétreos típicos según Bianchini (2012) debe ser 0.63 veces más que la altura. El factor de seguridad contra el volteo es 5.96 veces más que el mínimo factor de seguridad contra el volteo (2). El factor de seguridad contra el deslizamiento es 1.09 veces más que el mínimo factor de seguridad contra el deslizamiento (1.5). El factor de seguridad contra el deslizamiento del muro es mínimamente mayor en 0.14 respecto al mínimo de 1.5 que indica la Norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes

(2012). En la verificación de las presiones de contacto entre la base del muro y el suelo de fundación, el esfuerzo admisible es 3.64 veces más que el esfuerzo máximo generado por el suelo.

No es una inversión factible y viable el costo por metro lineal que demanda el uso de muro de gaviones PET de dimensiones 4m de altura y 9m de ancho de base para la progresiva km 117 + 900 en Casapalca, debido a que al talud colindante se le tiene que cortar 9 metros horizontales dirigidos hacia el eje del talud. Por otra parte, si es una inversión factible y viable el costo por metro lineal si este muro estuviera ubicado en otro lugar estratégico que tenga una extenso derecho de vía, ya que su inversión demanda S/ 11,689.01 soles, de los cuales S/ 9,005.40 soles corresponden al costo directo y S/ 2,683.01 soles como costo indirecto. Las subpartidas que comprende son: nivelación de base de gaviones en m2, armado de mallas en gaviones en m2 y colocación de material seleccionado en m3. La razón por la que también es factible y viable es porque, aunque el valor del ancho de la base sea muy elevado y en consecuencia ocupe mucha más área de terreno (6.50m2 de más en comparación al área de 2.5m2 que corresponde a un muro de gaviones relleno con material pétreo), el muro seguirá siendo estable, ya sea incorporando unidades PET o material pétreo, cumpliendo así la función de estabilidad de talud. Por otra parte, la comparación realizada de cuanta área ocupa por metro lineal ambos muros de gavión fue en base al predimensionamiento que recomienda Bianchini (2012).

Figura 35 Resumen del presupuesto total del muro de gaviones PET

Item	Descripción Sub presupuesto	Costo Directo
01	MURO GAVION PET	9,005.40
SUB TOTAL COSTO DIRECTO		9,005.40
	Mano de Obra	488.81
	Materiales	8,502.17
	Equipo	14.42
	COSTO DIRECTO	9,005.40
	GASTOS GENERALES	5 % 450.27
	UTILIDAD	5 % 450.27
	SUB TOTAL	9,905.94
	IGV.	18 % 1,783.07
	PRESUPUESTO TOTAL	11,689.01

Son : ONCE MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y NUEVE CON 01/100 SOLES

Nota. Elaboración propia.

VII. RECOMENDACIONES

Para optimizar aún más el análisis estático de estabilidad del muro de gaviones incorporando envases PET se recomienda realizar más estudios de investigación, aprovechando la abundancia de estos envases, al punto que la industria del plástico reciclable empiece a crear envases PET para el uso en proyectos de infraestructura, como muros de gravedad u otras estructuras, así como también crear la necesidad de normar su análisis y diseño.

Se recomienda identificar otra variante que dé las mejores condiciones a las unidades PET, usando como relleno y compactado al limo o arcilla (pasante del tamiz #200). De resultar óptimo el análisis estático o sísmico del muro de gavión, así como del costo para su viabilidad, se recomienda diseñar el muro para su experimentación en campo u obra.

Para mejorar aún más el factor de seguridad contra el deslizamiento ($FS_d \geq 1.09FS_{d \text{ min}}$) del análisis estático de estabilidad del muro de gaviones PET usando el método del factor de seguridad global, se recomienda usar envases PET menores a 2.5 litros de capacidad. Ya que en el presente estudio se ha comprobado que a mayor volumen de las unidades PET, mayor será el porcentaje de vacíos que presente una unidad de gavión PET.

Se recomienda realizar una comparación de presupuestos entre la construcción del muro gavión con unidades PET y el muro de gavión tradicional, con la finalidad de establecer cuál es el menor costo.

Se recomienda analizar y diseñar la estabilidad de un muro de gaviones PET tipo colchón, para el uso de murallas o cercos de gran altura y robustez. De resultar óptimo su dimensionamiento y el costo para su viabilidad, se recomienda su diseño y experimentación en campo u obra.

Se recomienda que todas las hiladas de extremo a extremo que existen en la parte superior e inferior de las unidades de gavión PET cuando estas están apiladas y en serie, sean idénticas en dimensiones desde la base del muro hasta la corona, ya que esta disposición fue producto de los resultados de los parámetros (factor de seguridad contra el volteo, deslizamiento y presiones de contacto).

REFERENCIAS

- Albarracin Corso, J., & Beltran Garcia, A. (2015). *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN LABORATORIO DE UN GAVIÓN UTILIZANDO COMO RELLENO BOTELLAS PET (POLIETILENO TEREFTALATO) RECICLADAS*. Bucaramanga.
- Ambiente y Desarrollo Sostenible – AMBIDES S.A.C. y Sandoval Alvarado, Leandro. (2012). *INFORME ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y NO MUNICIPALES EN EL PERÚ GESTION 2012*. Lima: MINISTERIO DEL AMBIENTE. Obtenido de <https://redrrss.minam.gob.pe/biblioteca.php>
- Borja Suárez, M. (2012). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PARA INGENIEROS*. CHICLAYO: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.
- Braja M., D. (2013). *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA* (4ta. Edición ed.). México: Cengage Learning Editores, S.A. de.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES* (Vol. 5a. ed.). MÉXICO: LIMUSA.
- Gil Carbonell, E. R., & Nuñez Quintana, I. K. (2018). *Influencia de la adición de fibras de pet reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes*. Trujillo: Universidad nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11114>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. MÉXICO: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A de C.V.
- INACAL. (2015). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. LIMA: INACAL. Obtenido de <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22254>
- INEI. (2015). *PERÚ: ANUARIO DE ESTADÍSTICAS AMBIENTALES 2015*. LIMA: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMATICA. Obtenido de

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/

INGENIERO, B. (2012). Gaviones, sistemas de corrección fluvial, muros. Obtenido de <https://pdf.archiexpo.es/pdf/bianchini-ingeniero/gabions/143649-241090.html>

International, A. (2003). Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Carbon Steel Wire. *ASTM A641/ A641M-03*. PA: West Conshohocken. Obtenido de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?A641A641M>

Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica De Suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos* (Vol. I). México: Editorial Limusa.

Ministerio de vivienda, C. Y. (2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma Técnica E.020 Cargas*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción Y Saneamiento.

MTC, D. D.-D. (2016). *LA IMPORTANCIA DE LA CARRETERA CENTRAL* (N° 001-2016 ed.). LIMA: DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE. Obtenido de <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/terrestre/estudios.html>

Muelas Rodríguez, A. (s.f.). *MANUAL DE MECANICA DEL SUELO Y CIMENTACIONES*. UNED. Obtenido de https://www.academia.edu/27020241/MANUAL_DE_MECANICA_DEL_SUELO_Y_CIMENTACIONES_AUTOR_ANGEL_MUELAS_RODRIGUEZ_MANUAL_DE_MECANICA_DEL_SUELO_Y_CIMENTACIONES_CAPITULO_2_ELEMENTOS_DE_CONTENCION

Quevedo Haro, E. C. (2017). *Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del distrito de Nuevo Chimbote, Áncash*. Chimbote: Universidad Nacional de Santa. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3105>

Rico Rodríguez, A., & Hermilo, D. C. (2006). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. México: Editorial Limusa.

- Sánchez Sierra, M. A., & Paredes Quiroga, P. A. (2014, noviembre). Estudio de viabilidad técnica de la implementación del polietileno tereftalato como material para estabilización de taludes. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1703>
- Sherwell Betancourt, G. F. (2014). *Estudio del uso de polietileno tereftalato (PET) como material de refuerzo de estructuras térreas conformadas por suelo fino*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/253840>
- Suárez Díaz, J. (2001). *CONTROL DE EROSIÓN EN ZONAS TROPICALES*. BUCARAMANGA, COLOMBIA: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
- Zúñiga Palomino, R. (2018). *Análisis de estabilidad del talud Carretera Central km 117 + 800 - 118 + 000 y propuesta de solución con el uso de gaviones – 2018*. Lima: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24102>
- Plaza Vea. (2021, 19 febrero). Agua mineral SAN LUIS con gas Botella 2.5L. Plazavea. <https://www.plazavea.com.pe/agua-de-mesa-san-luis-con-gas-botella-2-5l/p>
- Coca-Cola. (2019, 25 junio). El detrás de escena de la botella que hizo historia: la primera en Perú hecha 100% de plástico reciclado. Cocacola Journey. <https://www.cocacoladeperu.com.pe/historias/nuestra-gente-el-detr-s-de-escena-de-la-botella-que-hizo-historia-la-primera-en-per-hecha-100-de-pl-stico-reciclado>
- Almeida Barros, P. L., Prof. Dr. (2013). Obras de Contención Manual Técnico (Vol. 1). Maccaferri. <https://www.maccaferri.com/br/es/download/tm-br-manual-obras-de-contencion-sp-feb21/>
- Braja M., D. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica (4.a ed.) [Libro electrónico]. Cengage Learning Editores, S.A. Recuperado de <https://www.libreriaingeniero.com/2020/09/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica-braja-m-das-4ta-edicion.html>

- Salinas Seminario, M. (9.ª ed.). (2012). Costos y Presupuestos de Obra. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Arauco. (2019, septiembre). Arauco Trupan. Forestal Arauco S.A. Recuperado de https://www.arauco.cl/peru/wp-content/uploads/sites/22/2018/01/F.T._TRUPAN_26-09-2019.pdf
- Muñoz Pérez, L. (2012, noviembre). Estudio del uso del polietileno tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/2514?show=full>
- Olivera Corrales, F. A. (2016, agosto). Diseño de una red de recolección de botellas PET en Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7599>
- Soto Contreras, J. (2017, noviembre). Presupuesto para muro en gavión a gravedad para protección de la ribera del río Magdalena en el corregimiento de Puerto Bogotá, municipio de Guaduas, Cundinamarca. Universidad Católica de Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10983/16402>
- Matteis, F. (2003, agosto). Estabilidad de taludes. Universidad Nacional de Rosario, Honduras. Recuperado de <http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>
- M. (2020, 13 agosto). Gaviones Triple Torsión - Aceros Metales y Mallas - 2019 AMYM Soluciones de Control de Erosión. Recuperado de <https://gaviones.co/gavion-triple-torsion/>
- Mogrovejo et alii, E. (2019, 21 agosto). Conexión ESAN. ESAN. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/como-analizar-la-viabilidad-y-factibilidad-en-el-design-thinking/>
- Constructor Civil. (2011, 1 enero). Sistema de Clasificación de Suelos Unificado. Constructor Civil. Blog del Ingeniero Civil. Recuperado de

http://civildocs.blogspot.com/2011/05/sistema-de-clasificacion-de-suelos_2161.html

Suárez Díaz, J. (2009). Deslizamientos. Tomo II: Técnicas de Remediación [Libro electrónico]. <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-ii-tecnicas-de-remediacion.html>

Gil Carbonell, E. R., & Nuñez Quintana, I. K. (2018, noviembre). Influencia de la adición de fibras de pet reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes. Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11114>

Sánchez, M. A., & Paredes, P. A. (2014). Estudio de viabilidad técnica de la implementación del polietileno tereftalato como material para estabilización de taludes. Universidad Católica de Colombia, 1(1), 1-9. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1703/3/ARTICULO%20VIABILIDAD%20TECNICA%20PET.pdf>

Reglamento Nacional de Edificaciones. CE. 020 Estabilizacion de suelos y taludes. Método del factor de seguridad global (FSG). (2013)

Bolívar Trujillo, R. E. (2019, agosto). Gaviones. Departamento de Diseño, Investigación e Innovación (DRIM) Aceros Metales y Mallas Ltda. <https://gaviones.co/wp-content/uploads/2019/08/4.-GAVIONES.pdf>

Dirección general de caminos y ferrocarriles. (2018, febrero). Mapeo con imágenes del satélite peruano PERUSAT-1 y clasificación de la carretera central satélite. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Recuperado de http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Imagen_Satelital/10%20Mapeo_Imag_PeruSat-1_PE-22_Morococha_Pachachaca_Feb-2018.pdf

ANEXOS

Anexo 1 Declaratoria de autenticidad del autor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR

Yo, Cayllahua Huaman Uziel Inoc, identificado con DNI N° 46464053, alumno de la Facultad de Ingeniería Civil y Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo del campus Lima Este, declaro bajo juramento que en absoluto todos los datos e información que acompañan al trabajo de investigación titulado "Análisis estático de estabilidad del muro de gaviones de la carretera central utilizando envases PET en Chicla- Huarochirí- Lima, 2020", son:

1. De mi autoría.
2. El presente trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
3. El presente trabajo de investigación no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente trabajo de investigación son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo

Arequipa, febrero del 2021



.....
Cayllahua Huaman Uziel Inoc
DNI N° 46464053

Anexo 2 Declaratoria de autenticidad del asesor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, Arévalo Vidal Samir Augusto, identificado con DNI N° 46000342, docente de la facultad de Ingeniería Civil de la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo del Campus Lima Este, revisor del trabajo de investigación titulado:

“Análisis estático de estabilidad del muro de gaviones de la carretera central utilizando envases PET en Chicla- Huarochirí- Lima, 2020”, del estudiante Uziel Inoc Cayllahua Huaman, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, febrero del 2021



Arévalo Vidal Samir Augusto
Mg. Ingeniero Civil
CIP N° 177295
DNI N° 46000342

Anexo 3 Matriz de operacionalización de variables

	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Subdimensiones	Indicadores	Escala de medición		
Variable independiente: unidades PET	Botella de plástico relleno con material clasificado	Es el material de relleno de una unidad de gavión PET	Estabilidad de la Unidad PET	Configuración de las unidades PET	Acomodo óptimo	Mpa		
			Volumen de la unidad PET	Relleno del envase PET	Resistencia a la compresión			
					Granulometría Humedad Compactación		SUCS % # golpes	
Variable dependiente: muro de gaviones PET	Muro formado por varias unidades de gavión PET que se estabilizan por gravedad	El muro formado por varias unidades de gavión rellenos con unidades PET hace que se estabilice el muro por gravedad	Unidades de gavión	Fuerzas estabilizadoras	Peso del muro	tf		
					Fuerzas desestabilizadoras	Fuerza de fricción	tf	
						Empuje del suelo de relleno	tf	
			Análisis estático de estabilidad				Normal del suelo de fundación	tf
							Factor de seguridad al volcamiento	≥ 2.0
							Factor de seguridad al deslizamiento	≥ 1.5
							Esfuerzo admisible y esfuerzo máximo de fundación	tf/m2

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4 Instrumento de recolección de datos

Técnica	Instrumento	Muestra	Variable	Instrumentos de medición
Observación	Observación	Progresiva km 117+900	Unidad PET	<p>Envase PET</p> <p>Muestra proveniente de una cantera</p> <p>Equipo de ensayo para determinar la granulometría SUCS de la muestra</p> <p>Ensayo de resistencia a la compresión</p> <p>Adaptación del ensayo Proctor estándar</p> <p>Ensayo de gravedad específica</p>
Observación	Observación		Muro de gaviones	Tesis de grado de ZÚÑIGA PALOMINO (2018) para los datos de identificación del tipo de suelo, cohesión, ángulo de fricción, y peso específico del suelo de fundación.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5 Ensayos de laboratorio

INFORME DE ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D-422

CÓDIGO DE INFORME
LCI-512-2020

PROYECTO: "ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES DE LA CARRETERA CENTRAL UTILIZANDO ENVASES PET EN CHICLA - HUAROCHIRI - LIMA, 2020"

UBICACIÓN: CHICLA - HUAROCHIRI - LIMA **F. RECEPCIÓN:** 2020-12-28

CLIENTE: BACH. UZIEL INOC CAYLLAHUA HUAMÁN **F. EJECUCIÓN:** 2020-12-29

DIRECCIÓN: -- **F. EMISIÓN:** 2021-01-02

DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA: CANTERA LALITO 2013, PANAMERICANA KM 17 **CÓDIGO DE MUESTRA:** L8-661-20

MUESTRA : AGREGADO FINO - ARENA **CONDICIÓN:** Mab

Malla ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Pas. Acumulado	GRADACION B BASE GRANULAR MTC
>3"					
3"	75.00				
2 1/2"	63.00				
2"	50.00				
1 1/2"	37.50				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50			100.00	
Nº 4	4.75	41	3.09	96.91	
Nº 8	2.36	154.4	11.71	85.20	
Nº 10	2.00	45.9	3.48	81.72	
Nº 16	1.19	162.1	12.29	69.43	
Nº 30	0.60	234.7	17.79	51.64	
Nº 40	0.425	143.7	10.89	40.74	
Nº 50	0.300	119.9	9.09	31.65	
Nº 80	0.180	241.2	18.29	13.37	
Nº 100	0.150	30.8	2.34	11.03	
Nº 200	0.075	130.7	9.91	1.12	
FONDO		14.8	1.12		

Wmi	1319
Wp Nº4	1278
Wmi f	--

GRAVA	3.1%
ARENA	95.8%
FINOS	1.1%

CLASIFICACIÓN SUCS

CLASIFICACIÓN AASHTO

El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como 'PORCENTAJE QUE PASA' (0-100) y el eje X etiquetado como 'DIÁMETRO DE LAS PARTÍCULAS (mm)' (logarítmico, 19.05 a 0.05). Se indican los tamaños de malla ASTM y sus equivalentes en pulgadas y milímetros.

OBSERVACIONES:

- 1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Prevención y Control
 Las Colinas 1, Arequipa - PERÚ
 Ing. Jorge Mario Alvarado Quiroga
 Jefe de Laboratorio
 LCI-512-2020

**INFORME DE ENSAYO
CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA ASTM D-2216**

CÓDIGO DE INFORME
LCI-512-2020

PROYECTO:	"ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES DE LA CARRETERA CENTRAL UTILIZANDO ENVASES PET EN CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA, 2020"		
UBICACIÓN:	CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA	F. RECEPCIÓN:	2020-12-28
CLIENTE:	BACH. UZIEL INOC CAYLLAHUA HUAMÁN	F. EJECUCIÓN:	2020-12-29
DIRECCIÓN:	---	F. EMISIÓN:	2021-01-02

DATOS DE LA MUESTRA			
PROCEDENCIA:	CANTERA LALITO 2013, PANAMERICANA KM 17	CÓDIGO DE MUESTRA:	LS-551-20
	MOLLEBAYA CHICO	CONDICIÓN:	Mab
MUESTRA :	AGREGADO FINO - ARENA		

CONTENIDO DE HUMEDAD	
DESCRIPCIÓN	
PESO SUELO HUMEDO + CÁPSULA (g)	1609.0
PESO SUELO SECO + CÁPSULA (g)	1518.3
PESO DEL AGUA (g)	90.7
PESO DE LA CÁPSULA (g)	0.0
PESO NETO DEL SUELO SECO (g)	1518
PORCENTAJE DE HUMEDAD %	6.0

Laboratorio de Ingeniería de Suelos
Pavimentación y Control
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
ÁREA DE LABORATORIO
CIP Nº 110843

OBSERVACIONES:

- 1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

**INFORME DE ENSAYO
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
NORMA ASTM C-127**

CÓDIGO DE INFORME
LCI-512-2020

PROYECTO:	"ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES DE LA CARRETERA CENTRAL UTILIZANDO ENVASES PET EN CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA, 2020"		
UBICACIÓN:	CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA	F. RECEPCIÓN:	2020-12-28
CLIENTE:	BACH. UZIEL INOC CAYLLAHUA HUAMÁN	F. EJECUCIÓN:	2020-12-29
DIRECCIÓN:	---	F. EMISIÓN:	2021-01-02

DATOS DE LA MUESTRA			
PROCEDENCIA:	CANTERA LALITO 2013, PANAMERICANA KM 17	CÓDIGO DE MUESTRA:	LS-551-20
	MOLLEBAYA CHICO	CONDICIÓN:	Mab
MUESTRA :	AGREGADO FINO - ARENA		

Descripción	Unidad	
Peso muestra Saturada Sup. Seca	g	664.7
Peso (fiola + agua)	g	664.5
Peso (fiola + agua + muestra)	g	842.8
Peso muestra sumergida	g	178.3
Volumen de la muestra	cm ³	486.4
Peso de la muestra seca	g	482.6

Absorción	%	
Peso Especifico Masivo	g/cm ³	0.99
Peso Especifico Saturado Sup. Seco	g/cm ³	1.37
Peso Especifico Aparente	g/cm ³	1.59


 Laboratorio de Ingeniería de Sucesos Paramétricos y Calidad
 LAB CONSULT INGENIERIA
 Ing. Jorge Luis Acuña Quiroz
 Área de Operaciones

OBSERVACIONES:

- 1-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

**INFORME DE ENSAYO
COMPACTACION MODIFICADO
NORMA ASTM D-1557**

CÓDIGO DE INFORME
LCI-512-2020

PROYECTO: "ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES DE LA CARRETERA CENTRAL UTILIZANDO ENVASES PET EN CHICLA - HUAROCHIRI - LIMA, 2020"

UBICACIÓN: CHICLA - HUAROCHIRI - LIMA F. RECEPCIÓN: 2020-12-28
 CLIENTE: BACH. UZIEL INOC CAYLLAHUA HUAMÁN F. EJECUCIÓN: 2020-12-29
 DIRECCIÓN: --- F. EMISIÓN: 2021-01-02

DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : CANTERA LALITO 2013, PANAMERICANA KM 17 CÓDIGO DE MUESTRA: LS-551-20
 MOLLEBAYA CHICO CONDICIÓN: Mab
 MUESTRA : AGREGADO FINO - ARENA

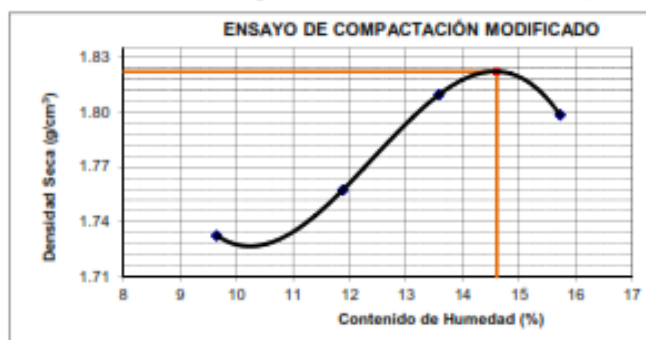
TIPO	A
PESO MARTILLO kg	4.54
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	25

MOLDE METÁLICO	
PESO DEL MOLDE	4454 g
DIMENSIONES	DIAM. 15.24 cm ALTURA 11.84 cm
VOLUMEN DEL MOLDE	931.2 cm ³

ENSAYO	Nº	2	3	4	5
Peso Suelo Húmedo + Molde	g	6223	6285	6368	6392
Peso del Suelo Húmedo	g/cm ³	1769	1831	1914	1938
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	1.900	1.966	2.055	2.081

HUMEDAD	Nº	1	2	3	4
Peso de Cápsula	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de Cápsula + Suelo Húmedo	g	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso del Suelo Seco + Cápsula	g	456.0	446.9	440.2	432.1
Peso del Suelo Húmedo	g	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso del Suelo Seco	g	456.0	446.9	440.2	432.1
Peso del Agua	g	44.0	53.1	59.8	67.9
Humedad	%	9.65	11.88	13.58	15.72
Contenido de Humedad	%	9.65	11.88	13.58	15.72
Densidad Seca	g/cm ³	1.732	1.757	1.810	1.798

Densidad Seca Máxima : 1.822 g/cm³ Humedad Óptima : 14.6 %



OBSERVACIONES:

- 1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Laboratorio de Mecánica de Suelos
 y Geotecnia y Cálculo
 LAB CONSULT INGENIERIA
 Ing. Jorge Luis Acosta Quiroz
 AREA DE LABORATORIO
 (20210102)

**INFORME DE ENSAYO
RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE TESTIGOS CILINDRICOS
NORMA ASTM C-39**

CÓDIGO DE INFORME
LCI-513-2020

PROYECTO:	"ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES DE LA CARRETERA CENTRAL UTILIZANDO ENVASES PET EN CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA, 2020"		
UBICACIÓN:	CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA	F. RECEPCIÓN:	2020-12-28
CLIENTE:	BACH. UZIEL INOC CAYLLAHUA HUAMÁN	F. EJECUCIÓN:	2021-01-12
DIRECCIÓN:	---	F. EMISIÓN:	2021-01-12

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA:	ENVASE PET RELLENO DE SUELO
CÓDIGO DE MUESTRA:	LEC-200-20

IDENTIFICACION DEL TESTIGO	CODIGO	RESIST. INDICADA f'c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Dias	SECCIÓN TRANSV. cm2	CARGA MÁXIMA kN	ESFUERZO DE ROTURA MPa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm2
M - 01 VERTICAL	P-01	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	9	1.0	10
M - 02 HORIZONTAL	P-02	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	136	15.1	154
M - 03 HORIZONTAL	P-03	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	222	24.5	250

Laboratorio de Ingeniería de Suelos
Fundaciones y Cimentaciones
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alejandro Quijpe
2021-01-12

PRENSA UTILIZADA	ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENTS CO.LTD STY-2000 SERIE 110832		
RANGO DE MEDICION	2000 kN - 200000 kg	FECHA DE CALIBRACION	16/12/2020
CALIBRACION	CERTIFICADO N° TC - 17144 - 2020	TEST & CONTROL	

OBSERVACIONES:

- 1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

**INFORME DE ENSAYO
RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE TESTIGOS CILINDRICOS
NORMA ASTM C-39**

CÓDIGO DE INFORME
LQI-513-2020

PROYECTO:	"ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES DE LA CARRETERA CENTRAL UTILIZANDO ENVASES PET EN CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA, 2020"		
UBICACIÓN:	CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA	F. RECEPCIÓN:	2020-12-28
CLIENTE:	BACH. UZIEL INOC CAYLLAHUA HUAMÁN	F. EJECUCIÓN:	2021-01-12
DIRECCIÓN:	---	F. EMISIÓN:	2021-01-12

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA:	ENVASE PET RELLENO DE SUELO CÓDIGO DE MUESTRA: LEC-200-20

IDENTIFICACION DEL TESTIGO	CODIGO	RESIST. INDICADA f'c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Dias	SECCION TRANSV. cm2	CARGA MÁXIMA kN	ESFUERZO DE ROTURA MPa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm2
M - 01 HORIZONTAL	P-01	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	140	15.5	158
M - 02 HORIZONTAL	P-02	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	192	21.2	216
M - 03 HORIZONTAL	P-03	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	208	23.1	235

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Ingeniería y Construcción
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alvarado Choque
MSc. en Construcción
CIP 11000

PRENSA UTILIZADA	ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENTS CO.LTD STY-2000 SERIE 110832		
RANGO DE MEDICION	2000 kN - 200000 kg	FECHA DE CALIBRACION	16/12/2020
CALIBRACION	CERTIFICADO N° TC - 17144 - 2020	TEST & CONTROL	

OBSERVACIONES:

- 1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

**INFORME DE ENSAYO
RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE TESTIGOS CILINDRICOS
NORMA ASTM C-39**

CÓDIGO DE INFORME
LCI-513-2020

PROYECTO:	"ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES DE LA CARRETERA CENTRAL UTILIZANDO ENVASES PET EN CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA, 2020"		
UBICACIÓN:	CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA	F. RECEPCIÓN:	2020-12-28
CLIENTE:	BACH. UZIEL INOC CAYLLAHUA HUAMÁN	F. EJECUCIÓN:	2021-01-12
DIRECCIÓN:	---	F. EMISIÓN:	2021-01-12

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA:	ENVASE PET RELLENO DE SUELO CÓDIGO DE MUESTRA: LEC-200-20

IDENTIFICACION DEL TESTIGO	CODIGO	RESIST. INDICADA f'c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Dias	SECCION TRANSV. cm2	CARGA MÁXIMA kN	ESFUERZO DE ROTURA MPa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm2
M - 01 HORIZONTAL	P-01	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	190	21.1	215
M - 02 HORIZONTAL	P-02	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	191	21.1	215
M - 03 HORIZONTAL	P-03	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	215	23.7	242
M - 04 HORIZONTAL	P-03	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	125	13.9	142
M - 05 HORIZONTAL	P-03	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	175	19.4	198

Laboratorio de Ingeniería de Suelos
Fundaciones y Construcción
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Arcevaldo Quijón
Ingeniero de Suelos

PRENSA UTILIZADA	ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENTS CO.LTD STY-2000 SERIE 110832		
RANGO DE MEDICION	2000 kN - 200000 kg	FECHA DE CALIBRACION	16/12/2020
CALIBRACION	CERTIFICADO N° TC - 17144 - 2020	TEST & CONTROL	

OBSERVACIONES:

- 1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

**INFORME DE ENSAYO
RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE TESTIGOS CILINDRICOS
NORMA ASTM C-39**

CÓDIGO DE INFORME
LCI-513-2020

PROYECTO:	"ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MURO DE GAVIONES DE LA CARRETERA CENTRAL UTILIZANDO ENVASES PET EN CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA, 2020"		
UBICACIÓN:	CHICLA - HUAROCHIRÍ - LIMA	F. RECEPCIÓN:	2020-12-28
CLIENTE:	BACH. UZIEL INOC CAYLLAHUA HUAMÁN	F. EJECUCIÓN:	2021-01-12
DIRECCIÓN:	---	F. EMISIÓN:	2021-01-12

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA:	ENVASE PET RELLENO DE SUELO
CÓDIGO DE MUESTRA:	LEC-200-20

IDENTIFICACION DEL TESTIGO	CODIGO	RESIST. INDICADA f'c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Dias	SECCIÓN TRANSV. cm2	CARGA MÁXIMA kN	ESFUERZO DE ROTURA MPa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm2
A VERTICAL	P-01	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	6	0.6	6
B VERTICAL	P-02	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	15	1.7	17
C VERTICAL	P-03	kg/cm2	-	2021-01-12	-	90.34	3	0.3	3

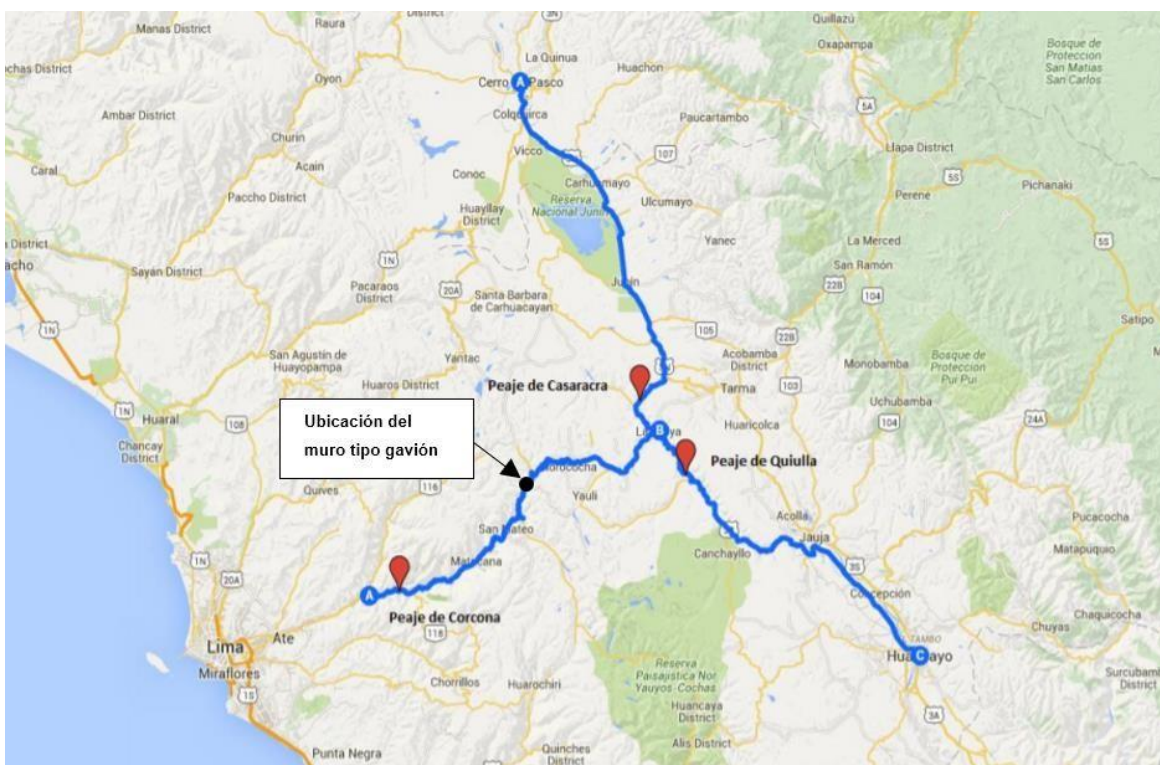
Laboratorio de Mecánica de Suelos
Pruebas y Control
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alvarado Choque
Jefe de Laboratorio
2021

PRENSA UTILIZADA	ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENTS CO.LTD STY-2000 SERIE 110832		
RANGO DE MEDICION	2000 kN - 200000 kg	FECHA DE CALIBRACION	16/12/2020
CALIBRACION	CERTIFICADO N° TC - 17144 - 2020	TEST & CONTROL	

OBSERVACIONES:

- 1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Anexo 6 Ubicación del área de estudio



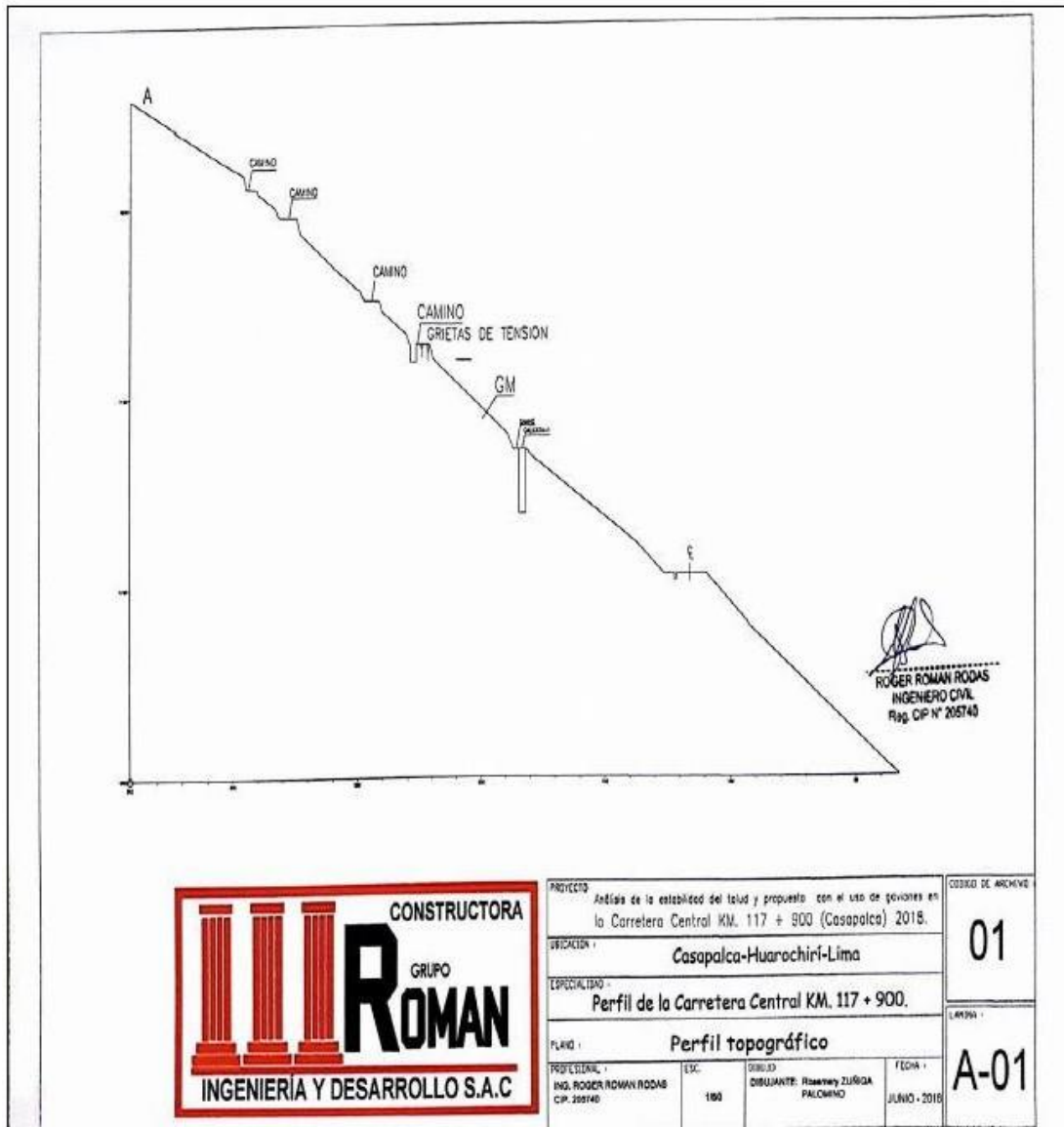
Nota. El punto negro comprendido dentro de la carretera central (línea azul) es una coordenada (-11.645190, -76.233711) del tramo en estudio. Tomado de *DIRECCIÓN DE REGULACIÓN Y NORMATIVIDAD – DGTT – MTC. N° 001-2016: La importancia de la carretera central* (p. 1), por DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE [DGTT], 2016.

Anexo 7 Vista satelital de la progresiva KM 117+900 de la carretera central en Chicla



Nota. Tomado y adaptado de *Mapeo con imágenes del satélite peruano PERUSAT-1 y clasificación de la carretera central satélite* (p. 64), por Dirección general de caminos y ferrocarriles, 2018

Anexo 8 Plano de perfil topográfico de la progresiva km 117+900



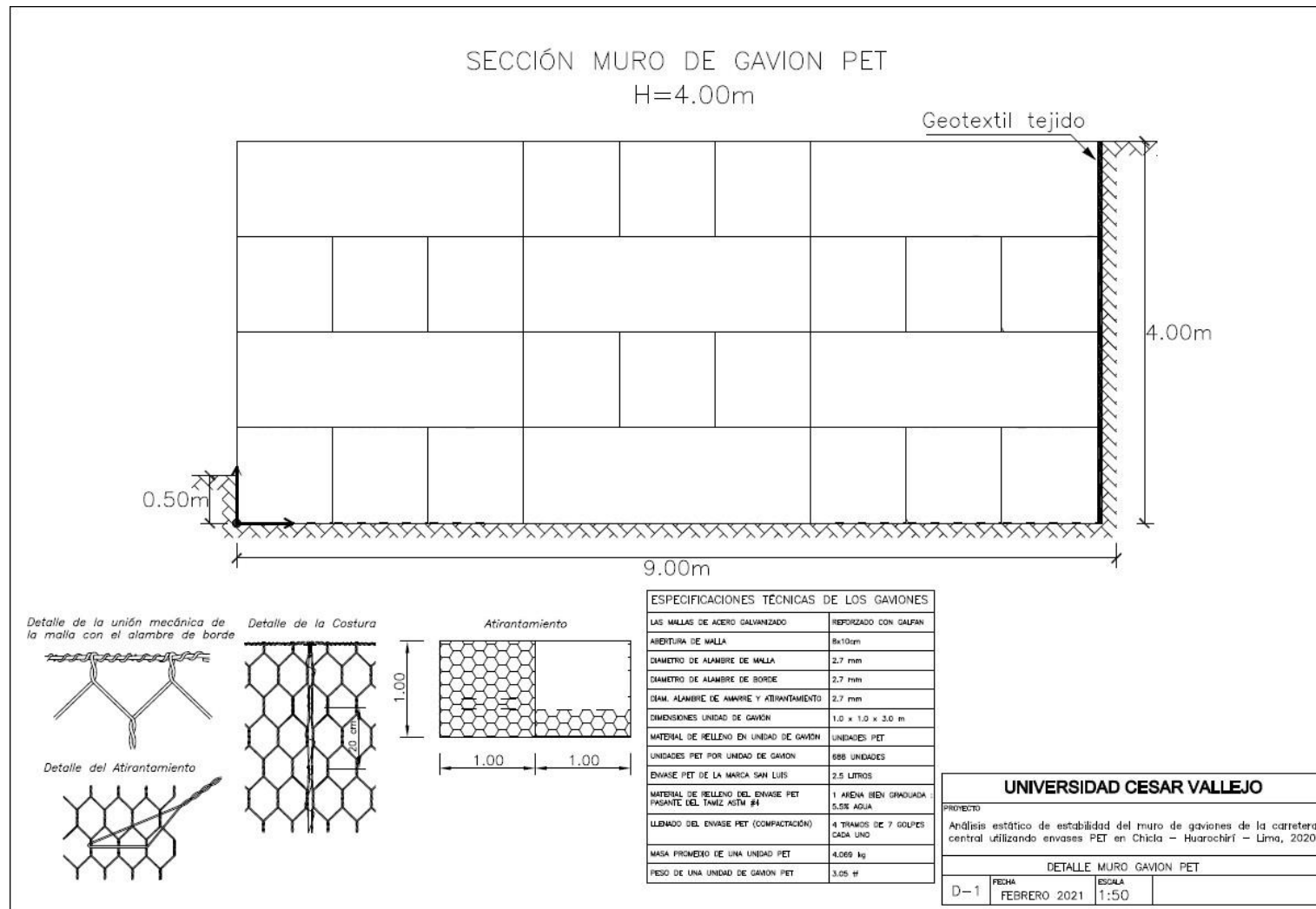
Nota. Tomado de Zúñiga, 2018, Universidad Cesar Vallejo

Anexo 9 Vista en planta del talud

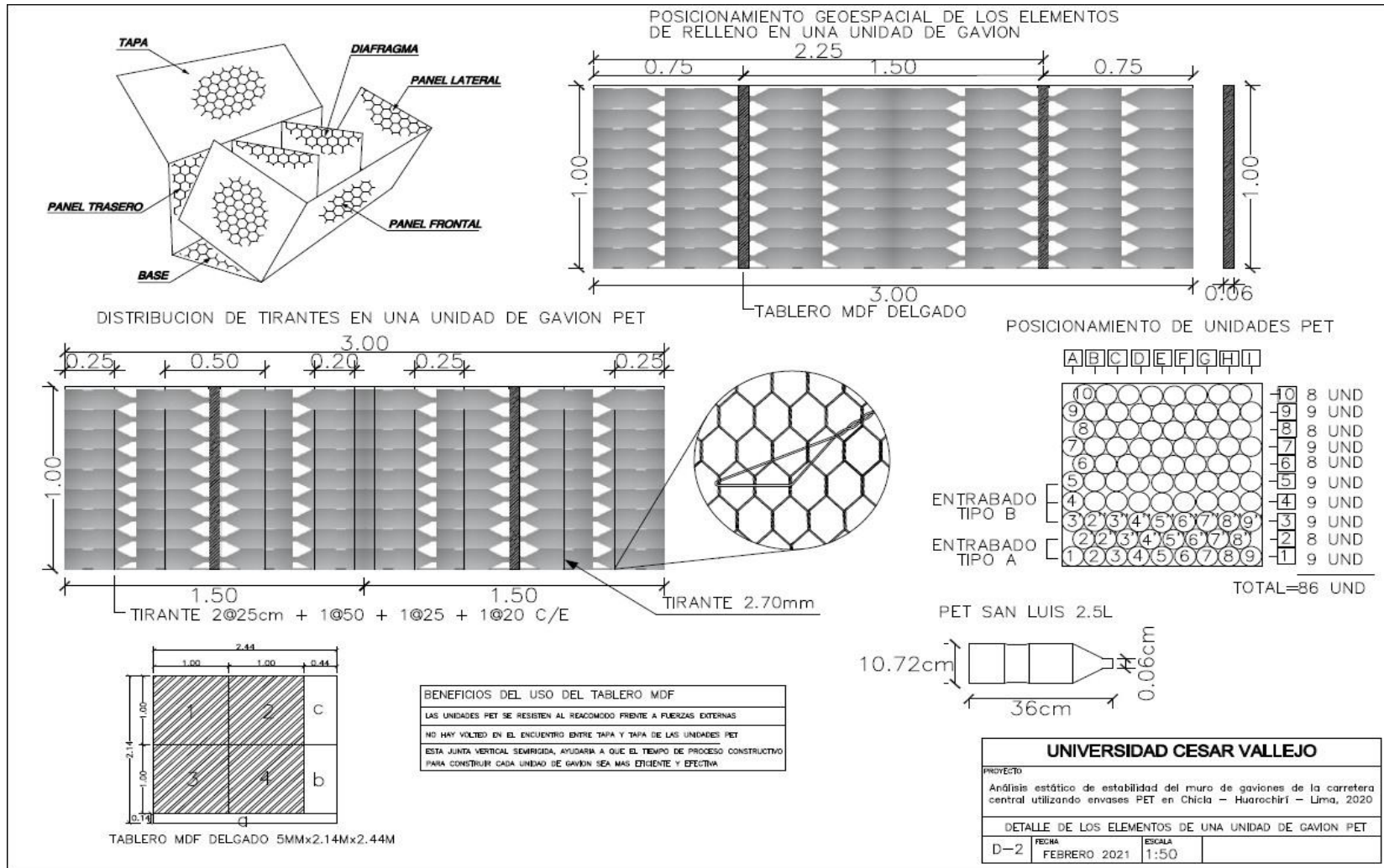


Nota. Tomado de Zúñiga, 2018, Universidad Cesar Vallejo

Anexo 10 Plano de sección del muro de gavión PET en la progresiva km 117 +900



Anexo 11 Plano de detalles de una unidad de gavión PET



Anexo 12 Panel fotográfico



Procedimiento del cuarteo del material extraído de la cantera Lalito.



Dos pares de muestras para determinar la granulometría del suelo.



Muestra del suelo cuarteado en una bandeja.



La bandeja y la muestra del suelo están en el horno para su secado.



Capsulas que contienen el peso retenido de cada tamiz.



Pesaje del envase PET vacío.



Pesaje del envase PET relleno con agua potable.



Pesado de muestra lista para ser mezclada con un porcentaje de agua.



Muestra pasante del tamiz #4 lista para ser uniformizada con el agua, paso necesario para ejecutar el ensayo Proctor.



Proceso manual de mezclado de la muestra.



Pesado del molde Proctor.



Pesado del maso para la compactación.



Compactado al volumen de muestra dentro del molde Proctor.



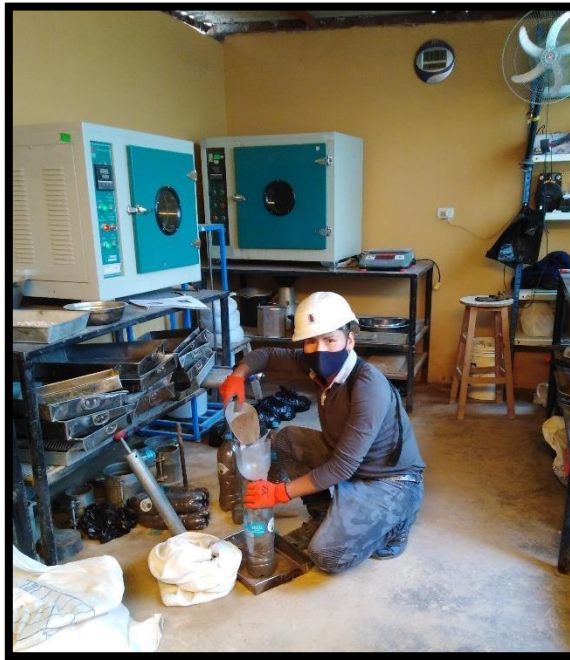
Pesado al volumen del molde Proctor con la muestra enrasada.



Herramientas artesanales para el compactado y llenado de la muestra en el interior del envase PET.



El diámetro de la plancha circular del elemento vertical de compactación pasa libremente por la boquilla del envase PET.



Llenado del envase PET con la muestra a un contenido de humedad en 4 tramos, cada tramo con su compactado.



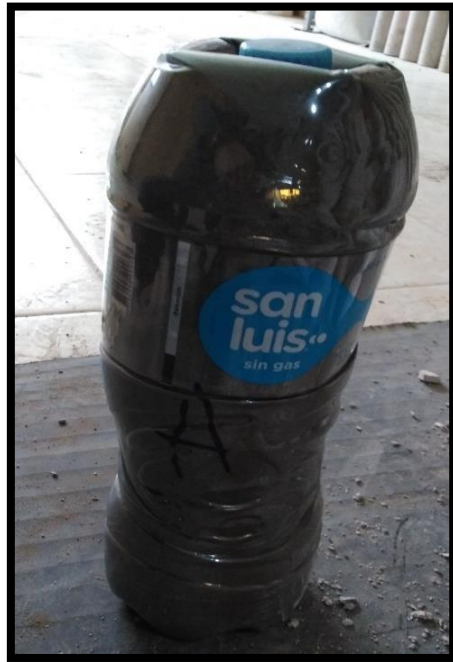
Compactado de la muestra con 7 golpes cada tramo.



Pesado del envase PET y la muestra elegible que fue llenada y compactada.



Prensa que comprime uniaxial mente el eje más largo de la unidad PET.



Resultado de la unidad PET sometida a esfuerzos de compresión uniaxial longitudinal.



Prensa que comprime uniaxial mente el eje transversal de la unidad PET.



Resultado de la unidad PET sometida a esfuerzos de compresión uniaxial transversal.



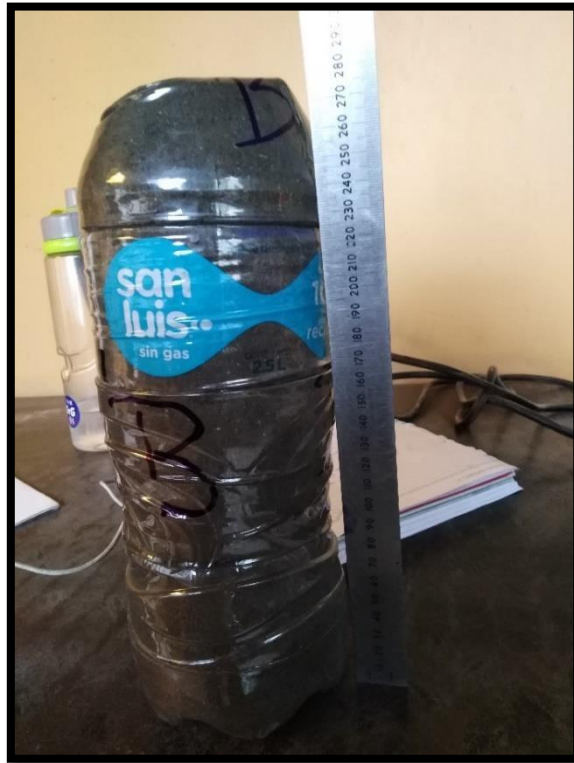
Los cortes de los envases PET son paralelos al eje más largo de la unidad PET.



Base de la unidad PET donde se observa que el envase no sufre rotura alguna frente a la compresión uniaxial longitudinal.



Muestra del aplastamiento de la unidad PET, llegando a reducir hasta 3.73cm del total de 10.725cm.



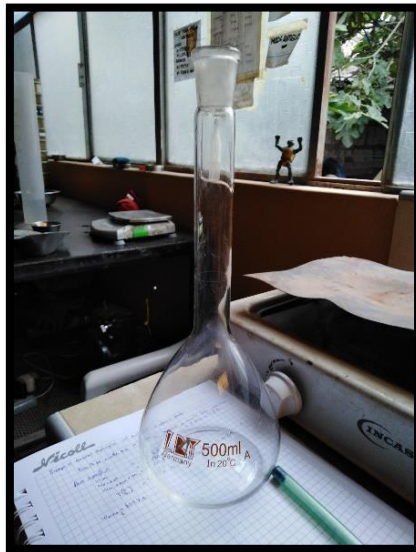
Muestra del aplastamiento de la unidad PET, llegando a reducir hasta 8cm del total de 36cm.



Muestra de la balanza pequeña la cual estuvo calibrada.



Muestra de la balanza mediana la cual estuvo calibrada.



Fiola de 500ml para determinar la densidad de la muestra que fue elegible como relleno del envase PET.



Pesado de la fiola, muestra de suelo y agua.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, CAYLLAHUA HUAMAN UZIEL INOC estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Análisis estático de estabilidad del muro de gaviones de la carretera central utilizando envases PET en Chicla - Huarochirí - Lima, 2020", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CAYLLAHUA HUAMAN UZIEL INOC DNI: 46464053 ORCID 0000-0002-3359-5034	Firmado digitalmente por: UZCAYLLAHUAH el 22-04- 2021 16:32:22

Código documento Trilce: INV - 0148599