



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE MAGISTER EN INGENIERÍA VIAL

Análisis del sistema de construcción de la vía de integración barrial de la Ciudad  
de Loja

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORA: Cueva Velásquez, María Fernanda

DIRECTORA: Esparza Villalba, Carmen Antonieta

LOJA-ECUADOR

2017



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

*Septiembre, 2017*

## **APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Magister

Carmen Antonieta Esparza Villalba

### **DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación, denominado “Análisis del sistema de construcción de la vía de integración barrial de la Ciudad de Loja”, realizado por Cueva Velásquez, María Fernanda, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, julio de 2017

f).....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, Cueva Velásquez María Fernanda declaro ser autora del presente trabajo de titulación: “Análisis del sistema de construcción de la vía de integración barrial de la Ciudad de Loja”, de la Titulación Magister en Ingeniería Vial, siendo la Magister Carmen Antonia Esparza Villalba directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f. ....

Cueva Velásquez María Fernanda

1104275613

## DEDICATORIA

A mi hermosa hija María Emilia, por la paciencia de haber compartido su tiempo para el estudio de mamá, a ella este logro académico y todos los logros de mi vida.

Te amo princesa.

María Fernanda Cueva Velásquez

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios**, por haber permitido que llegue hasta este punto importante en mi vida y haberme regalado salud para alcanzar mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

**A mi familia**, por su amor, confianza y apoyo, que me ayudaron a alcanzar mi meta profesional, pero en especial a mis padres y a mi hija que son mi motivación e inspiración, gracias por ser mi fuerza y ejemplo para culminar esta y demás etapas de mi vida.

**A la Ing. Msc. Carmen Esparza Villalba**, directora de tesis, por su gran apoyo y estimulación para la culminación de mi titulación profesional y para la elaboración del presente trabajo, gracias por sus consejos y observaciones.

**A la Universidad Técnica Particular de Loja**, por su apoyo y lo brindado en mi camino como maestrante.

María Fernanda Cueva Velásquez

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	I
APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.....	6
1.1. Antecedentes.....	7
1.2. Localización geográfica Ciudad de Loja .....	8
1.3. Relieve de la Ciudad de Loja .....	8
1.4. Clima .....	10
1.5. Zona de estudio vía integración barrial ciudad de Loja. ....	10
1.6. Descripción metodología.....	11
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	12
2.1. Análisis de vía.....	13
2.1.1. Método diseño pavimento rígido.....	14
2.2. Análisis de Ladera o Talud.....	21
• Elementos de un talud.....	22
2.1. Movimientos de masa .....	22
2.1.1. Desprendimientos. ....	23
2.1.2. Deslizamientos.....	23
2.1.3. Volcamientos. ....	24
2.1.4. Flujos. ....	24
2.1.5. Desplazamientos.....	24
2.1.6. Reptación.....	24
2.2. Factores .....	25
2.3.1. Factores condicionantes.....	26
2.3.2. Factores Desencadenantes.....	27
2.3.3. Factores intrínsecos. ....	28
2.3.4. Factores extrínsecos. ....	28

<b>2.4. Características del análisis de equilibrio límite.....</b>	<b>28</b>
2.4.1. Introducción a los métodos de equilibrio límite. Consideraciones previas.....	29
2.4.2. Factor de seguridad (F.S).....	30
2.4.3. Métodos más conocidos para análisis de estabilidad de taludes.....	31
<b>CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO DESDE LA ABSCISA 4+511.00 HASTA LA 4+561.00, COORDENADAS 9560475 N-695501E .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1. Geología de la zona .....</b>	<b>35</b>
3.1.1. Descripción Geológico- Geotécnica del paso lateral de Loja en la zona de estudio	36
<b>3.2. Caracterización del suelo de la zona de estudio .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3. Características adicionales de la zona de estudio .....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. Resultado modelación del programa Geostru.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2. Propuestas de corrección .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3. Validación del diseño.....</b>	<b>54</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>
Anexo1.Plano de Ubicación .....	76
Anexo 2. Mapa geológico.....	76
Anexo 3. Mapa geomorfológico.....	76
Anexo 4. Puntos de ensayo.....	76
Anexo 5. Clasificación de suelo.....	76
Anexo 6. Resultado ensayo de penetración estándar.....	76
Anexo 7. Resultado ensayo triaxial .....	76
Anexo 8. Resultado de modelación SLope.....	77
Anexo 9. Perfiles.....	106
Anexo 10. Resultado de modelación Slope-Muro.....	109
Anexo 11. Resultado de modelación MDC.....	133
Anexo 11.2. Talud 4 Perfil 4 muro .....	153
Anexo 12. Validación diseño muro.....	210

#### Índice de Tablas

Tabla 1	Ubicación vía lateral de paso Loja.....	10
Tabla 2	CBR obtenido en campo, vía de integración barrial.....	14
Tabla 3	Coeficientes de drenaje pavimentos.....	18

Tabla 4	Valores recomendados de módulo rotura (MR).....	19
Tabla 5	Coeficiente transferencia de cargas.....	20
Tabla 6	Descripción geológica geotécnica del paso lateral de Loja.....	36
Tabla 7	Ubicación puntos de ensayo.....	38
Tabla 8	Perfil geo eléctrico.....	39
Tabla 9	Estaciones pluviométricas.....	41
Tabla 10	Distancia a estación pluviométrica.....	42
Tabla 11	Precipitación estación Villonaco.....	42
Tabla 12	Precipitación estación Argelia.....	42
Tabla 13	Características geotécnicas perfil 1.....	47
Tabla 14	Características geotécnicas perfil 2.....	48
Tabla 15	Características geotécnicas perfil.3.....	49
Tabla 16	Características geotécnicas perfil.4.....	49
Tabla 17	Factor de seguridad .....	51
Tabla 18	Factor de seguridad con la implementación de un muro de contención....	54

#### Índice de Figuras

Figura 1	Ubicación geográfica Loja.....	8
Figura 2	Localización de la cuenca de Loja en los Andes Ecuatorianos.....	9
Figura 3	Esquema geológico de la cuenca de Loja.....	9
Figura 4	Esquema metodología.....	11
Figura 5	CBR.....	16
Figura 6	Módulo de reacción.....	16
Figura 7	Corrección módulo efectivo de reacción de la subrasante.....	17
Figura 8	Estructura vial diseñada.....	21
Figura 9	Elementos de un talud.....	22
Figura 10	Acciones estabilizadoras y desestabilizadoras en un talud con supuesta superficie de rotura circular.....	25
Figura 11	Compartimentación en bloques en los métodos de equilibrio límite.....	30
Figura 12	Esquema método análisis equilibrio límite.....	31
Figura 13	Esquema método dovelas.....	31
Figura 14	Diagrama de cuerpo libre. Bishop.....	32
Figura 15	Ubicación puntos de Ensayo.....	38
Figura 16	Distancia desde zona de estudio a cada estación pluviométrica.....	41

Figura 17 Perfil 1.....	47
Figura 18 Perfil 2.....	48
Figura 19 Perfil 3.....	48
Figura 20 Perfil 4.....	49
Figura 21 Agua subterránea.....	52
Cuña de rotura de donde deriva la ecuación de Coulomb relativa a la	
Figura 22 presión activa.....	55
Figura 23 Esquema de las fuerzas agentes en un muro y convenciones de los	
signos.....	64
Figura 24 Dimensionamiento de muro.....	65

## **RESUMEN**

La construcción del paso lateral de Loja, al no haber contado con un estudio de estabilización de taludes, actualmente presenta varios movimientos de masa y fallas en la calzada. Para el caso de estudio ubicado en las coordenadas 9560475N 695501E (abscisas 4+511.00 - 4+561.00), se realizó un análisis de estabilidad por el método de equilibrio límite (Bishop y Spencer), modelando con el programa Slope, para determinar la estabilidad (factor de seguridad), y en MDC, un muro de hormigón armado como medida de mitigación. Para el estudio global se tomó en consideración factores desencadenantes de deslizamientos y características geotécnicas del suelo; considerando como factor principal la infiltración de agua, ya que fluye por las fisuras existentes en este tipo de suelos arcillosos, el mismo que se deriva de las construcciones de fosas para consumo animal sin ninguna normativa, de la posible fuga de la red de tubería de agua potable y de las construcciones aledañas carentes de alcantarillado sanitario o pluvial que descargan sus aguas en pozos sépticos, además de la precipitación que en época de invierno satura más el suelo.

**PALABRAS CLAVE:** Estabilización, cinemático, mitigación, desencadenante, infiltración.

## **ABSTRACT**

The construction of the lateral passage of Loja, not having had a study of slope stabilization, so actually presents several mass movements and faults in the road. For the case study located at coordinates 9560475N 695501E (abscissa 4+511.00 – 4+561.00), a stability analysis was performed by the limit equilibrium method (Bishop ad Spencer), modeling with the Slope program, to determine the stability (safety factor) and in the MDC program, a reinforced concrete wall as a mitigation measure. For the global study, we took into account factors that trigger landslides and the geotechnical characteristics of the soil. Considering as a main factor the infiltration of water, as it flows through the existing fissures in this type of clay soils, the same that derives from the constructions of pits for animal consumption without any regulations, from the possible leakage of the drinking water pipeline network and from the nearby buildings lacking sanitary or rainwater drainage that discharge their water into septic tanks, in addition to the precipitation that in winter time saturates the soil more.

**KEYWORDS:** Stabilization, kinematic, mitigation, triggers, infiltration

## INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras viales se conforman de un conjunto de elementos, cada uno de los cuales realiza una función definida, que tienen como finalidad garantizar un tránsito placentero y fiable de los usuarios. Los pavimentos son considerados el componente básico de la infraestructura vial, y por lo tanto el de mayor importancia, en torno a ellos se desarrollan los demás elementos adicionales. Representa una importante inversión de recursos públicos, por esta razón los estudios deben contemplar todas las áreas que intervienen en su diseño para que la estructura pueda comprometerse con una visión a largo plazo, encaminada a cumplir el periodo al cual fue diseñada.

El diseño de un pavimento sea rígido o flexible debe incorporar en sus estudios, trabajos de campo (estudios topográficos, hidrológicos, geológicos, geotécnicos), estudio de fuentes de materiales, diseño de mezclas, estudio de tránsito, diseño geométrico, diseños hidráulicos, diseño de obras complementarias, mitigación ambiental.

Siendo la geotecnia, topografía, hidrología y geología ramas fundamentales a analizarse dentro de la planificación de una vía, se describen como los estudios que deben realizarse luego del diseño geométrico para fijar el trazado definitivo de las vías. Los trabajos de campo deben cubrir una zona suficientemente amplia a ambos lados del trazado, para identificar unidades geomorfológicas de la zona como, cauces, conos de deyección, desprendimientos, laderas agrietadas, laderas deslizantes, pantanos, zonas inundables, líneas piezométricas, materiales de construcción para la estructura del pavimento, identificando las áreas donde se realizarán cortes o rellenos para identificar probables problemas que necesiten un estudio adicional y datos indispensables y adecuados para la toma de decisiones en la sub-base, base, estabilizaciones, drenes y obras de arte.

Puesto que las pérdidas económicas asociadas a deslizamientos son millonarias y aumentan debido a la expansión urbana sobre áreas montañosas de estabilidad precaria, se analiza el sistema de construcción de la vía de integración barrial en las coordenadas 9560475N – 695501E desde la abscisa 4+511.00 hasta la 4+561.00 donde existe una rotura considerable ya que falló la mesa de la vía, lo que significa un riesgo para el tránsito vehicular por la afectación de la calzada y construcciones aledañas.

Al realizar este estudio se pretende hacer un análisis de corrección, analizando los movimientos de masa detonados por factores desencadenantes como clima, infiltraciones, acumulación de agua, acciones antrópicas que son una de las causas más usuales de calamidades alrededor del mundo. Los procesos de remoción de masas que pueden ser causados y desencadenados por diversos factores, destaca entre ellos las precipitaciones, que, a su vez, debido al fisuramiento y porosidad del suelo, permiten la percolación de las

aguas en el terreno, causando un incremento de los esfuerzos o la reducción de la resistencia, provocando el deslizamiento del material sobre un plano de debilidad.

En los capítulos explicados a continuación se detallan los antecedentes que ha tenido la construcción, localización geográfica del lugar, se definen algunos términos del tema en estudio como son los movimientos de masa, sus tipos, los elementos de un deslizamiento, los factores condicionantes y los factores desencadenantes, así como los parámetros del equilibrio límite y el factor de seguridad, se realiza un análisis de la zona de estudio con la caracterización del suelo, la geología, geomorfología, comportamiento del suelo ante los factores desencadenantes, y la modelación del talud desde la corona ladera, media ladera y pie de ladera con el programa Geostru .

El análisis del sistema de construcción de la vía de integración barrial de la ciudad de Loja beneficiará a la población que transita y vive en lugares aledaños a la coordenada 9560475N, 695501E, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas contará con un análisis de la falla presentada en esta zona de estudio y su posible medida de mitigación mediante la construcción de un muro de hormigón armado.

El objetivo general fue analizar el sistema de construcción de la vía de integración barrial en la ciudad de Loja que se efectuó mediante el cumplimiento de los objetivos específicos que fueron:

- 1) Validar los datos del sistema constructivo del paso lateral de la ciudad de Loja, en las coordenadas 9560475 N,695501E desde la abscisa 4+511.00 hasta la 4+561.00 que se realizó obteniendo la caracterización del suelo y la validación de las cargas que se aportan al suelo.
- 2) Modelar mediante el programa Geostru el paso lateral de la ciudad de Loja en las coordenadas 9560475 N-695501E desde la abscisa 4+511.00 hasta la 4+561.00, que su cumplió obteniendo el factor de seguridad en cuatro sectores estratégicos del talud.
- 3) Analizar los resultados y propuestas de corrección para la afectación del paso lateral de la ciudad de Loja coordenadas 9560475 N-695501E desde la abscisa 4+511.00 hasta la 4+561.00, donde se propone la construcción de un muro de hormigón armado a una profundidad de 6.5 metros desde la cota de la vía.

Con los estudios de factibilidad, impactos ambientales e ingeniería definitivos de la construcción del paso lateral de la ciudad de Loja, se complementó la bibliografía necesaria para la delimitación y análisis de la zona de estudio, se elaboró una hoja electrónica para validar el muro modelado en el programa MDC del paquete Geostru, que se logró con el estudio de las cargas de aporte al suelo en la zona de falla, además de la caracterización del

suelo, el factor de seguridad (obtenido con los métodos de Bishop y Spencer), los parámetros geotécnicos se obtuvieron de la topografía levantada y ensayos de laboratorio, como clasificación de suelo, ensayos triaxiales (UU) no consolidado no drenado y ensayos de penetración estándar (SPT).

## **CAPÍTULO 1. GENERALIDADES**

## 1.1. Antecedentes

Producto del crecimiento urbanístico de la ciudad de Loja, en los últimos años el aumento del tráfico vehicular principalmente en las arterias viales sentido norte sur y viceversa, el gobierno nacional financió la construcción de una vía de integración barrial que recorre el borde occidental de la urbe de norte a sur y de sur a norte, que a su vez enlaza los principales ejes viales que conectan a Loja como son la troncal sierra E-35 y el cuarto eje vial E-682. Esta obra que tuvo un costo de aproximadamente 37 millones de dólares, tiene una extensión de 18 km, con un ancho de calzada de 22.6 m de 4 carriles de pavimento rígido, conecta principalmente los barrios de El Capulí, Balcón Universitario, Memphis, Colinas Lojanas, La Dolorosa, Bolonia, El Plateado, Ciudad Victoria y Carigán. Esta vía fue inaugurada el 18 de noviembre de 2015 y fue construida por la compañía Técnica General de Construcciones (TGC).

El paso lateral de Loja a pesar de ser una obra prácticamente nueva, de condiciones únicas en cuanto a dimensión y materiales, exterioriza problemas relevantes en tramos específicos que no han podido ser solucionados, como son: la pérdida de vía y movimientos de masa. Natalia Peña directora del MTOP en una nota de prensa del diario la Hora, con fecha 2 febrero 2017, indicó que frente a las condiciones naturales "no hay nada que hacer", señalando que estos inconvenientes están ligados a las condiciones climáticas y al comportamiento de los taludes; indicando que una de las afectaciones fue saneada, pues se delimitó el perímetro y se realizarán limpiezas hasta que el talud se estabilice y por precaución se ha limitado el tránsito por el sector. Indica también que este tipo de casos no son imputables al contratista, porque sobrepasan los diseños. "Son temas muy puntuales que demandan mucho esfuerzo técnico"(Diario La Hora, 2017).

La falta de estudios geotécnicos y geológicos generan un inconveniente el momento de construir una obra sea esta vial o de cualquier naturaleza. Expertos nacionales y extranjeros discutieron en el VII congreso Centroamericano y del Caribe de Administración de Proyectos, la importancia en la falta de enfoque y cómo eso repercute en obras de infraestructura y en la economía, como en el caso de la Trocha 1856 en Costa Rica, ya que en muchos proyectos existe presión de ejecución lo que lleva a no darle la importancia necesaria a la planificación, los diseños y al análisis de las características fundamentales que debe contar la construcción de una carretera como el estudio geotécnico en laderas o taludes para proveer el diseño adecuado, estudio de obras complementarias como sistema de drenajes o medidas de estabilización para evitar flujos de material que afecten la calzada de la vía.

## 1.2. Localización geográfica Ciudad de Loja

Ciudad de Loja, capital de la provincia de Loja se localiza al sur de la república ecuatoriana, en la zona 7 de planificación.

De acuerdo a las coordenadas que se presentan en el sistema de coordenadas mundial WGS 84, la ciudad de Loja se encuentra situada a una altitud promedio de 2060 m.s.n.m con una latitud de 3°59'35" S, longitud 79°12'15" O. El cantón Loja cuenta con 14 parroquias, representa el 17.1% del territorio de la provincia de Loja, la ciudad cuenta con seis parroquias urbanas que son El Sagrario, Sucre, El Valle, San Sebastián, Punzara y Carigán (SENPLADES, 2014).

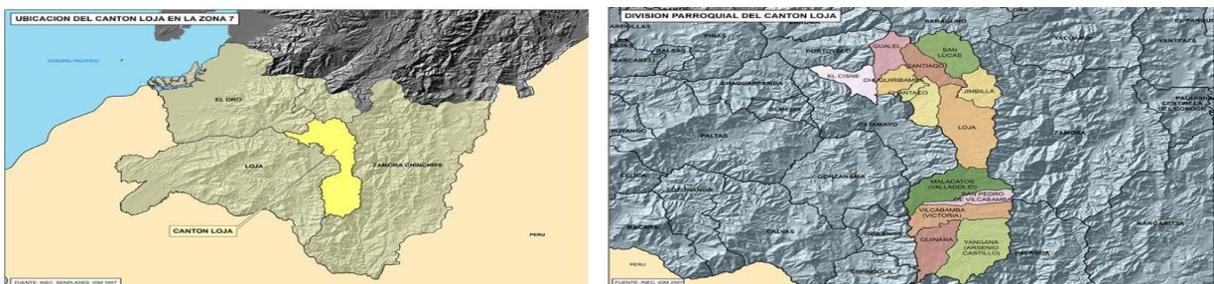


Figura 1. Ubicación geográfica de Loja

Fuente: Senplades, 2014.

Elaborado por: Senplades, 2014.

## 1.3. Relieve de la Ciudad de Loja

La cuenca de Loja (Fig.2 y Fig.3) forma parte de las cuencas intramontañas neógenas de la zona Sur del corredor interandino. Está conformada por rocas sedimentarias principalmente detríticas, de edad Miocena con clastos de origen ígneo y metamórfico. Kennerley (1980) y Hungerbuhler, Eguez, Peterson, Helg, & Hammer (2002), plantean la presencia de un alto estructural que dividió dos subcuencas para evidenciar las discrepancias entre las series." El depósito de material sedimentario empezó con acopio de material fluvial, de desembocaduras y lacustres que en la zona occidental de la ciudad pertenecen a las formaciones Trigal." (Soto et al., 2010). Además, se pueden encontrar depósitos coluviales y aluviales de edad cuaternaria.

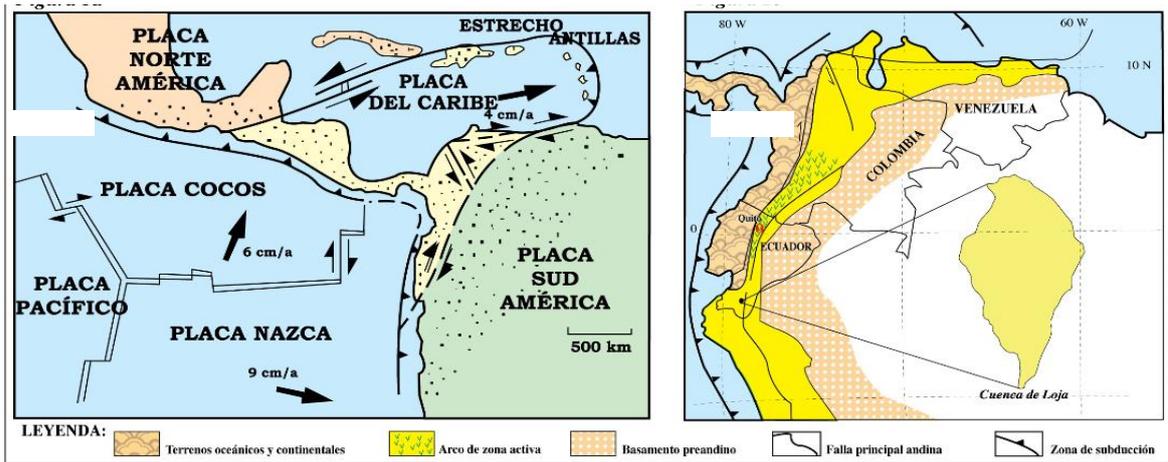


Figura 2. Localización de la cuenca de Loja en los Andes Ecuatorianos.

Fuente: Soto et al.,2010.

Elaborado por: Soto et al.,2010.

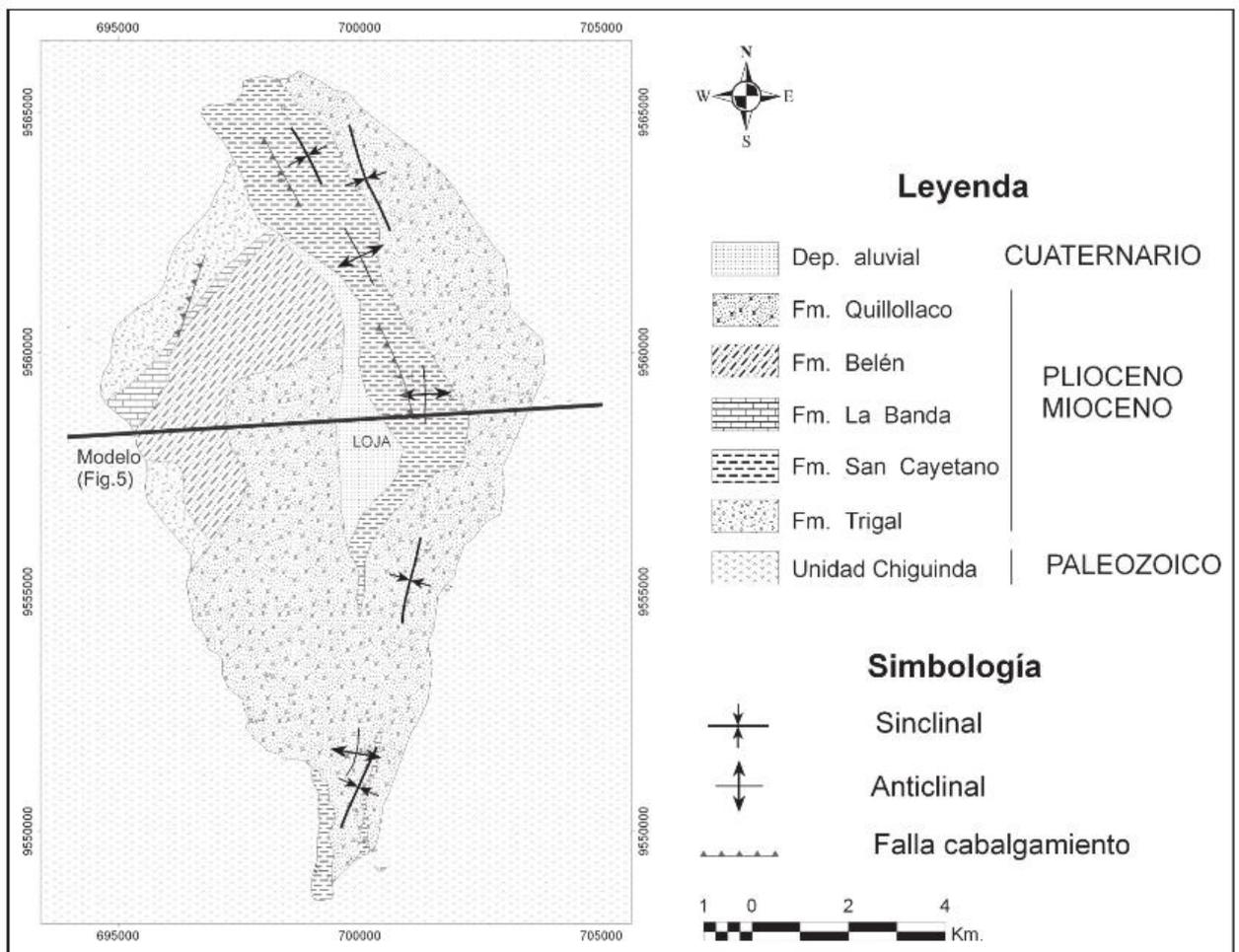


Figura 3. Esquema geológico de la cuenca de Loja.

Fuente: Soto et al.,2010.

Elaborado por: Soto et al.,2010.

#### 1.4. Clima

El clima de la urbe lojana es temperado-ecuatorial subhúmedo, distinguido por una magnitud térmica media del aire de 16°C y una precipitación al año de 900 mm. Los componentes que dan inicio al clima lojano son semejantes componentes a los que perturban a la región andina, es decir actúan la zona de convergencia intertropical (ZCIT), caracterizada por el frente intertropical, el efecto de la interacción oceánico pacífico-atmósfera, los vientos alisios y la típica orografía serrana y costanera, e indudablemente la posición geográfica de zona ecuatorial ligada estrechamente con el factor radiación solar (Unidas, Loja, & Internacional, 2007).

#### 1.5. Zona de estudio vía integración barrial ciudad de Loja.

La vía de integración barrial o paso lateral, se desarrolla por el costado oeste de la ciudad de Loja en dirección norte-sur, se inicial en la intersección con la antigua vía a cuenca en el barrio Motupe y finaliza en la intersección con la carretera Loja-Vilcabamba.

Según el censo de población y vivienda (2010), la población de la capital provincial Loja es de 222 830 habitantes, la proyección para el año 2020 es de 274 112 habitantes. El proyecto en su totalidad se encuentra dentro del límite urbano de la ciudad, dentro de las coordenadas descritas en la tabla 1 y representadas en el mapa adjunto del anexo 1.

Tabla1. Ubicación Vía lateral de paso Loja

UBICACIÓN	LATITUD NORTE (m)	LONGITUD ESTE (m)	COTAS(m)
Km. 0+000 (Inicio Proyecto) Ciudadela Motupe	9'564.005	697.250	2.018
Cruce Nueva vía a Cuenca	9'561.920	695.610	2.202
Cruce Nueva vía a Catamayo	9'559.730	696.105	2.236
Cruce río Malacatos	9'551.390	700.220	2.170
Empate vía Malacatos (Fin Proyecto)	9'551.360	700.270	2.182

Fuente: Acosta (2009).

Elaborado por: Acosta (2009).

El caso particular de estudio de este proyecto se ubica en el tramo cruce a la vía a Cuenca hasta el cruce de la vía a Catamayo, en la abscisa 4+511.00 hasta la 4+561.00, coordenadas 9560475 N-695501E.

### 1.6. Descripción metodología

Las actividades que se ejecutaron para lograr los objetivos planteados de este estudio se realizaron bajo la siguiente metodología.

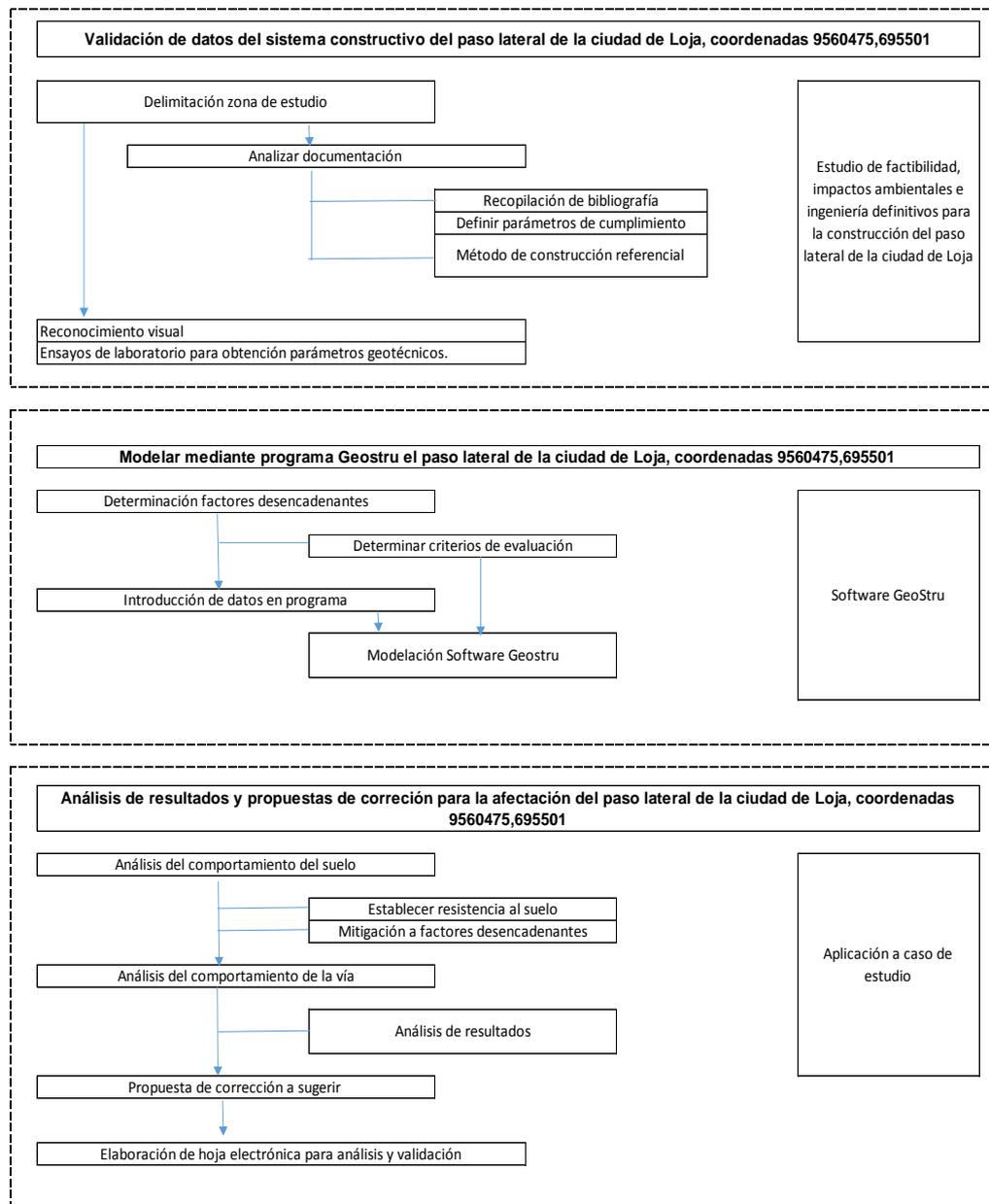


Figura 4. Esquema metodología

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

Para el análisis de la construcción de la vía de integración barrial, abscisa 4+511.00 hasta la 4+561.00, coordenadas 9560475 N-695501E, es necesario definir algunos conceptos tanto de la vía como de las laderas o taludes, para definir cuál o cuáles son los factores desencadenantes para el movimiento de masas.

## **2.1. Análisis de vía**

Una vía o carretera es el espacio donde se desenvuelve el tránsito, destinado al uso público, así como al camino exclusivo, utilizado por una población, que, de acuerdo a Tello (2014) se describe como:

- Calzada.- parte de la vía predestinada al tráfico de los automóviles.
- Carril.- es cada una de las fajas longitudinales en que queda dividida la calzada después de la señalización.
- Berma.- es la franja longitudinal pavimentada contigua a la calzada, no destinada al uso de automóviles a no ser en circunstancias especiales.
- Plataformas.- es la zona de la vía formada por la calzada y bermas dedicada al uso de vehículos.

Para el dimensionamiento de los pavimentos, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, el número de cargas y el peso por eje, estos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento esperadas en el carril de diseño Acosta (2009).

La estructura de un pavimento rígido se conforma de capa de rodadura, capa de subbase y capa de subrasante.

De Acosta (2009), las especificaciones de diseño del paso lateral de Loja se definen de la siguiente manera:

- La subrasante

El suelo en el caso de los pavimentos además de servir como soporte, es la parte integral de su estructura y de la calidad del suelo depende en buena parte el espesor final de los pavimentos.

De lo explicado en los informes de Acosta (2009), se procedió a realizar ensayos de granulometría, compactación, CBR de laboratorio, límites de consistencia y clasificación de los materiales in situ.

Con los parámetros obtenidos en los ensayos se determinó que el suelo sobre el que se encontrará la estructura de la vía corresponde, mezclas de suelos mal graduadas de arena y arcilla, con tramos específicos de arcillas y limos inorgánicos.

Para encontrar la capacidad de soporte de los materiales de subrasante, se realizó ensayo de CBR y de acuerdo al parámetro obtenido se determina el espesor de la estructura del pavimento que va a depender de las solicitudes de tránsito.

Para el proyecto se obtuvieron los siguientes resultados expuestos en la tabla 2.

Tabla 2. CBR obtenido en campo, vía de integración barrial.

ABSCISA	CBR
0+000	1
1+000	33
2+000	37
3+000	24
4+000	1
5+000	2
6+000	2
7+000	2
8+000	2
9+000	9
10+000	2
11+000	10
12+000	22
13+000	1
14+000	3
15+000	5
16+000	10
17+000	3
17+800	48

Fuente: Acosta (2009).

Elaborado por: Acosta (2009).

### 2.1.1. Método diseño pavimento rígido (Método AASHTO 1993)

El método se fundamenta en la ecuación de Diseño AASHTO 1986-1993, en el cual, a partir de un espesor de pavimento supuesto, se calculan los Ejes Equivalentes y se evalúan todos los factores de diseño, que son aplicados iterativamente hasta lograr el equilibrio en la ecuación.

A continuación, se muestra como referencia la ecuación mencionada, base del Método AASTHO.

$$\log W_{8.2} = Z_R S_o + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_i) \log \left[ \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{\left( \frac{E_c}{K} \right)^{0.25}} \right]} \right]$$

ecuación 2.1.

En donde:

Zr = Desviación estándar normal

So = Error estándar combinado

D = Espesor

PSI = Diferencia de serviciabilidad

S'c = Módulo de ruptura

Cd = Coeficiente de drenaje

J = Coeficiente de transferencia de carga

Ec = Módulo de elasticidad

k = Módulo de reacción

- **Resistencia de la subrasante y subbase**

De Acosta (2009) cuando se trata de pavimento rígido es necesario obtener el módulo de resiliencia combinado entre subrasante y la subbase, por lo que primero se hace el análisis correspondiente para obtener el valor del MR de la subrasante considerando un CBR de diseño = 1,9 % obteniendo 19.65 MPa.

Según las especificaciones técnicas MOP-001-F-2000, la subbase granular debe tener un CBR igual o mayor al 30% y utilizando la figura 3 tomada de los parámetros de diseño se obtuvo el respectivo módulo.

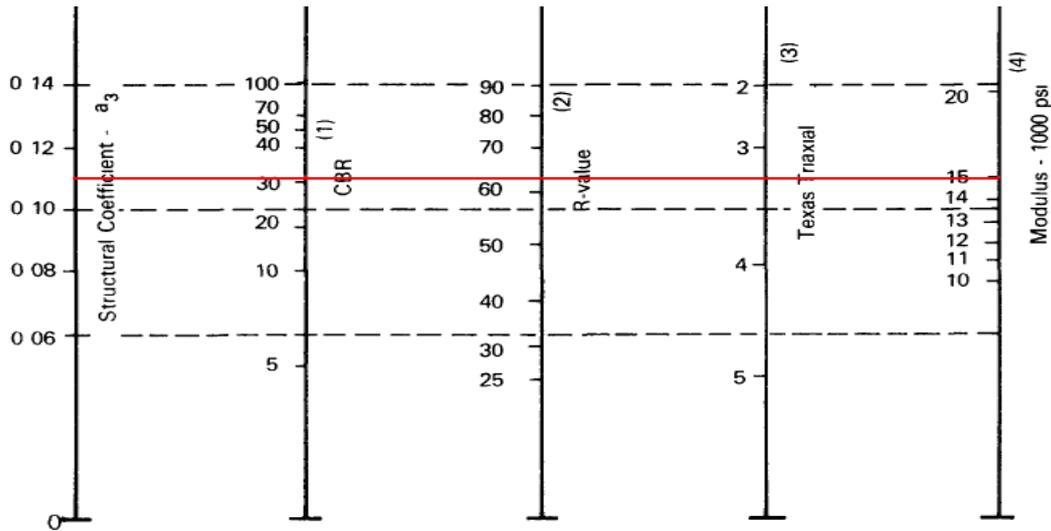


Figura 5. CBR

Fuente: Acosta,2009.

Elaborado por: Acosta,2009.

El módulo de la subbase corresponde a 15000psi →103.42Mpa y para el diseño se considerará 15cm de espesor de subbase.

Con los datos anteriores ingresamos al nomograma para determinar el módulo de reacción compuesto de la subrasante, suponiendo una profundidad infinita.

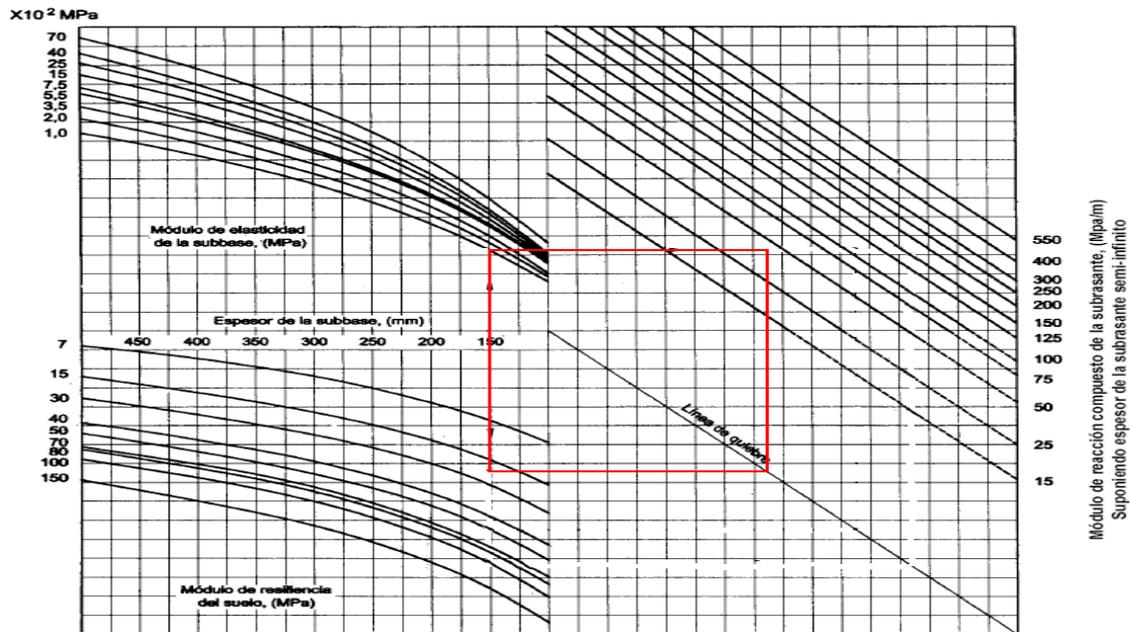


Figura 6. Nomograma módulo reacción

Fuente: Acosta,2009.

Elaborado por: Acosta,2009.

Obteniendo un módulo de reacción compuesto de la subrasante de 40MPa/m,  $\rightarrow$ 147.25pci y considerando el factor de pérdida de soporte LS= 1 se obtiene:

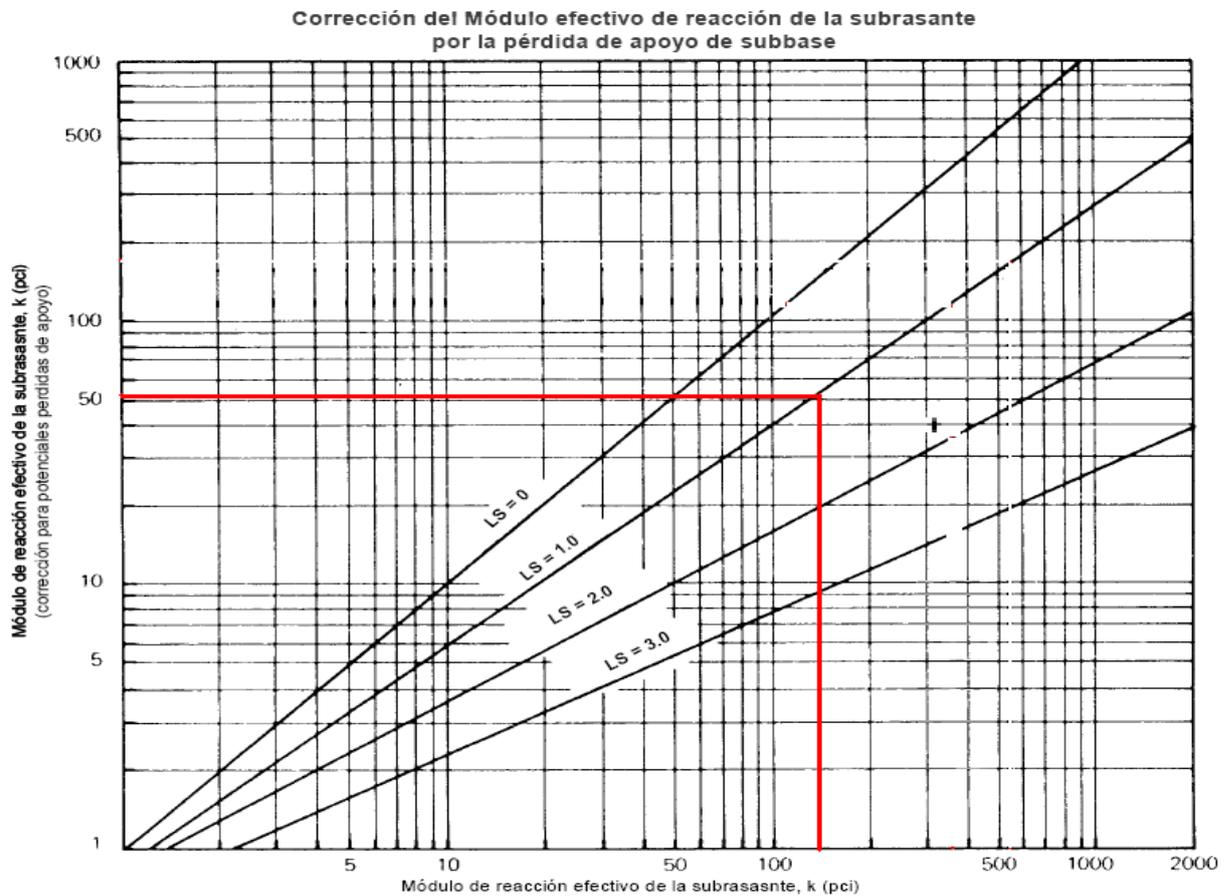


Figura 7. Corrección módulo efectivo de reacción de la subrasante

Fuente: Acosta,2009.

Elaborado por: Acosta,2009.

El módulo de reacción de subrasante corregido correspondiente a 50pci.

- **Drenaje**

Se debe considerar dentro de este criterio la calidad del drenaje ya que dependiendo de la facilidad con que pueda salir el agua de las capas que conforman el pavimento, dependerá el comportamiento y los cambios de las características físicas y mecánicas de la capa de apoyo.

Deben considerarse las condiciones de drenaje para el diseño por medio del coeficiente de drenaje (Cd). Valores de Cd mayores de la unidad indican un buen drenaje y reducen el espesor del pavimento, o aumentan el número de ejes equivalentes (ESAL's) que el pavimento puede soportar manteniéndose en condiciones aceptables.

Tabla 3. Coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos

Calidad del drenaje	P= % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 - 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: Acosta,2009.

Elaborado por: Acosta,2009.

Para el proyecto, Acosta (2009) consideró que el pavimento estará expuesto entre un 5% a 25% de humedad, con una calidad de drenaje de buena, adoptando el valor de Cd=1,1.

- **Propiedades del hormigón**

Para el proyecto se considera la utilización de hormigón hidráulico fabricado con cemento Portland Tipo I. La característica principal de la mezcla es su resistencia a la tensión expresada por el Módulo de Rotura  $M_r \geq 45 \text{ Kg/cm}^2$ .

- **Módulo Elástico**

Para determinar el módulo elástico del pavimento rígido en las losas por construir se utilizó la ecuación tomada de la guía de diseño de la AASHTO, donde se asume el tipo y origen de agregados con la que debe ser realizada la mezcla del hormigón:

$$E_c = 17,000 \sqrt{f'_c} \quad \text{ecuación 2.2.}$$

Donde:

$E_c$ : Módulo elástico del hormigón ( $\text{Kg/cm}^2$ ).

$f'_c$ : Resistencia a la compresión simple del hormigón ( $\text{Kg/cm}^2$ ).

- **Módulo de Rotura**

El módulo de rotura es otra variable de entrada para diseño de pavimentos rígidos. Se la conoce también como resistencia a la tracción del hormigón por flexión. Para nuestro caso, conocido el módulo de elasticidad del hormigón, se lo calcula mediante esta expresión:

$$S'_c = 43.5 \cdot E_c \times 10^{-6} + 3370 \quad \text{Ecuación 2.3.}$$

Siendo:

S'c: Módulo de rotura (en Kpa.)

Ec: Módulo de elasticidad del hormigón (en Kpa.)

La tabla 4 indica los valores de MR que deben ser tomados en cuenta como parámetro de diseño.

Tabla 4. Valores recomendados de Modulo de Ruptura (MR)

Tipo de pavimento	MR (kg/cm <sup>2</sup> )
Autopistas	48
Carreteras	48
Zonas Industriales	45
Urbanas principales	45
Urbanas secundarias	42

Fuente: Acosta,2009.

Elaborado por: Acosta,2009.

Para nuestro caso, asumiremos el valor para una vía urbana principal, esto es 45 Kg/cm<sup>2</sup> o 4.5 Mpa.

- **Transferencia de cargas**

El coeficiente de transferencia de cargas (J), es un factor usado en pavimentos rígidos para tener en cuenta la capacidad de la estructura del pavimento para transferir cargas a través de juntas y fisuras. Su valor depende de varios factores como: el tipo de pavimento (en masa, reforzado con juntas, con armadura continua) y el tipo de berma (de concreto unida al pavimento o de asfalto).

En función de estos parámetros, se indican en la tabla 5 los valores tomados de la Guía AASHTO 1993, del coeficiente J.

Tabla 5. Coeficiente transferencia de cargas

Tipo de pavimento	Esquina			
	Elemento de transmisión de carga			
	Concreto Asfáltico		Concreto hidráulico	
	Si	no	si	no
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2	-	2.3 - 2.9	-

Fuente: Acosta,2009.

Elaborado por: Acosta,2009.

Para nuestro caso se usa el tipo de pavimento rígido no reforzado, con juntas y confinado en los extremos por los bordillos cunetas y aceras, asumiendo un valor de J de 2.7.

- **Dimensionamiento de la estructura del pavimento**

Al aplicar los parámetros descritos en la fórmula de la AASHTO 1993, se obtuvo la estructura de pavimento rígido compuesta por una losa de hormigón hidráulico de 23 cm. de espesor sobre una capa de subbase granular clase 3 de 15 cm de espesor apoyada sobre los materiales existentes.

Se realizaron dos diseños, para dos tramos:

Tramo 1 Inter. Vía Cuenca – Inter. Vía Catamayo

Hormigón Hidráulico: 23cm  
 Sub- Base Granular clase 3: 15 cm  
 Mejoramiento 40 cm.

Tramo 2 Inter. Vía Catamayo – Inter. Vía Malacatos

Hormigón Hidráulico: 23cm  
 Sub- Base Granular clase 3: 15 cm  
 Mejoramiento 40 cm.

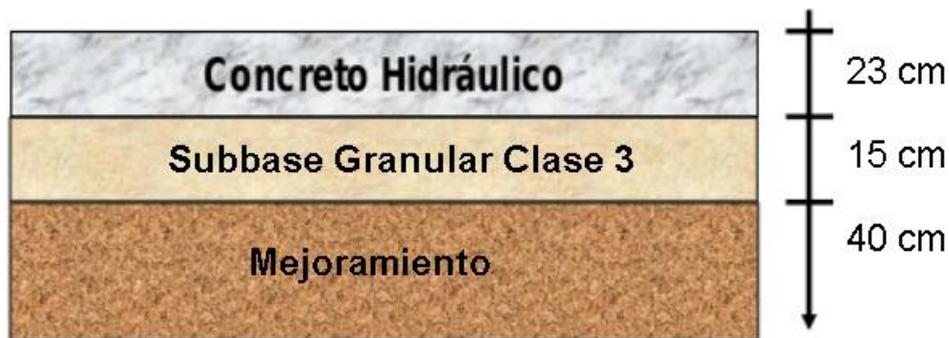


Figura 8. Estructura vial diseñada

Fuente: Acosta (2009)

Elaborado por: Autora

## 2.2. Análisis de Ladera o Talud

Se denominan talud, sea de suelo o roca a "cualquier extensión inclinada respecto al plano que hayan de adoptar inmutablemente los sistemas de tierra"(Llor & Pérez, 2016); pueden ser de origen natural o antrópico. El talud compone una estructura engorrosa de estudiar debido a que en su análisis e investigación se compaginan las dificultades tanto de mecánica de suelos como de rocas, sin descuidar la geología que ocupa un papel elemental en la formulación de cualquier valoración aceptable (Matteis,2003).

El término ladera hace referencia a un volumen de tierra que se formó con las características propias de la naturaleza desde su inicio y el término talud hace alusión al volumen de tierra que tuvo intervención del hombre para su conformación ya que la geometría natural es intervenida y modificada (Puca, 2015). Se pueden presentar mezclas de los variados tipos de taludes y laderas.

Existen algunas circunstancias para que una ladera o talud que ha persistido inalterable por varios años falle, tales como cambios en la geometría del talud, eventos sísmicos, modificaciones de la presencia de niveles freáticos superficiales, cambios en parámetros de resistencia al corte del suelo, la meteorización, entre otros. Un talud estable puede colapsar (deslizamiento) al no contar con obras de prevención a las diferentes fallas que pueden producirse en el talud.

Para determinar la estabilidad de una masa de suelo se debe determinar el factor de seguridad al deslizamiento. Se debe comparar la colaboración de esfuerzos que tienden a producir el deslizamiento (esfuerzos motores) con aquellos que tienden a evitarlo (esfuerzos resistentes), debiendo definir la superficie de falla.

- **Elementos de un talud.**

El talud comprende una parte alta o superior convexa con una cabeza, cima, cresta o escarpe, donde se presentan procesos de erosión, una parte intermedia semirrecta y una parte baja o inferior cóncava con un pie, pata o base, en la cual ocurren principalmente procesos de depósito de material (Puca, 2015).

Dentro de la morfología que presenta un talud, se pueden definir las siguientes partes de un talud y deslizamiento (Suárez,1998).

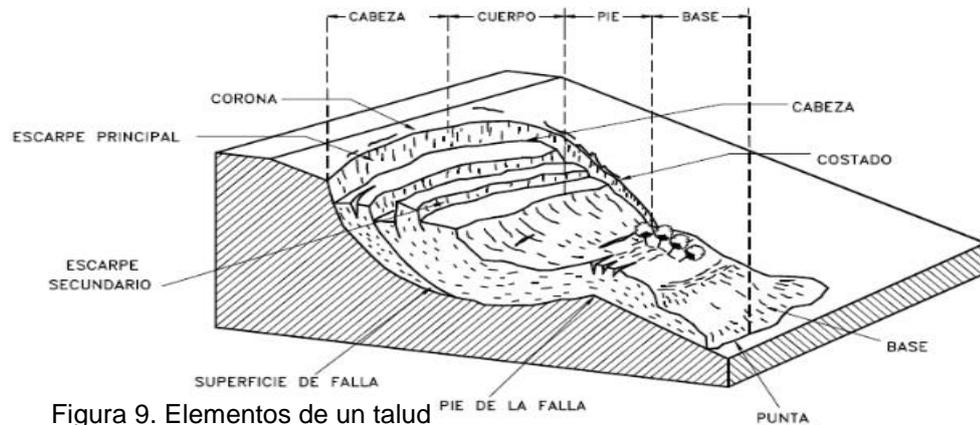


Figura 9. Elementos de un talud

Fuente: Suárez,1998.

Elaborado: Suárez,1998.

## 2.1. Movimientos de masa

Es un proceso por medio del cual un volumen de material constituido por roca, suelo, rellenos antropogénicos o una combinación de cualquiera de éstos, se desplaza por una ladera o talud hacia abajo y hacia afuera por acción de la gravedad. Se presenta cuando los esfuerzos que actúan dentro del terreno, son mayores que las propiedades de resistencia al corte, bajo la influencia de ciertos factores como son el agua, los eventos sísmicos, la aplicación de carga excesiva, falta de drenajes, falta de vegetación, las excavaciones para la adecuación de viviendas o la apertura de senderos y vías, entre otros. Estos movimientos producen cambios visibles en el terreno como agrietamientos, asentamientos e incluso grandes desprendimientos de suelo o roca, que pueden ocasionar la destrucción de la infraestructura vial, sus obras complementarias, viviendas, cultivos y propiciar el represamiento de cauces por el afloramiento de flujos de agua existentes (Meli, De la cruz, & Lugo, 1996).

En los taludes pueden ocurrir actividades imprevistas que afecten a volúmenes considerables de suelo, con extensiones de falla que acceden muy hondo en su cuerpo. Se tiene en cuenta que la superficie de debilidad se crea cuando en la extensión de su posterioridad avance actúan esfuerzos cortantes que propasa la resistencia al corte del material, como

consecuencia sucede la ruptura del mismo, con la complejión de una superficie de arrastre a lo largo de la cual se produce la deficiencia (Matteis, 2003).

(Novotný, 1978) Los movimientos de masa se dividen en los siguientes tipos:

- Desprendimientos
- Deslizamientos
- Volcamientos
- Flujos
- Desplazamientos

#### **2.1.1. Desprendimientos.**

Material rocoso que se desprende en laderas empinadas o acantilados, movimientos constituidos por caída libre, rodando o botando. Es un movimiento de muy rápido a extremadamente rápido, en los que se produce acumulación del material en la base del acantilado (Novotný, 1978).

#### **2.1.2. Deslizamientos.**

Los deslizamientos de tierra son uno de los procedimientos geológicos más devastadores que perturban al ser vivo ocasionando decesos y daños a las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Hrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura vial, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc. El volumen total de daños es superior al de los terremotos y las inundaciones, pudiendo evitarse al implementar medidas de prevención o control. Los deslizamientos consisten en “movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia debajo de un talud” (Cruden, 1996). Abarca tanto los procesos de erosión como los procesos de denudaciones. La naturaleza precisa del proceso que son producto de la acción de las fuerzas gravitacionales, hidráulicas, etc. Los deslizamientos suceden frecuentemente a lo largo de las extensiones de falla, por declive o desgaste.

Son movimientos causados por falla de cizalla a lo largo de una o varias superficies de ruptura, hay dos tipos principales: deslizamientos rotacionales y deslizamientos traslacionales (Novotný, 1978).

De Suarez (1989), los deslizamientos traslacionales son masas que se deslizan sobre una superficie aproximadamente plana, sin o con poca componente de rotación, son más superficiales que deslizamientos rotacionales y generalmente controlados por discontinuidades o zonas más débiles.

- Las capas frágiles que favorecen estas deficiencias son por lo usual, arcillas blandas o de arenas finas o limos no plásticos sueltos. La fragilidad del estrato o capa está

adherida a preponderantes presiones de poro en el agua contenida en las arcillas o a fenómenos de incremento de presión de agua en estratos de arena. Las fallas pueden estar aliadas también al periodo de retorno de las precipitaciones de la zona.

- Las fallas del material en volumen, usualmente están ligadas a discontinuidades y grietas de los materiales que forman un talud o ladera, siempre en complemento al efecto del estrato frágil subyacente.
- Las fallas de una capa visible son peculiares de laderas constituido por componentes arcillosos, producto de la meteorización. Se suelen activar por el efecto de las sobrecargas impuestas por un terraplén construido sobre la ladera (Matteis,2003).

Los deslizamientos de rotaciones son masas que se deslizan sobre una superficie de fractura aproximadamente circular, generalmente ocurre en materiales homogéneos, suelen presentar un escarpe en la cabecera que puede ser sub vertical, puede ser rotacional simple, múltiple o sucesivo, cuando son profundos se les suele llamar 'deep-seated slides' (Suarez, 1989).

- Suceden frecuentemente en componentes arcillosos uniformes o en suelos cuyo resultado mecánico esté gobernado fundamentalmente por su porción arcillosa (Matteis,2003).

### **2.1.3. Volcamientos.**

Bloques de roca o suelo que se inclinan o rotan hacia fuera de la ladera, separándose del macizo. Derivan en desprendimientos o deslizamientos según la geometría de la ladera. Sus movimientos varían de extremadamente lentos a extremadamente rápidos, a veces acelerando durante el movimiento (Novotný, 1978; Suarez, 1989).

### **2.1.4. Flujos.**

Movimientos rápidos de material que se comporta como una masa viscosa. Pueden ser flujos de detritos, flujos de barro, avalanchas de roca y detritos, sus movimientos son extremadamente rápidos donde se forma un colchón de aire que ayuda al rápido desplazamiento (Novotný, 1978; Suarez, 1989).

### **2.1.5.Desplazamientos**

Extensión lateral de una masa de suelo o roca combinada con una subsidencia general de la masa de material fracturado en suelos, las extensiones laterales están generalmente relacionados con procesos de licuefacción (Novotný, 1978; Suarez, 1989).

### **2.1.6.Reptación**

Es un corrimiento de suelo provocado por la gravedad y un desequilibrio de ladera, puede convertirse en flujos de suelo, es lento y constante, perjudica al estrato más superficial, es la consecuencia de dos tendencias, ensanchamiento por humedecimiento y contracción por desecación, produce un movimiento lateral de los arbustos y afectación a las vertientes por el depósito de materiales (Suarez, 1989).

## 2.2. Factores

El coeficiente de seguridad de un talud o ladera ha de representar de alguna forma la relación existente entre acciones estabilizadoras(resistentes) y fuerzas desestabilizadoras. Un ejemplo sencillo y también intuitivo que permite obtener una visión global de las diferentes acciones que puedan actuar sobre una superficie potencial de deslizamiento, supuesta circular, se puede observar en la figura 10 (Ortuño, 2004).

Rara vez actúa solo un factor, más bien es una combinación de factores condicionantes que son los que inciden el proceso y factores desencadenantes que son los activan el proceso. Dependiendo de cada situación un mismo factor puede actuar como condicionante o desencadenante.

En general, las presiones intersticiales y la resistencia al corte del terreno los factores que más influyen en la estabilidad; el régimen de presión intersticial de cálculo no sólo depende de las condiciones hidrogeológicas de contorno que puedan darse a lo largo de toda la vida de la obra, sino también de los cambios tensionales que se producen en el terreno (la carga que supone la construcción de un terraplén, la descarga originada por la excavación de un desmonte, etc.).

Son considerados como factores externos aquellos que, al actuar sobre las laderas provocan su inestabilidad al modificar las condiciones preexistentes, además se agrupan como factores intrínsecos y extrínsecos (Hansen, 1984), según se trate de características propias del sistema geomorfológico que constituye la ladera o sean variables adicionales que influyen su estabilidad.

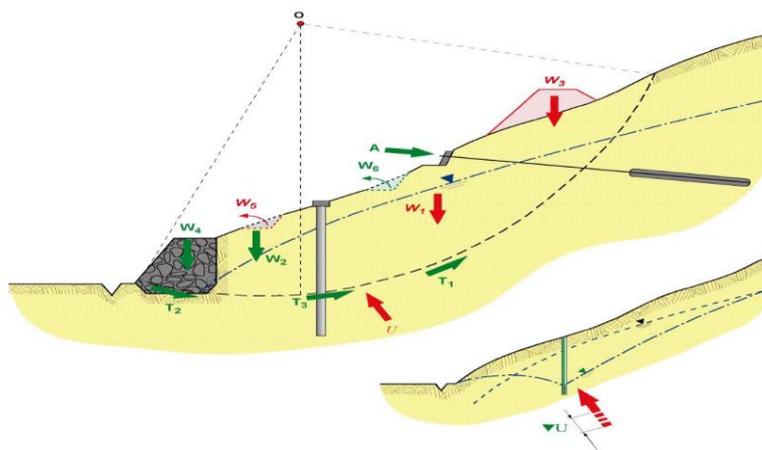


Figura 10. Acciones estabilizadoras y desestabilizadoras en un talud con supuesta superficie de rotura circular.

Fuente: Ortuño, 2004.

Elaborado por: Ortuño, 2004.

Donde:

### ESTABILIZADORES

- $T_1$ : Resistencia al corte del terreno.
- $W_2$ : Pesos que originan "momento estabilizador".
- $W_4$ : Pesos que aumentan el "momento estabilizador".
- $W_6$ : Excavaciones que reducen el "momento volcador".
- $T_2$ : Aumento local de resistencia al corte (mejor material).
- $T_3, A$ : Fuerzas estabilizadoras externas.
- $\nabla U$ : Reducción de la presión de agua.

### DESESTABILIZADORES

- $W_1, W_3$ : Pesos que originan "momento volcador".
- $U$ : Presión de agua.
- $W_5$ : Excavacion que reduce el "momento estabiliz:

#### 2.3.1. Factores condicionantes.

Según describe Sieron (2014), los factores condicionantes son variables cuasi estáticas, que contribuyen a la susceptibilidad y definen la distribución espacial de los movimientos de masa. Estos pueden ser de diversos tipos como se describe a continuación:

##### a) Geológicos

- Existencia de materiales modificados por meteorización.
- Carencia de adherencia de los materiales que constituyen la roca.
- Cambio de capas de diferentes propiedades.

##### b) Litológicos – Estructurales

- Ubicación paralela de los planos en relación a la estratigrafía de las rocas con la inclinación del talud o ladera.
- Fallas o fisuras.
- Plegamientos.
- Carencia de adherencia de los materiales que constituyen la roca.
- Cambio de capas de diferentes propiedades.

##### c) Climáticos

- Responsable directo de la erosión.
- Aporta agua al subsuelo.
- Variación de estaciones climáticas.

##### d) Hidrológicos

- Acrecentamiento de la escorrentía.
- Empantanamiento del agua.
- Aumento de nivel de las capas freáticas.
- Variación de las capas con distinta infiltración.
- Cauces.

##### e) Topográficos

- Con relación a la geometría de los taludes o laderas.

#### **f) Vegetación**

- Carencia de flora que arraigue con sus raíces la zona afectada.

#### **2.3.2. Factores Desencadenantes.**

También llamadas variables dinámicas, son estímulos externos que causan la rotura casi inmediata, aumentando las tensiones o reduciendo la resistencia del material de la ladera, existen los factores desencadenantes naturales y los inducidos o antrópicos (Sieron,2014).

##### **2.3.2.1. Factores desencadenantes naturales.**

- Fuertes precipitaciones.
- Inundaciones.
- Socavamiento y erosión fluvial.
- Erupciones volcánicas.
- Terremotos.
- Cambios de volumen como hielo-deshielo o humedad-desecación.
- También pueden ocurrir de forma espontánea.
- Grados de saturación.
- Permeabilidad, infiltraciones, cohesión.

##### **2.3.2.1.1. Factor desencadenante "Precipitación".**

Este factor tiene relación al porcentaje de remoción de masa relacionado con las precipitaciones por la infiltración de agua, aumento en la presión de poros, reduciendo resistencia.

Tomando en cuenta que la estabilidad de los taludes o laderas está restringida por la resistencia del terreno y por la geometría del talud, se pueden ocasionar deslizamientos superficiales, flujos de derrubios y desprendimientos, debido a precipitaciones de gran intensidad y corta duración, o de baja intensidad por prolongado tiempo (Corominas & Alonso,1984).

##### **2.3.2.1.2. Factor desencadenante "Infiltración".**

El análisis de la infiltración es importante y es la relación entre la precipitación y el escurrimiento, es el proceso por el cual el agua ingresa desde la superficie del terreno hacia los estratos inferiores formando niveles freáticos. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie y posteriormente superado el nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea saturando el suelo. Los factores que afectan la capacidad de infiltración incluyen el tipo de suelo, las características del medio permeables y características del fluido (Heras, 1970).

### **2.3.2.2. Factores desencadenantes inducidos (antrópicos).**

Sieron (2014), atribuye como factores desencadenantes antrópicos a los siguientes elementos:

- Las construcciones nuevas o el acopio de material incrementan el peso en taludes o laderas.
- Deplorable práctica de extracción de materiales.
- Excavación para taludes.
- Desbordamientos ocasionados por fallas en presas.
- Estancamiento de fluidos por deficientes impermeabilizaciones y/o pavimentados, sobresaturación de suelos.
- Explotación de suelo en taludes.
- Detonaciones ejecutadas en la construcción de estructuras viales.

### **2.3.3. Factores intrínsecos.**

Se diferencian los relacionados con la geometría de la ladera y los relativos a la estructura y propiedades de los materiales que la constituyen.

### **2.3.4. Factores extrínsecos.**

Se pueden diferenciar aquellos que tienden a modificar los esfuerzos que operan en la ladera y los que reducen la resistencia del material. Es el factor más determinante en la generación y actividad de los movimientos de ladera, es el continuo aporte de agua que reciben los materiales del talud procedente de fugas existentes (Sieron,2014).

## **2.4. Características del análisis de equilibrio límite.**

Estos métodos son los más utilizados en la práctica para el cálculo de estabilidad de taludes y se basan fundamentalmente en una consideración de equilibrio plástico límite. Se han desarrollado una gran variedad de métodos, los cuales en su mayoría se basan en dividir la potencial masa de deslizamiento en un cierto número de dovelas o rebanadas (Paredes,2010).

Permite obtener un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo, obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Una vez se han determinado las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y otras propiedades del suelo y del talud, se puede proceder a calcular el factor de seguridad del talud. Este análisis de estabilidad consiste en determinar si se halla la idónea resistencia en los suelos del talud para aguantar los esfuerzos de cortante que tienden a ocasionar la debilidad del estrato.

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

variaciones principales de los diversos métodos son, el tipo de superficie de falla y la forma cómo actúan internamente las fuerzas sobre la superficie de falla.

El estudio se puede efectuar analizando en su totalidad la longitud de la zona de falla, o dividiendo el sector deslizado en dovelas. Los métodos de Bishop (1955) y Janbú (1954) han sido muy utilizados en los últimos 50 años y se han desarrollado métodos de análisis más precisos y complejos como los de Morgenstern & Price y Spencer (1967), ayudados de programas de software que permiten realizar análisis muy rigurosos. Generalmente, los métodos son de iteración y cada uno de éstos posee un cierto grado de precisión.

Los métodos de Bishop y Spencer consideran parcial o totalmente las fuerzas entre dovelas.

#### **2.4.1. Introducción a los métodos de equilibrio límite. Consideraciones previas.**

Los modelos tienen en cuenta los factores desencadenantes que perturban la estabilidad, incluyendo la morfología del talud, parámetros geotécnicos, acción sísmica, vertientes, resistencia al corte.

De acuerdo a Ortuño (2004) existen cinco hipótesis básicas de carácter bastante restrictivo:

- 1) Se considera que el talud es indefinido en la dirección horizontal paralela a su superficie, es decir, el problema se estudia en condiciones bidimensionales o de deformación plana, si bien existen algunos procedimientos, no habituales, que consideran la tridimensionalidad.
- 2) Se supone un mecanismo de rotura a favor de determinadas superficies de deslizamiento (planas o curvas). La masa de suelo contenida por dichas superficies se considera como un único bloque rígido, o bien se subdivide en bloques más pequeños, también rígidos, dependiendo de la forma de rotura supuesta o del procedimiento de cálculo, figura 11.
- 3) Se asume un criterio de rotura del terreno a lo largo de las superficies de deslizamiento definidas. Dicho criterio es habitualmente el de Mohr-Coulomb.
- 4) Se supone que cada bloque en los que se ha subdividido la masa de suelo se encuentra en equilibrio estricto. A continuación, se resuelven las ecuaciones de equilibrio estático y se determina la resistencia tangencial necesaria a lo largo de la superficie de deslizamiento supuesta para conseguir dicho equilibrio.
- 5) Se define un factor de seguridad que se supone constante a lo largo de toda la superficie de deslizamiento.

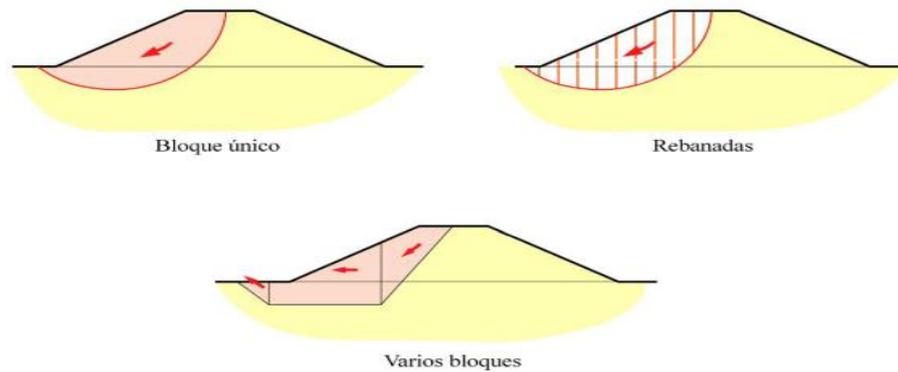


Figura 11. Compartimentación en bloques en los métodos de equilibrio límite.

Fuente: Ortuño, 2004.

Elaborado por: Ortuño, 2004.

### 2.4.2. Factor de seguridad (F.S).

El factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza para que el talud fracase en deficientes circunstancias para el cual se proyecta puedan presentarse. Fellenius (1922) mostró el FS como se indica en la ecuación 2.4.

$$F. S. = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}} \quad (\text{ecuación 2.4})$$

Y en las zonas curvas donde se halla un centro de giro como se expresa en la ecuación 2.5.

$$F. S. = \frac{\text{Momento resistente disponible}}{\text{Momento actuante}} \quad (\text{ecuación 2.5})$$

La mayoría de los sistemas de análisis asumen un criterio “límite de equilibrio” donde el criterio de falla de Coulumb es satisfecho a lo largo de una determinada superficie. Se estudia un cuerpo libre en equilibrio, partiendo de las fuerzas actuantes y de las fuerzas resistentes que se requieren para producir equilibrio. Calculada esta fuerza resistente, se compara con la disponible del suelo o roca y se obtiene una indicación del factor de seguridad.

El factor de seguridad se asume que es igual para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla, por lo tanto, este valor representa un promedio valor total en toda la superficie de falla.

Los métodos de cálculo se dividen en métodos numéricos y en métodos de equilibrio límite, los cuales pueden ser exactos (rotura Planar y rotura en cuña) y métodos de dovelas (Aproximados y Precisos) para el cálculo del factor o coeficiente de seguridad, que es la relación entre la sumatoria de las fuerzas que se oponen al deslizamiento y sumatoria de las fuerzas que inducen el deslizamiento o la relación de la sumatoria entre la resistencia al

cizallamiento en la superficie de rotura y la tensión cizallante movilizada en la superficie de rotura, que nos lleva al siguiente criterio según Donayre (2015).

$FS > 1$  zona estable

$FS < 1$  zona inestable

### 2.4.3. Métodos más conocidos para análisis de estabilidad de taludes.

Existen tres tipos de métodos de análisis:

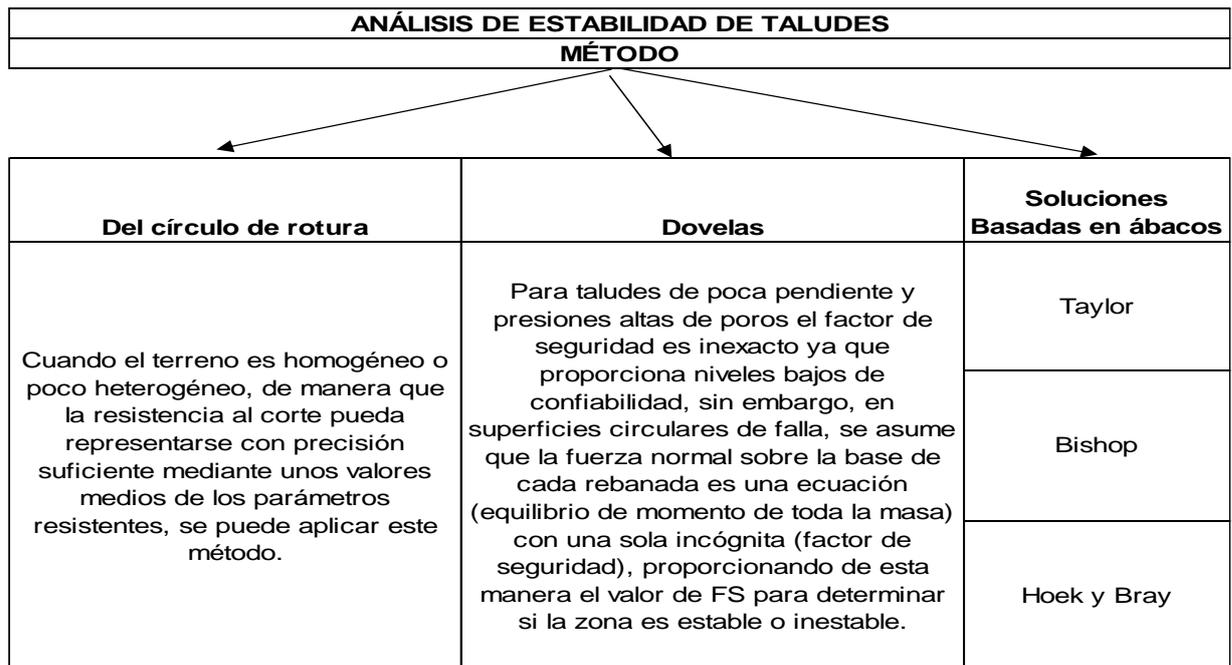


Figura 12. Esquema método análisis equilibrio límite

Fuente: Donayre,2015.

Elaborado por: Autora

El método de dovelas a su vez se divide en:

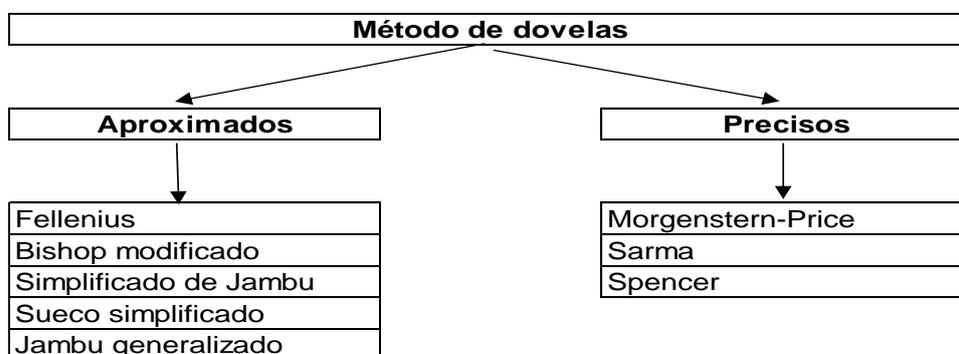


Figura 13. Esquema método dovelas

Fuente: Donayre,2015.

Elaborado por: Autora.

El método de estudio que se usó para el análisis de estabilidad de taludes de la zona de estudio fue el método de dovelas (método aproximado Bishop y método preciso de Spencer).

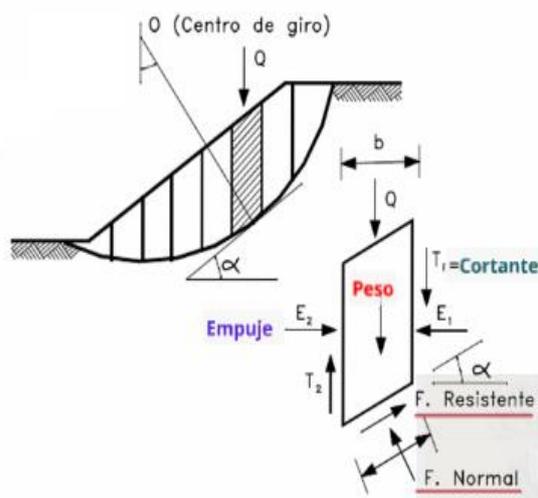
### 2.4.3.1. Método de Bishop.

Bishop (1955) desarrolló un método en dovelas considerando una superficie de falla cilíndrica y una masa de suelo que gira sobre un punto, el cual corresponde al centro del círculo que define la superficie de falla, no considera la fricción entre dovelas, solamente las fuerzas normales a éstas, es un método preciso, satisface el equilibrio vertical y el equilibrio de momento total, asume que las fuerzas laterales sobre rebanadas son horizontales.

Fue el originario en referirse a las limitantes concernientes a los métodos usuales, toma en cuenta todas las fuerzas actuantes en los bloques.

Se divide en n dovelas a analizar, se establece el equilibrio de momentos de las fuerzas actuantes en cada dovela respecto al centro del círculo, estima un factor de seguridad FS, el cual es considerado como un índice o indicador del nivel de estabilidad de un talud, la solución es indeterminado, por lo que se requiere un proceso iterativo, se estima que el equilibrio de fuerzas en la dirección vertical, proporcionan datos similares a los métodos precisos.

Se estima que el equilibrio de momentos tiene relación al eje del círculo para cada una de las dovelas, figura 14.



$$FS = \frac{1}{\sum(W \text{sen}\alpha)} \left( c\beta + W \tan\phi \left( \cos\alpha + \frac{\text{sen}\alpha \tan\phi}{FS} \right) \right)$$

ecuación 2.6.

Donde:

- C Cohesión del suelo,
- $\phi$  Ángulo de fricción del suelo,
- $\beta$  Longitud de la superficie de falla,
- W Peso de la dovela,

Figura 14. Diagrama de cuerpo libre. Bishop

Fuente: Geostru,2016.

Elaborado por: Geostru,2016.

Este procedimiento se conoce como método de Bishop ordinario y las equivocaciones con relación al método completo varían usualmente en torno a 1%.

#### **2.4.3.7. Método de Spencer.**

El método se basa en el supuesto de que:

- 1) Las potencias de enlace a lo largo de las zonas de fraccionamiento de cada rebanada están encaminadas paralelamente entre sí e inclinadas con respecto a la horizontal de un ángulo  $\theta$ .
- 2) Todos los momentos son cero.

Esencialmente el método compensa todas las ecuaciones de la estática y se asimila al método de Morgenstern y Price cuando la función  $f(x)=1$ .

El método propone el cálculo de dos coeficientes de seguridad, el inicial  $F_{sm}$  atado al equilibrio de momentos, el que sigue  $F_{sf}$  enlazado al equilibrio de fuerzas. En el ejercicio se da un espacio dado de valores del ángulo  $\theta$ , estimando como valor único del coeficiente de seguridad aquel para el cual se obtiene:

$$F_{sm}=F_{sf} \qquad \text{(ecuación 2.7)}$$

**CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO DESDE LA ABSCISA 4+511.00  
HASTA LA 4+561.00, COORDENADAS 9560475 N-695501E**

### 3.1. Geología de la zona

De los estudios realizados por Acosta (2009) se obtiene la siguiente información:

- La ruta seleccionada desde el Km. 0+000 (MOTUPE) hasta Km. 15+300 (LA ARGELIA- Universidad Nacional de Loja) está constituida por estratos de suelos arcillosos y conglomerados en matriz arcillosa intercalados por fragmentos metamórficos de esquistos Sericíticos y pocos cuarzos de mediana compacidad. El paisaje morfológico corresponde a una explanada. Los suelos superficiales se presentan desde secos hasta medianamente húmedos y la escorrentía varía entre media a alta. En forma general se puede indicar que el proyecto se desarrolló sobre la vía existente.
- Geológicamente la ruta se asienta sobre materiales de las siguientes Formaciones Quillollaco (conglomerados y areniscas), San Cayetano (arcilla conglomerada) y Trigal (arcillas); los suelos arcillosos desde el Km. 0+000 hasta el Km. 12+000 se encuentran intercalados en ciertos sitios de fragmentos metamórficos meteorizados; y luego hasta el Km. 18+000 se observa la presencia de conglomerados en matriz arcillosa. Los materiales de cobertura se presentan desde suaves hasta medianamente consistentes.
- Morfológicamente el proyecto está conformado por explanadas, colinas y laderas, cuyas pendientes transversales varían desde suaves a moderadas.
- El fenómeno erosivo es de carácter eólico y por infiltraciones de agua.
- Dadas las condiciones topográficas la escorrentía se presenta de media a baja; la humedad se ha determinado en algunos sitios entre el Km. 3+000 y el Km. 12+000.
- Los rasgos fotogeológicos demuestran la existencia de sectores morfológicos inestables en las cumbres superiores de las cordilleras circundantes, representados por pequeños escarpes de falla.
- Se ha encontrado deslizamientos y movimientos superficiales que se han originado debido a la infiltración de las aguas superficiales.

### 3.1.1. Descripción Geológico- Geotécnica del paso lateral de Loja en la zona de estudio

Tabla 6. Descripción geológica geotécnica del paso lateral de Loja

ABSCISAS	UNIDAD GEOLOGICA	TIPO DE MATERIAL
0+000-0+750	Formación Trigal (MT)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes, secos
0+750-0+900	Formación San Cayetano (MS)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes. Presencia aislada de gravas con bajo porcentaje de cuarzo y esquistos sericíticos.
1+000-1+600	Formación San Cayetano (MS)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes. Presencia aislada de gravas con bajo porcentaje de cuarzo y esquistos sericíticos.
1+600-3+600	Formación Trigal (MT)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes, secos sobre bloques de roca metamórfica tipo esquistos sericíticos color plomo.
3+600-4+200	Formación San Cayetano (MS)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes. Presencia aislada de gravas con bajo porcentaje de cuarzo y esquistos sericíticos.
4+200-8+200	Formación Trigal (MT)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes, secos.
8+200-8+280	Formación San Cayetano (MS)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes. Presencia aislada de gravas con bajo porcentaje de cuarzo y esquistos sericíticos.
8+280-10+300	Formación Trigal (MT)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes, secos

<b>ABSCISAS</b>	<b>UNIDAD GEOLÓGICA</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>
10+300-11+600	Formación San Cayetano (MS)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes. Presencia aislada de gravas con bajo porcentaje de cuarzo y esquisto sericíticos.
11+600 – 12+420	Formación Trigal (MT)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, sueltos poco húmedos.
12+420-17+780	Formación Quillollaco (M-PI)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistente a consistente, secos sobre estratos conglomeráticos.
17+780 – 17+795	Formación San Cayetano (MS)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes. Presencia aislada de gravas con bajo porcentaje de cuarzo y esquisto sericíticos. Conglomerados y capas guijarrosas.
17+795 – 17+800 (Cruce Río Malacatos)	Aluviales	Baja presencia de gravas en matriz arenosa. Pocos cantos.
17+800-17+910	Formación San Cayetano (MS)	Suelos arcillosos, café claro, ligeramente plásticos, algo consistentes a consistentes. Presencia aislada de gravas con bajo porcentaje de cuarzo y esquisto sericíticos. Conglomerados y capas guijarrosas.

Fuente: Acosta (2009).

Elaborado por: Acosta (2009).

En el anexo 2 se presenta el mapa Geológico y en el anexo 3 el mapa Geomorfológico.

### **3.2. Caracterización del suelo de la zona de estudio**

Se realizaron dos ensayos de SPT a nivel de seis metros de profundidad, y seis puntos de clasificación y triaxial no consolidado no drenado (UU) denominados como Pn, como se muestra en la figura 15, con ubicación en los puntos descritos en tabla 7, de igual manera de los estudios realizados Acosta (2009), a cargo de la consultoría de los estudios de ingeniería definitivos del paso lateral de Loja, en el capítulo de Resistividad Eléctrica del sondaje eléctrico vertical (SEV) 5 Km 4+600, ubicado en la parte baja del talud del margen

derecho a una cota de 2158 m, con una extensión de 200 m entre los electrodos de emisión de corriente A-B, se obtiene el perfil geo eléctrico como se muestra en la tabla 8.

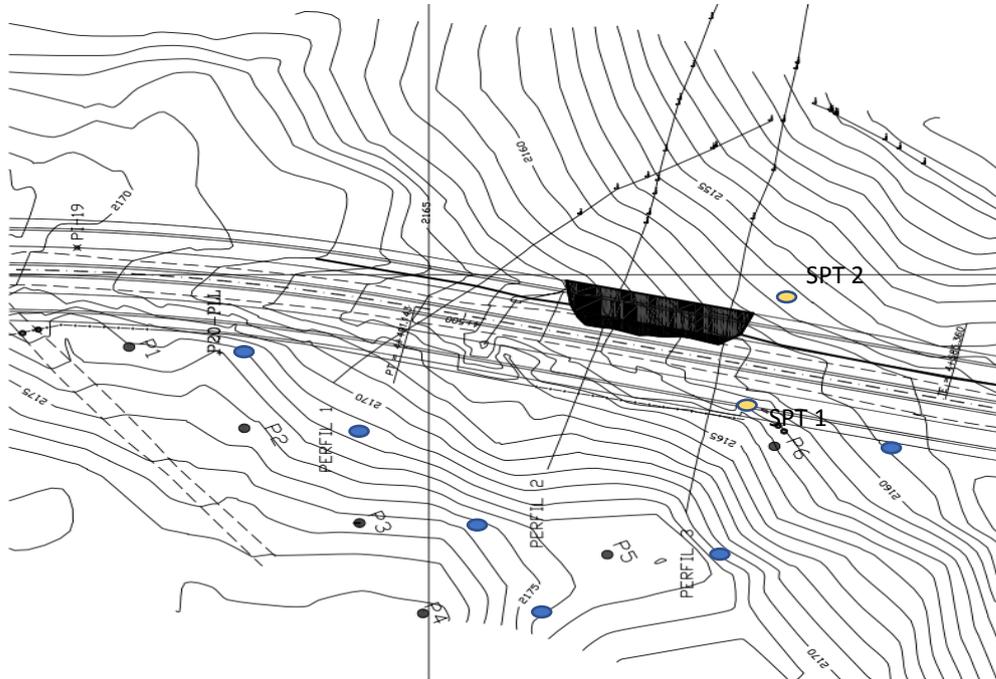


Figura 15. Ubicación puntos de ensayo

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora.

Tabla 7. Ubicación puntos de ensayo

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
P1	9560552	695484	2180
P2	9560532	695466	2180
P3	9560512	695445	2184
P4	9560501	695425	2189
P5	9560469	695438	2181
P6	9560440	695462	2169
SPT1	9560461	695493	2162
SPT2	9560469	695474	2167

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora.

Tabla 8. Perfil Geo eléctrico

<b>HORIZONTE GEOELECTRICO</b>	<b>RESISTIVIDAD (Ohm-m)</b>	<b>ESPESOR (m)</b>	<b>INTERPRETACION GEOLOGICA</b>
A	13.7	4	Suelos residuales arcillosos producto de la meteorización
B	4.2	15	Suelos arcillosos de bajo grado de saturación
D	5,1	< 10	Roca metamórfica menos alterada de bajo grado de saturación

Fuente: Acosta (2009).

Elaborado por: Acosta (2009).

De la norma ASTM D3282, "Clasificación normalizada de suelos y mezclas de agregados para la construcción de carreteras", se detalla la técnica para la clasificación de suelos y agregados para la construcción de carreteras conocida como clasificación AASHTO, disponiendo así siete grupos de suelos y agregados con base en la determinación en el laboratorio de la granulometría, el límite líquido y el límite plástico, un octavo grupo pertenece a suelos orgánicos, la clasificación de grupo es útil en la evaluación de la calidad relativa del suelo para su manejo en estructuras de tierra, particularmente en terraplenes, subrasantes, subbases y bases (Norma ASTM D3282).

Del estudio de la norma ASTM D2487-2000 se detalla que la clasificación completa para cada uno de los estratos o unidades estratigráficas y sus distintos niveles de meteorización se detallan según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Se realiza la caracterización geotécnica de la zona de estudio por el método de clasificación AASHTO y SUCS ya que interviene tanto la zona de talud como la de carretera.

De los ensayos realizados en campo y laboratorio se encuentran tres tipos de estratos claramente definidos como arcilla de alta plasticidad (CH), arcilla de baja plasticidad (CL), arena arcillosa (SC), de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos S.U.C.S, los cuales se distribuyen como se muestra en el anexo 4 y detallan en el anexo 5-6-7.

### **3.2.1. CH/A-7-6**

Considerado como suelo fino, son arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas, es impermeable cuando está compactada, su resistencia a esfuerzo cortante, compactada y saturada es pobre, su compresibilidad cuando está compactada y saturada es alta y su trabajabilidad como material de construcción es pobre, también clasificada como A-7-6 de acuerdo a AASHTO.

Su comportamiento mecánico es de malo a aceptable, su capacidad de drenaje es casi impermeable, su densidad óptima varía entre 1.44-1.76 tn/m<sup>3</sup> y su CBR in situ varía entre 3-5%.

### **3.2.2. CL/A-7-6**

Considerado como suelo fino, son arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas pobres, es impermeable cuando está compactada, su resistencia a esfuerzo cortante, compactada y saturada es aceptable, su compresibilidad cuando está compactada y saturada es media y su trabajabilidad como material de construcción es de buena a aceptable, también clasificada como A-7-6, A-6 de acuerdo a AASHTO (Bañón & Beviá, n.d.).

Su comportamiento mecánico es de malo a aceptable, su capacidad de drenaje es casi impermeable, su densidad óptima varía entre 1.60-2.00 tn/m<sup>3</sup> y su CBR in situ varía entre 5-15 (Bañón & Beviá, n.d.).

### **3.2.3. SC/A-2-6**

Considerado como suelo de grano grueso, son arenas arcillosas, mezclas de arena y limo, es impermeable cuando está compactada, su resistencia a esfuerzo cortante, compactada y saturada es de buena a aceptable, su compresibilidad cuando está compactada y saturada es baja y su trabajabilidad como material de construcción es buena, también clasificada como A-2-6, A-2-7 de acuerdo a AASHTO.

Su comportamiento mecánico es de malo a aceptable, su capacidad de drenaje es de mala a impermeable, su densidad óptima varía entre 1.68-2.08 tn/m<sup>3</sup> y su CBR in situ varía entre 10-20 (Bañón & Beviá, n.d.).

## **3.3. Características adicionales de la zona de estudio**

Se cuenta con la información de cuatro estaciones pluviométricas en la ciudad de Loja, con las siguientes características mostradas en la tabla 9, las distancias desde la zona de estudio a cada estación en la tabla 10, y expuesto gráficamente en la figura 16.

Tabla 9. Estaciones pluviométricas

Nombre	UTMX	UTMY	Altura	Coord. S	Coord. W
Colegio Militar	697901	9563240	2033	3°56'58"	79°13'03"
Finca Jipiro Alto	700975	9560679	2218	3°58'21"	79°11'24"
Finca Colegio Técnico	694294	9558872	2377	3°59'21"	79°15'00"
Villonaco	692138	9559012	2952	3°59'16"	79°16'10"

Fuente: Universidad Técnica Particular de Loja  
 Elaborado por: Autora

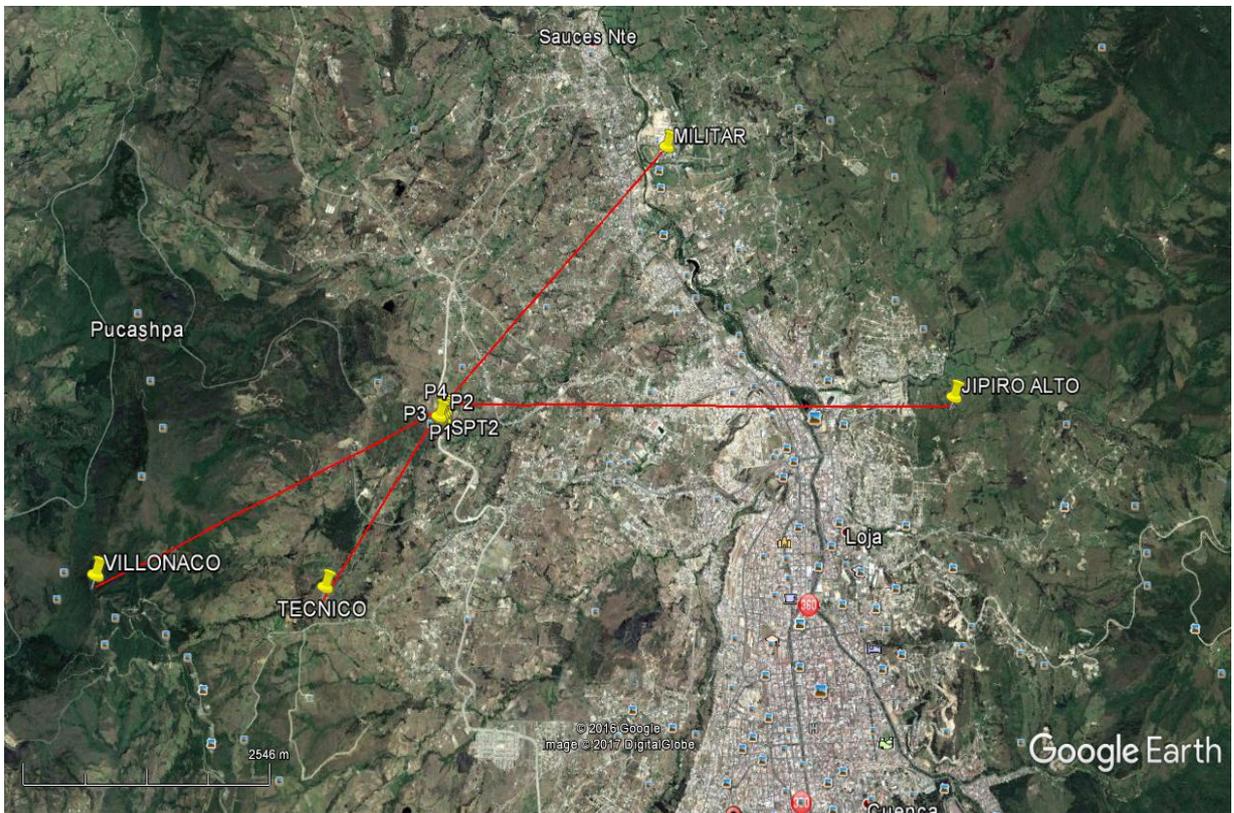


Figura 16. Distancia desde zona de estudio a cada estación pluviométrica.

Fuente: Google Earth, 2017.

Elaborado por: Autora.

Tabla 10. Distancia a estación pluviométrica

Nombre	Distancia
Zona de estudio-Colegio Militar	3549,04 m
Zona de estudio-Finca Jipiro Alto	5445,24 m
Zona de estudio-Finca Colegio Técnico	3837,77 m
Zona de estudio-Villonaco	2231.03 m

Fuente: Universidad Técnica Particular de Loja- Google Earth 2017.  
Elaborado por: Autora

Tomando en consideración que la estación Villonaco es la más cercana a la zona de estudio se analizan las precipitaciones que se presentan en esta zona.

Tabla 11. Precipitación estación Villonaco

Fecha	Precipitación (mm)	Registros
oct-16	19.6	4055
nov-16	15.4	4286
dic-16	62.6	4434
ene-17	104.8	4432
feb-17	84	4029
mar-17	146.6	4443

Fuente: Universidad Técnica Particular de Loja- Google Earth 2017.  
Elaborado por: Autora

Los datos más cercanos para relacionar los datos de estación Villonaco son los de estación Argelia, que se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Precipitación estación Argelia

**Precipitación Mensual (mm)**

**Est. La Argelia**      **Lat** 9553464      **Elev.** 2165  
                                  **Long** 699403      **Cod.** M033

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1969	76.4	114.4	52.3	123.4	56.2	58.8	18.5	126.2	38.4	39.5	69.3	169.1
1970	209.3	156.0	115.8	30.5	64.2	169.0	63.9	41.1	47.2	79.4	43.0	44.0
1971	80.0	119.5	137.3	57.3	40.9	61.7	59.5	54.2	45.9	73.2	40.0	100.8
1972	111.0	116.6	195.0	105.8	62.4	53.9	115.1	24.5	50.3	42.1	111.9	81.5
1973	116.9	167.9	112.7	58.5	52.2	59.1	76.3	41.8	33.4	22.8	43.0	53.1
1976	105.4	163.8	84.9	130.5	40.7	81.9	63.3	112.4	14.4	19.7	56.0	59.7
1977	72.0	120.6	138.5	149.5	31.3	93.0	30.9	57.5	52.6	72.4	52.5	60.9
1978	49.5	50.4	182.5	8.9	73.7	62.9	47.4	43.9	28.5	39.8	17.6	44.8

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1979	43.1	45.3	172.1	20.6	19.7	9.4	7.6	29.6	35.9	36.2	20.8	44.8
1980	152.3	131.7	151.2	180.0	42.7	54.7	28.8	26.9	22.4	78.6	62.4	86.9
1981	66.9	87.6	104.2	64.1	18.1	18.6	30.9	23.6	7.2	127.5	60.9	118.1
1982	112.8	49.4	143.4	141.9	78.3	11.3	27.5	21.9	43.8	122.9	37.2	131.4
1983	139.7	133.7	220.2	78.9	68.7	27.7	52.2	13.3	37.2	94.1	12.3	138.3
1984	49.7	210.0	173.2	101.2	57.4	84.0	75.5	30.5	46.6	96.1	73.7	54.3
1985	54.2	123.1	131.2	89.3	150.5	19.9	43.1	63.0	48.9	101.3	79.9	109.5
1986	46.7	128.4	89.2	121.2	41.0	14.8	33.1	25.4	57.2	58.1	56.3	90.0
1987	64.1	87.3	115.4	112.8	64.7	10.8	94.6	48.2	40.9	84.8	126.6	71.7
1988	116.4	143.9	84.9	111.1	55.2	26.8	65.6	46.6	45.0	73.8	70.6	65.2
1989	159.2	161.6	205.3	47.6	63.0	44.3	34.7	34.1	64.2	130.1	14.8	20.7
1990	131.7	161.3	142.8	131.1	77.1	83.0	43.8	33.2	27.1	85.4	107.8	115.0
1991	113.1	153.5	197.0	59.6	70.1	64.0	39.2	61.9	30.9	61.0	22.6	66.5
1992	83.5	125.3	94.1	97.0	57.6	47.7	50.4	15.7	34.4	47.1	103.5	64.5
1993	85.4	105.4	317.2	93.4	23.4	50.3	62.7	29.2	45.6	91.5	48.0	188.1
1994	213.8	77.6	285.5	123.3	54.1	53.8	81.5	69.3	37.0	29.6	42.8	104.6
1995	59.7	88.0	93.4	52.8	64.7	9.8	33.6	19.9	22.3	36.8	129.0	121.3
1996	98.3	126.9	153.5	97.8	30.9	46.5	38.6	34.4	37.1	57.9	13.0	27.0
1997	68.1	109.2	101.2	69.9	46.2	20.7	50.2	35.2	42.0	59.9	73.6	123.9
1998	40.4	101.9	136.2	88.5	51.2	75.2	49.5	35.7	31.4	115.5	86.4	39.2
1999	124.3	299.4	132.2	83.7	120.2	58.9	59.8	50.2	81.7	27.8	48.1	131.2
2000	152.1	178.5	192.1	105	81.8	86.8	37.1	50.3	67.7	31.6	25.4	57.6
2001	82.8	116.6	68.3	69.8	63.7	86.9	81.2	52.1	42.0	33.5	128.0	98.3
2002	102	99.2	53.5	126.7	68.2	39.2	62.8	5.9	18.2	67.7	71.4	70.6
2003	80.3	113.3	188.0	68.8	92.4	53.9	34.1	6.9	25.0	73.3	56.5	106.8
2004	48.1	119.0	177.6	198.7	46.5	85.4	47.5	12.1	25.2	125.8	95.3	96.3
2005	46.4	134.5	173.6	157.6	33	79	15.3	13.4	18.1	86.2	62.5	98.3
2006	138.1	88.8	188.3	82.7	33.6	78.5	33.7	13.2	22.5	37.2	93.1	90.6
2007	50.1	66.3	93.5	99.1	80.7	120.0	11.3	152.4	55.0	55.7	153.3	77.6
2008	62.3	251.0	237.9	137.8	74.6	51.3	89.5	89.7	20.6	136.4	102.9	126.3
2009	133	90.2	134.4	93.1	43.3	29.8	55.7	61.9	55.6	69.7	26.0	118.4
<b>MEDIA</b>	<b>94.3</b>	<b>126.9</b>	<b>145.6</b>	<b>94.4</b>	<b>58.0</b>	<b>57.2</b>	<b>52.2</b>	<b>44.7</b>	<b>38.6</b>	<b>70.6</b>	<b>66.5</b>	<b>87.6</b>

Fuente: Inahmi.

Elaborado por: Autora.

- Se evidencia que la precipitación a lo largo de los años se mantiene regular, siendo constante a lo largo del tiempo, las propiedades del suelo se mantendrán iguales presentando de esta manera problemas por saturación.
- La falla producida en la zona de estudio tiene actualmente una longitud de treinta (30) metros y se encuentra afectado todo el carril (3.65 m de ancho), por

lo cual existe sólo un carril de circulación sentido Sur a Norte y dos carriles de circulación de Norte a Sur.



Foto 1. Primera fractura  
Fuente: Autor

- La falla fue progresiva, inicialmente hubo un deslizamiento de material, seguido de una primera fractura de vía como se muestra en la foto 1, y luego una segunda y tercera fractura como se muestra en la foto 2 y foto 3.



Foto 2. Segunda fractura  
Fuente: Autor



Foto 3. Tercera fractura  
Fuente: Autor

- Se evidencia en menor proporción un tercer deslizamiento con fractura de vía.
- En la foto 4 y 5 se evidencia la presencia de construcción de bebederos de animales, y el pozo por el cual pasa la tubería de agua potable proveniente de Shucos, la cual sufrió una variante cuando se construyó la vía.



Foto4. Bebederos de animales  
Fuente: Autor



Foto 5. Bebederos de animales  
Fuente: Autor

- El estrato superficial se evidencia sobre saturado en la foto 6 y 7, por lo cual existe un escurrimiento de 2.19 m<sup>3</sup>/día sin presencia de precipitación, caudal medido en campo.



Foto 6. Infiltración de agua  
Fuente: Autor



Foto 7. Suelo saturado  
Fuente: Autor

Para el análisis se seleccionaron cuatro perfiles, dos en el talud y dos en la falla de la estructura del pavimento, para hacer su análisis de estabilidad mediante el método de equilibrio límite (Bishop y Spencer), en las coordenadas 956.475N-695501E con las siguientes cotas

Perfil 1. Tomado desde la cota 2160 m hasta 2178 m.

Perfil 2. Perpendicular al pavimento desde la cota 2147.5 m hasta 2160 m.

Perfil 3. Tomado desde la 2166 m hasta 2179 m.

Perfil 4. A través del pavimento desde la cota 2149.5 m hasta 2166 m.

Para determinar la estabilidad de la vía y del talud se tomaron en cuenta las características geotécnicas obtenidas de ensayos de laboratorio antes descritos como se muestra a continuación:

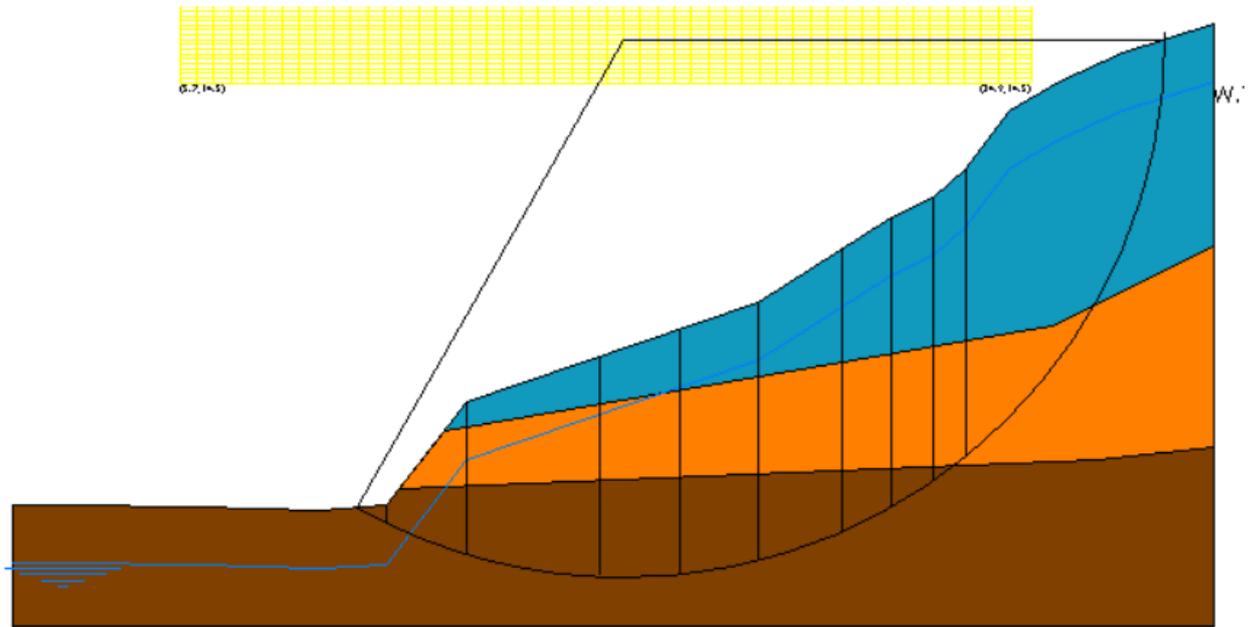


Figura 17. Perfil 1.

Fuente: Geostru,2016.

Elaborado por: Autora.

Tabla 13. Características geotécnicas perfil 1.

No.	Clasificación	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (kg/m <sup>3</sup> )	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de rozamiento interno (°)	Permeabilidad
1	CH	1529	1555	0.25	6	Impermeable
2	CL	1529	1631	0.21	5	Impermeable
3	SC	1733	1962	0.11	5	Impermeable

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora

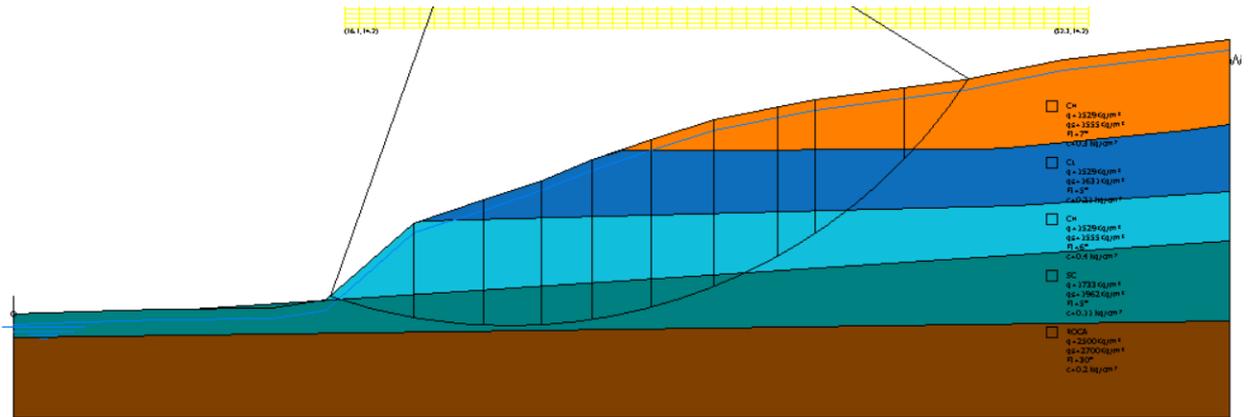


Figura 18. Perfil 2.

Fuente: Geostru,2016.

Elaborado por: Autora.

Tabla 14. Características geotécnicas perfil 2.

No.	Clasificación	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (kg/m <sup>3</sup> )	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de rozamiento interno (°)	Permeabilidad
1	CH	1529	1555	0.3	7	Impermeable
2	CL	1529	1631	0.21	5	Impermeable
3	CH	1529	1555	0.4	6	Impermeable
4	SC	1733	1962	0.11	5	Impermeable
5	ROCA	2500	2700	0.2	30	Impermeable

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora.

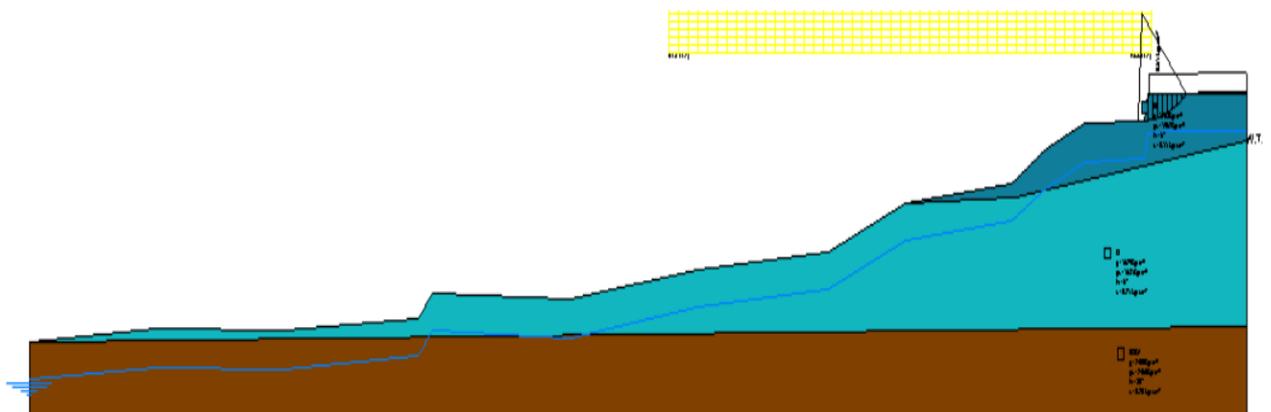


Figura 19. Perfil 3.

Fuente: Geostru,2016.

Elaborado por: Autora

Tabla 15. Características geotécnicas perfil 3.

No.	Clasificación	Peso específico (kg/m3)	Peso saturado (kg/m3)	Cohesión (kg/cm2)	Ángulo de rozamiento interno (°)	Permeabilidad
1	SC	1733	1962	0.11	5	Impermeable
2	CL	1529	1631	0.21	6	Impermeable
3	ROCA	2400	2450	0.20	30	Impermeable

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora

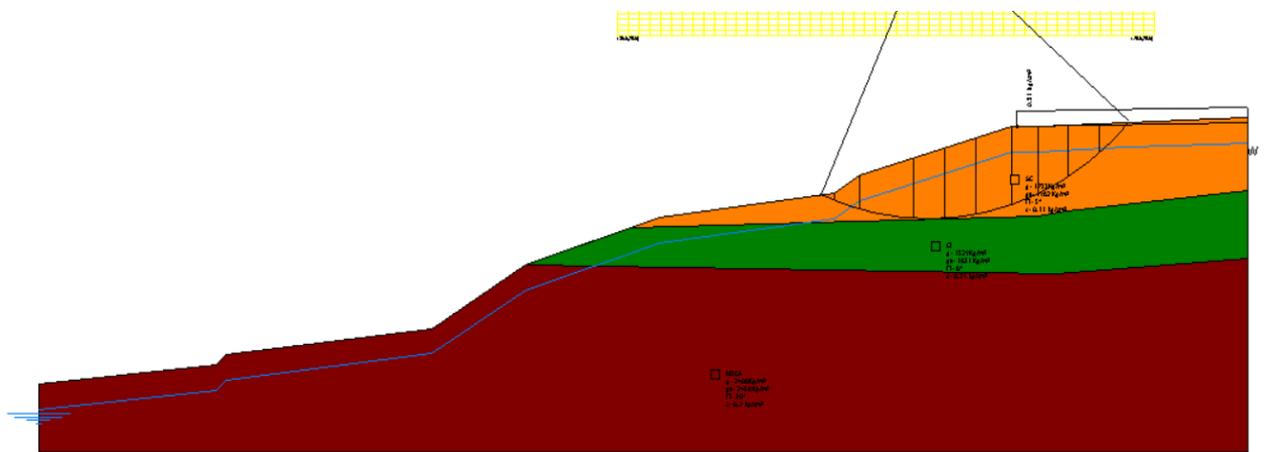


Figura 20. Perfil 4.

Fuente: Geostru,2016.

Elaborado por: Autora

Tabla 16. Características geotécnicas perfil 4.

No.	Clasificación	Peso específico (kg/m3)	Peso saturado (kg/m3)	Cohesión (kg/cm2)	Ángulo de rozamiento interno (°)	Permeabilidad
1	SC	1733	1962	0.11	5	Impermeable
2	CL	1529	1631	0.21	6	Impermeable
3	ROCA	2400	2450	0.20	30	Impermeable

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS**

#### 4.1. Resultado modelación del programa Geostru

Del paquete de GeoStru (2016), se modeló los perfiles del talud con el programa Slope con los métodos de Bishop y Spencer, ingresando los parámetros geotécnicos obtenidos tanto en campo como en laboratorio, como son, cohesión, densidad, peso específico, ángulo de rozamiento, permeabilidad, así como la clasificación de suelo de acuerdo al método S.U.C.S., y para el muro con el programa MDC, se chequea los coeficientes de seguridad de vuelco, deslizamiento y carga última, obteniendo los factores de seguridad que se muestran en la tabla 17.

En el anexo 9 se presentan los cuatro perfiles modelados en el programa.

Tabla 17. Factor de seguridad

Detalle	Factor de seguridad Bishop	Factor de seguridad Spencer
Perfil 1. Talud 1	0.67	0.70
Perfil 2. Talud 2	1.13	1.13
Perfil3. Talud 3	0.88	0.88
Perfil 4. Talud 4	0.91	0.91

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora.

Los perfiles (1-3) y (2-4) son un solo perfil que se dividió en dos con el fin de analizar la estabilidad y la carga ejercida sobre la vía y la estabilidad bajo la misma como se detalla en el anexo 8, de esta manera se obtienen resultados de inestabilidad de los perfiles 1,3 y 4, y estabilidad sobre la vía en el perfil 4, analizados con el método de aproximación de Bishop y el método preciso de Spencer, los cuales arrojan valores semejantes, aunque su forma de análisis sea distinta.

La inestabilidad se debe al factor desencadenante infiltración, ya que, al hallarse fisuras pre existentes en los estratos, la estabilidad del talud se ve afectada por la modificación de las propiedades del suelo en condiciones normales, la infiltración de agua se da por 1)precipitación que alimenta la 2)presencia de bebederos o pozos de consumo animal que no se construyeron bajo ninguna norma, de esta manera se da origen a las aguas subterráneas, siendo más bien un tipo albarrada o humedal artificial que se llena mediante un proceso de lenta acumulación de agua lluvia proveniente de las escorrentías propias de la topografía del sector, que se da en una zona casi plana para dar paso a la infiltración como se muestra en la figura 21 y en la foto 8.



Foto 8. Humedales artificiales de la zona en estudio

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora.

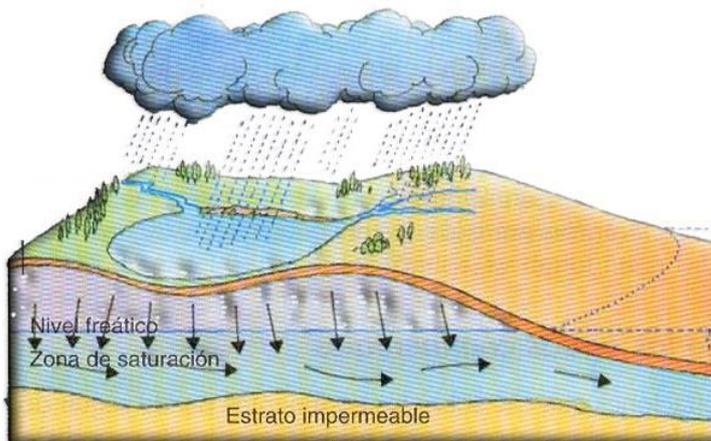


Figura 21. Agua subterránea.

Fuente: Collazo&Montaño,.,2012

Elaborado por: Collazo&Montaño,.,2012

El tercer factor antrópico es la fuga de agua de la tubería de agua potable proveniente de Shucos que sufrió una variante cuando se construyó la estructura de la vía por la geometría de la misma y es posible que el agua fugada este filtrando en la misma dirección que el agua subterránea que se forma de la construcción de los bebederos de animales, 4) al no existir alcantarillado sanitario ni pluvial, todas las aguas negras de las construcciones aledañas van a un pozo séptico el cual alimenta el agua subterránea que está fluyendo hacia la vía, afectando de esta manera las propiedades geotécnicas del suelo.

## 4.2. Propuestas de corrección

Todos los métodos correctivos siguen una o más de las siguientes líneas de acción:

a) Evitar la zona de falla

Suele estar ligado a cambios en el alineamiento de la vía, sea el horizontal o el vertical, a la remoción total de los materiales estables o a la construcción de estructuras que se apoyen en zonas firmes, tales como puentes o viaductos.

b) Reducir las fuerzas motoras

Se puede lograr con la remoción de material en la parte apropiada de la falla y subdrenaje, para disminuir el efecto de empujes hidrostáticos y el peso de las masas de tierra.

c) Aumentar las fuerzas resistentes.

El subdrenaje aumenta la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, la eliminación de estratos débiles, la construcción de estructuras de retención u otras restricciones y el uso de tratamientos, generalmente químicos, para elevar la resistencia de los suelos al deslizamiento.

Con estos antecedentes y con las condiciones antes descritas es necesario estabilizar la zona de deslizamiento, para lo cual se propone:

- 1) Realizar una campaña de socialización a las personas que habitan el sector, sobre cómo la mala práctica de construcciones sin normativas de las lagunas artificiales afecta la estructura de la vía para de esta manera implementar medidas de impermeabilización con geotextiles en los bebederos para animales, realizando además drenajes para evacuar las aguas cuando existe desborde de las mismas.
- 2) Realizar un cambio de estrato a lo largo de la vía, construyendo un pedraplén, sobre el mismo un geotextil y luego material de mejoramiento a lo largo de la falla (30m) y a lo ancho del carril (3.65m), brindando así la característica de material drenante para facilitar el paso del agua que está infiltrando desde la corona de la ladera.
- 3) Construir un muro de hormigón armado en la coordenada 9560475 N -695501E con una cota de cimentación de 2154 m a lo largo de la zona de falla de estudio incluyendo un drenaje adecuado para estabilizar la estructura de la vía, se hace un análisis en el programa Slope para mejorar la estabilidad del talud, obteniendo los factores que se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Factor de seguridad con la implementación de un muro de contención

Detalle	Factor de seguridad Bishop	Factor de seguridad Spencer
Perfil 3. Talud 3 con muro	1.44	1.59
Perfil 4. Talud 4 con muro	1.42	1.47

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Se detalla en el anexo 10.

### 4.3. Validación del diseño

Con ayuda del programa MDC del paquete Geostru, se modela el muro de contención necesario para estabilizar la estructura de la vía de la zona de estudio, corroborando los coeficientes de seguridad por vuelco >2 y el coeficiente de seguridad por deslizamiento >1.5 como establece la norma ecuatoriana de la construcción, como se detalla en el anexo 11, con la siguiente forma de cálculo, del cálculo del empuje activo de Coulomb.

El cálculo del empuje activo con el método de Coulomb se basa en el estudio del equilibrio límite global de un sistema cuyos componentes son el muro y la cuña de terreno homogéneo detrás de la obra implicada en la rotura, asumiendo una pared rugosa.

Para terreno homogéneo y seco el diagrama de las presiones es lineal con distribución:

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z \quad (\text{ecuación 4.1.})$$

El empuje  $S_t$  se aplica a  $1/3 H$  con valor

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_a \quad (\text{ecuación 4.2.})$$

Habiendo indicado con:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \varphi)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2} \quad (\text{ecuación 4.3.})$$

Valores límites de  $K_a$ :

$$d < (\beta - \varphi - \varepsilon) \text{ según Muller-Breslau} \quad (\text{ecuación 4.4.})$$



excepción del hecho que omitió el rozamiento terreno-muro y la presencia de cohesión. En su formulación general y la expresión de  $K_a$  de Rankine se presenta como sigue:

$$K_a = \cos \varepsilon \frac{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}}{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}} \quad (\text{ecuación 4.6.})$$

### Cálculo del empuje activo con Mononobe & Okabe

El cálculo del empuje activo con el método de *Mononobe & Okabe* comprende el análisis del empuje en condiciones sísmicas con el método pseudo-estático. El mismo se basa en el estudio del equilibrio límite global de un sistema cuyos componentes son el muro y la cuña de terreno homogéneo detrás de la obra implicada en la rotura, con una configuración ficticia de cálculo en la cual el ángulo  $\varepsilon$ , de inclinación del plano del terreno respecto al plano horizontal, y el ángulo  $\beta$ , de inclinación de la pared interna respecto al plano horizontal pasante por el pie, se aumentan en una cantidad  $\theta$  tal que:

$$\tan \theta = \left( \frac{k_h}{1 \pm k_h} \right) \quad (\text{ecuación 4.7.})$$

Donde:

$k_h$  coeficiente sísmico horizontal

$k_v$  coeficiente sísmico vertical.

En ausencia de estudios específicos, los coeficientes  $k_h$  y  $k_v$  deben ser calculados como:

$$k_h = \frac{S \cdot a_g}{R}; k_v = 0.5 \cdot k_h \quad (\text{ecuación 4.8.})$$

Donde:

$S \cdot a_g$  representa el valor de aceleración sísmica máxima del terreno para las diversas categorías de perfil estratigráfico.

$R$  puede ser asignado el valor  $R = 2$  en el caso de obras suficientemente flexibles (muros libres de gravedad), mientras que en todos los otros casos es igual a 1 (muros en hormigón armado resistentes a flexión, muros en h.a. con pilotes o anclajes, muros de sótano).

### Efecto a causa de cohesión

La cohesión induce presiones negativas constantes iguales a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \quad (\text{ecuación 4.9.})$$

Sin la posibilidad de establecer a priori la disminución en el empuje por efecto de la cohesión, ha sido calculada una altura crítica  $Z_c$ :

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}}{\gamma} \quad (\text{ecuación 4.10.})$$

Donde:

Q = Carga agente en el terraplén.

Si  $Z_c < 0$  el efecto se puede aplicar directamente como un decremento cuyo valor es:

$$S_c = P_c \cdot H \quad (\text{ecuación 4.11.})$$

Aplicable en  $H/2$ .

### Carga uniforme sobre el terraplén

Una carga Q, uniformemente distribuida sobre el plano terreno induce presiones constantes iguales a:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)} \quad (\text{ecuación 4.12.})$$

Por integración, un empuje igual a  $S_q$ :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)} \quad (\text{ecuación 4.13.})$$

Aplicable en el punto  $H/2$ , habiendo indicado con  $K_a$  el coeficiente de empuje activo según *Muller-Breslau*. (ecuación 4.3.4)

## Empuje activo en condiciones sísmicas

En presencia de sismo la fuerza de cálculo ejercida por el terraplén sobre el muro está dada por:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot KH^2 + E_{ws} + E_{wd} \quad (\text{ecuación 4.14.})$$

Donde:

- H      Altura de la pared;
- $k_v$     Coeficiente sísmico vertical;
- g      Peso específico del terreno;
- K      Coeficiente de empuje activo total (estático + dinámico);
- $E_{ws}$     Empuje hidrostático del agua;
- $E_{wd}$     Empuje hidrodinámico.

En terrenos impermeables el empuje hidrodinámico  $E_{wd} = 0$ , pero viene efectuada una corrección en el valor del ángulo  $\theta$  de la fórmula de Mononobe & Okabe tal que:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v} \quad (\text{ecuación 4.15.})$$

En los terrenos de alta permeabilidad en condiciones dinámicas vale siempre la corrección anterior, pero el empuje hidrodinámico toma la siguiente expresión:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2 \quad (\text{ecuación 4.16.})$$

Con H altura del agua medida a partir de la base del muro.

## Empuje hidrostático

El nivel freático con superficie distante  $H_w$  desde la base del muro induce presiones hidrostáticas normales en la pared que, a la profundidad  $z$ , se expresan de la siguiente manera:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z \quad (\text{ecuación 4.17.})$$

Con resultados iguales a:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2 \quad (\text{ecuación 4.18.})$$

El empuje del terreno sumergido se obtiene sustituyendo  $\gamma_t$  con  $\gamma'_t$  ( $\gamma'_t = \gamma_{\text{saturado}} - \gamma_w$ ), peso eficaz del material sumergido en agua.

### Resistencia pasiva

Para terreno homogéneo el diagrama de las presiones es lineal, del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z \quad (\text{ecuación 4.19.})$$

Por integración se obtiene el empuje pasivo:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p \quad (\text{ecuación 4.20.})$$

Habiendo indicado con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\phi + \beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \cdot \sin(\phi + \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2} \quad (\text{ecuación 4.21.})$$

(Muller-Breslau) con valores límites de  $\delta$  iguales a:

$$\delta < \beta - \phi - \varepsilon \quad (\text{ecuación 4.22.})$$

L'espressione di  $K_p$  secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\phi}}{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\phi}} \quad (\text{ecuación 4.23.})$$

## Carga última de cimentaciones superficiales sobre terreno

### **VESIC - Análisis de corto plazo**

Para que la cimentación de un muro pueda resistir la carga de proyecto con seguridad con respecto a la rotura general se debe cumplir la siguiente desigualdad:

$$V_d \leq R_d \quad (\text{ecuación 4.24.})$$

Donde:

$V_d$  es la carga de proyecto, normal en la base de la cimentación, comprendiendo también el peso del muro.

$R_d$  es la carga última de proyecto de la cimentación con respecto a las cargas normales, teniendo en cuenta también del efecto de cargas inclinadas o excéntricas.

En el examen analítico de la carga última de proyecto  $R_d$  se tienen que considerar las situaciones a corto y a largo plazo de los suelos de grano fino. La carga última de proyecto en condiciones no drenadas se calcula como:

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q \quad (\text{ecuación 4.25.})$$

Donde:

$A' = B'L'$  Área de la cimentación eficaz de proyecto, entendida en caso de carga excéntrica, como el área reducida en cuyo centro se aplica el resultado de la carga.

$c_u$  Cohesión no drenada;

$q$  Presión litostática total en el plano de cimentación;

$s_c$  Factor de forma;

$s_c = 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$  en cimentaciones rectangulares, el valor de  $s_c$  se asume igual a 1 con cimentaciones continuas

$d_c$  Factor de profundidad;

$d_c = 0.4 \cdot K$  con  $K = \frac{D}{B}$  si  $\frac{D}{B} \leq 1$  ó si no  $K = \arctan \frac{D}{B}$

$i_c$  Factor correctivo de la inclinación de la carga debido a una carga  $H$ ;

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c} \quad (\text{ecuación 4.26.})$$

$A_f$  Área eficaz de la cimentación;

$c_a$  Adherencia a la base, igual a la cohesión o a una fracción de la misma.

### VESIC - Análisis de largo plazo

En condiciones drenadas la carga última de proyecto se calcula como a continuación:

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma \quad (\text{ecuación 4. 27.})$$

Donde:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi'$$

(ecuación 4.28)

(ecuación 4.29)

(ecuación 4.30)

### Factores de forma

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \phi' \quad \text{para formas rectangulares} \quad (\text{ecuación 4.31.})$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{para formas rectangulares} \quad (\text{ecuación 4.32.})$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{para formas rectangulares, cuadradas o circulares} \quad (\text{ecuación 4.33.})$$

### Factores inclinación resultante debida a una carga horizontal H paralela a B'

$$i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi'}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

(ecuación 4.34)

(ecuación 4.35)

(ecuación 4.36)

(ecuación 4.37)

### Factores de profundidad

$$d_c = 1 + 0.4K \quad (\text{ecuación 4.38})$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi) \cdot K \quad (\text{ecuación 4.39})$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ ó si no } K = \arctan \frac{D}{B} \quad (\text{ecuación 4.40})$$

$$d_\gamma = 1$$

### HANSEN - Análisis de corto plazo

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u (1 + s_c + d_c - i_c) + q \quad (\text{ecuación 4.41})$$

Donde:

$A' = B' L'$  área de la cimentación efectiva de proyecto, entendida en caso de carga excéntrica, como el área reducida en cuyo centro se aplica el resultado de la carga.

$c_u$  Cohesión no drenada;

$q$  Presión litostática total en el plano de cimentación;

$s_c$  Factor de forma,  $s_c = 0$  para cimentaciones continuas;

$d_c$  Factor de profundidad;

$$d_c = 0.4 \cdot K \text{ con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ ó si no } K = \arctan \frac{D}{B} \quad (\text{ecuación 4.42})$$

$i_c$  Factor correctivo de la inclinación de la carga;

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \quad (\text{ecuación 4.43})$$

$A_f$  Área efectiva de la cimentación;

$c_a$  Adherencia a la base, igual a la cohesión o a una fracción.

### HANSEN- Análisis de largo plazo

En condiciones drenadas la carga última de proyecto se calcula como a continuación:

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma \quad (\text{ecuación 4.44})$$

Donde:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

(ecuación 4.45)

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi'$$

(ecuación 4.46)

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi'$$

(ecuación 4.47)

### Factores de forma

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \phi' \quad \text{para formas rectangulares} \quad \text{(ecuación 4.48)}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{para formas rectangulares} \quad \text{(ecuación 4.49)}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{para formas rectangulares, cuadradas o circulares.} \quad \text{(ecuación 4.50)}$$

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1 \quad \text{para cimentaciones continuas} \quad \text{(ecuación 4.51)}$$

### Factores de inclinación resultante debida a una carga horizontal H paralela a B'

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^3 \quad \text{(ecuación 4.52)}$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^3 \quad \text{(ecuación 4.53)}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad \text{(ecuación 4.54)}$$

### Factores de profundidad

$$d_c = 1 + 0.4K \quad \text{(ecuación 4.55)}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \cdot K \quad \text{(ecuación 4.56)}$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ si } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ ó si no } K = \arctan \frac{D}{B} \quad \text{(ecuación 4.57)}$$

$$d_\gamma = 1$$

### Solicitaciones muro

Para el cálculo de las solicitaciones el muro ha sido separado en n-tramos en función de las

secciones significativas y para cada tramo han sido calculados los empujes del terreno (evaluados según un plano de rotura pasante por el paramento interno), los resultados de las fuerzas horizontales y verticales y las fuerzas inerciales.

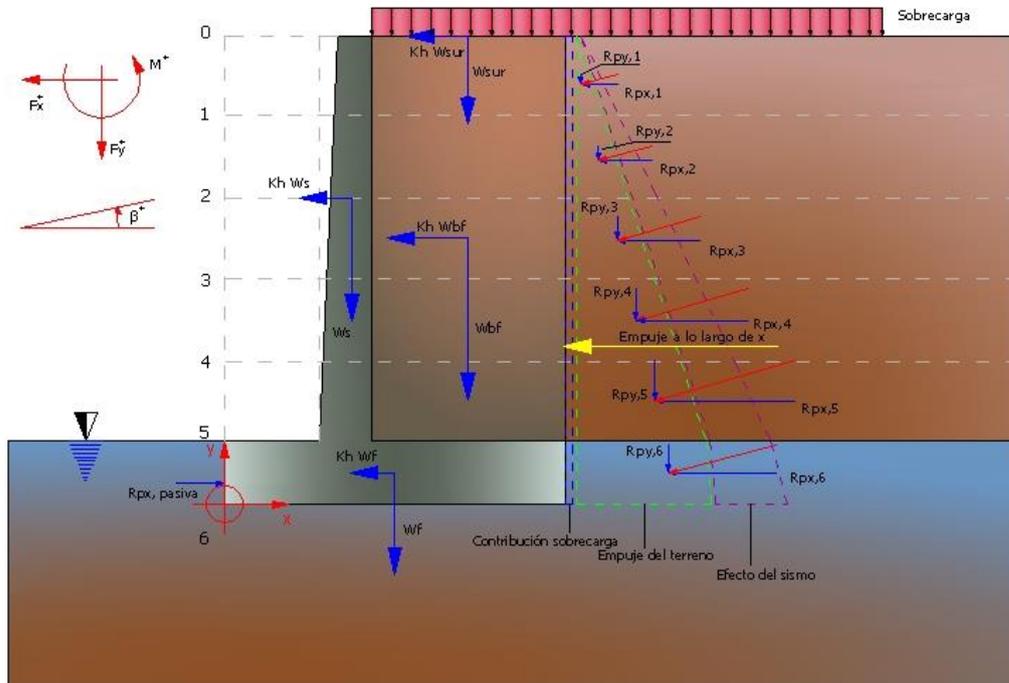


Figura 23. Esquema de las fuerzas agentes en un muro y convenciones de los signos

Fuente: Geostru,2016.

Elaborado por: Geostru,2016.

### Cálculo de los empujes para las verificaciones globales

Los empujes se han calculado suponiendo un plano de rotura pasante por el intradós de la ménsula, la puntera. Tal plano ha sido dividido en *n*-tramos.

#### Convenciones seños

- Fuerzas verticales** Positivas si van de arriba abajo;
- Fuerzas horizontales** Positivas si van del interno hacia el externo;
- Pares** Positivos si van en contra de las manecillas del reloj;
- Ángulos** Positivos si van en contra de las manecillas del reloj.

Se realiza una validación del diseño del dimensionamiento del muro con una hoja electrónica elaborada para el caso de análisis la cual se detalla en el anexo 11, cumpliendo los

coeficientes de seguridad por vuelco y deslizamiento, además se proporciona un tentativo armado del mismo como se indica en el anexo 12.

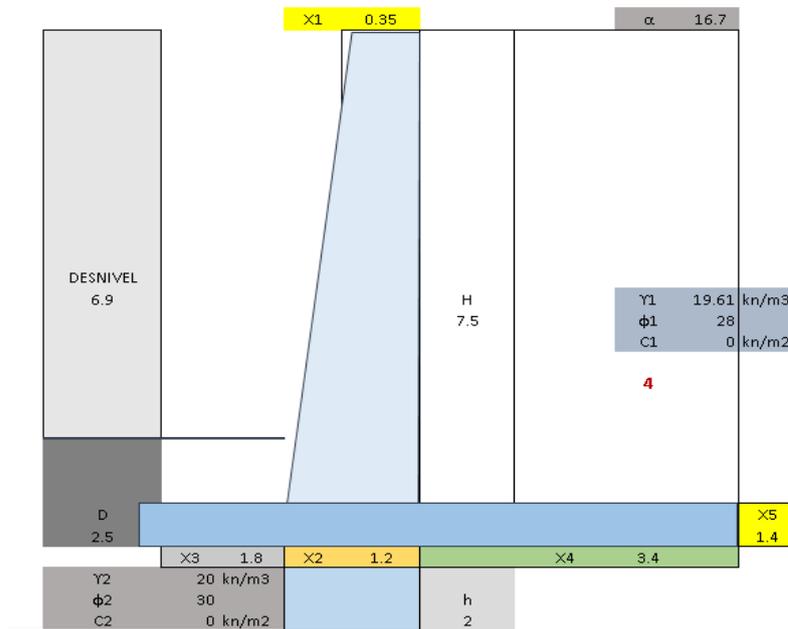


Figura 24. Dimensionamiento muro

Fuente: Autora.

Elaborado por: Autora

#### Presupuesto de construcción medida de mitigación

Como complemento se presenta el presupuesto tentativo de construcción del muro de hormigón a implantarse en el lugar del deslizamiento, sin incluir el drenaje que es un plano fundamental para la construcción del muro.

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
Replanteo y Nivelación	150	m2	1.2	180
Excavación y desalojo con máquina para mejoramiento de suelo	787.5	m3	8	6300
Relleno compactado con mejoramiento	931.5	m3	16	14904
Geotextil	33.5	m2	1.2	40.2
Pedraplen	63	m3	16	1008
Hormigón estructural	500	m3	190	95000
Acero de refuerzo	4190	kg	2.05	8589.5
			<b>Total</b>	<b>126021.7</b>

## CONCLUSIONES

- La estructura de la vía está conformada por hormigón hidráulico de 23 cm y bajo ésta una capa de material de mejoramiento que fluctúa entre 20 y 60 cm de material sin clasificar, por lo tanto las capas de la estructura del pavimento que debieron aplicarse en el proyecto no se sujetan a los requerimientos técnicos indicados en las especificaciones generales del MTOP-001-F-2002, actualmente en vigencia, bajo las condiciones a las cuales fue diseñada que fueron hormigón hidráulico 23 cm, subbase granular clase 3 capa de 15 cm y mejoramiento capa de 40 cm.
- Al contar con suelos que tienen una capacidad de soporte (CBR) del 2%, el suelo obtiene una clasificación cualitativa de mala calidad, pudiendo usarse como subrasante siempre y cuando las capas que se coloquen sobre el mismo cumplan con las normas recomendadas de acuerdo a las cargas existentes.
- Se realizaron seis ensayos de clasificación de suelos (dos cabeza, dos media ladera y dos pie), dos ensayos de penetración estándar (SPT), uno al pie del talud y el segundo a la cabeza del talud de la falla de la estructura del pavimento, y cinco ensayos triaxiales no consolidados (UU, 2 cabeza, dos media ladera y 1 pie), de los que se definen tres estratos clasificados por SUCS como CH (arcillas inorgánicas de alta plasticidad), CL (arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad) y SC (arcillas arenosas).
- Los factores desencadenantes naturales para que exista un movimiento de masas en la zona de estudio son, humedad-desección, baja cohesión, saturación debido a fuerte precipitaciones que concluyen en infiltraciones no deseadas.
- Debido a las precipitaciones constantes, y factores antrópicos como las lagunas para uso de consumo animal, la saturación de suelos se da de manera rápida no deseada para dar paso a la formación de aguas subterráneas o niveles piezométricos altos.
- Las lagunas de consumo animal son consideradas también un factor desencadenante inducido, por el estancamiento de aguas debido al exceso de riegos.
- Son los factores intrínsecos aquellos que modifican las propiedades de los materiales que la constituyen cuando se presentan niveles freáticos altos, ya que se presentan cambios en el estado inicial de los esfuerzos.
- De los factores extrínsecos, se define la infiltración que se da por posibles fugas de la tubería de agua potable en el sector.
- La característica fundamental del deslizamiento se ha producido por la presencia de acuíferos alimentados por la infiltración de agua.

- Se evidencia el conocimiento de la infiltración de aguas en la estructura de la vía al colocar geotextil en la zona de afluencia de agua, sin embargo, al no contar con un estudio hidrológico de las micro cuencas aportantes en el sector, el geotextil se coloca de manera incorrecta ya que se lo coloca a 20 cm bajo el hormigón hidráulico y el agua fluye a 45 cm bajo el hormigón de la vía.
- Se evidencia la falta de drenajes a lo largo de la vía o su deficiente construcción o canalización de aguas.
- Los taludes excavados de forma escalonada con bermas y bancos tienen una errónea geometría, sin permitir que el agua fluya, se infiltra provocando movimientos de masas.
- La topografía de la zona donde atraviesa el paso lateral de Loja tiene la característica de ser muy irregular y accidentada lo cual ha provocado que dentro del diseño original existan cortes elevados que colaboran el incremento del riesgo en zonas de suelos con poca cohesión.
- La zona de estudio se encuentra en la formación el Trigal, de suelos arcillosos, café claro, en algunos sitios agrietados por disecación de los mismos. A mayor profundidad mayor consistencia de baja plasticidad, según SUCS clasificados como CL.
- Los resultados del deslizamiento del paso lateral de Loja contrastados con los datos de auscultación, permiten validar el análisis de estabilidad realizado. En este sentido los resultados, utilizando dos niveles de agua subterránea, son coherentes con lo que se observa del deslizamiento.
- El deslizamiento que se presenta es de forma rotacional, donde influye la secuencia geológica local, el perfil estratigráfico, naturaleza de materiales, por lo general en materiales arcillosos la falla se profundiza hasta llegar a un estrato más resistente o firme.
- En el caso de las laderas del sector de la vía de integración barrial, las construcciones realizadas en las laderas sin los permisos, requisitos de normativas para este tipo de proyectos producen cargas inadecuadas y al ser edificaciones clandestinas, en su mayor parte no disponen de instalaciones hidrosanitarias adecuadas sino de prácticas rudimentarias como fosas sépticas y además la construcción de fosas de consumo de animales provocan la saturación de suelos que a pesar de tratarse de suelos arcillosos en su mayoría producen infiltraciones importantes, sobre todo en épocas de invierno que pueden influir en fisuras pre existentes en este tipo de suelos y provocar la desestabilización de masas importantes de tierra, concluyendo así en el colapso de la vía y el deslizamiento del material que le acompaña.
- De los estudios de suelo y análisis de estabilidad ejecutados se desprende que la inestabilidad del talud y su movimiento de masas se produce por la acción del agua de

las lluvias de las épocas de invierno, así como las aguas de las fosas rudimentarias para consumo animal.

- El suelo presenta grietas al presenciarse arcillas que se contraen y se expanden por la infiltración de agua, tales suelos pueden ser sensibles al colapso de la estructura del suelo y fluye literalmente como un líquido viscoso ya que existen depósitos de arcillas ultra sensibles de bajo soporte.
- Se considera que es muy importante tener conocimiento en general de la superficie del terreno, si existe una grieta de tensión esto puede ocasionar grandes inconvenientes ya que esto afecta la estabilidad del talud, por lo cual ocasiona el colapso del mismo, se calcula los estados de equilibrio límite para así poder obtener el factor de seguridad mínimo.
- Los métodos de equilibrio límite que satisfacen todas las condiciones de equilibrio presentan ventajas y desventajas, Spencer, es el más consistente numéricamente, conveniente para realizar cálculos y modelos con software, pero laborioso y dificultoso para el estudio manual.
- Los diversos métodos que son utilizados en el análisis de estabilidad son de gran utilidad ya que cada uno permite encontrar el factor de seguridad aunque hay que tener en cuenta que dicho valor puede variar según la geometría del terreno y el método utilizado, se puede considerar que el método de Bishop es preciso y a su vez uno de los más utilizados en el campo gracias a su sencillez en el momento de realizar los cálculos, a su vez los métodos de Spencer y Morgenstern y Price son los métodos más precisos aunque no hay una gran variedad con Bishop a la hora de obtener el factor de seguridad pero con respecto a la complejidad del método si existe una gran diferencia.
- Existe una gran similitud entre los valores analizados del factor de seguridad por el método de Bishop y el método de Spencer escogidos para realizar la comparación del cálculo del factor de seguridad.
- Se obtienen valores menores a la unidad del factor de seguridad de los perfiles 1,3 y 4, lo que indica una clara inestabilidad del sector de estudio.
- En el estudio se considera un coeficiente de drenaje  $C_d=1.1$  (calidad de drenaje de excelente a buena) considerando que el pavimento estaría expuesto entre 5% a 25% de humedad, pero éste coeficiente de drenaje debería tomarse luego de realizar un estudio hidrológico de la vía, y de acuerdo a las microcuencas aportantes de aguas determinar el porcentaje de humedad al que estaría expuesto, ya que en este caso se consideraría visualmente un coeficiente  $C_d$  que como resultado daría una calidad de drenaje de pobre a muy pobre.

- Se aprovecharía la construcción de un muro de hormigón armado con una cota de cimentación de 2152m en las coordenadas 9560455 N- 695447 E, como medida de mitigación al deslizamiento encontrado en la zona de estudio para soportar las cargas que influyen a la estructura vial, realizando antes un cambio de estratos en el área a intervenir, en la que sería conveniente incluir un pedraplen, colocación de geotextil y un material de mejoramiento, con los drenes adecuados para canalizar el agua que infiltra del talud que se encuentra en cotas superiores a la vía.
- Con la implementación del muro, al realizar el análisis de estabilidad se obtienen valores del factor de seguridad mayores a la unidad, lo que representa que la medida de mitigación, en este caso el muro de hormigón armado, sería factible para la estabilidad del talud y el sostenimiento de la estructura de la vía.
- El cambio de suelos se realizaría debido a las características del suelo que actualmente componían la estructura de la vía y q no son adecuadas, entre ellas se encontró arcillas expansivas que producen grietas por su expansión-contracción para dar paso a la infiltración de agua.

## RECOMENDACIONES

- El resultado del desplazamiento de un talud puede ser a menudo catastrófico, con la pérdida considerable de bienes y vida humana, por lo que es recomendable que la estabilidad se asegure aun cuando el costo inicial sea elevado.
- El material de mejoramiento debe cumplir con las recomendaciones de subbase clase 3 (MTOF-001-F-2002) a usar en la estructura de la vía que son las características geotécnicas modeladas en el programa Slope y Mdc del paquete Geostru para que cumpla su función también como material drenante.
- Es necesario tomar en cuenta que un estudio vial debería contar además de los diseños y estudios, geométricos, ambientales, de curvas de masa, de clasificación de suelos, etc., el estudio de estabilidad de taludes, buscando factores detonantes que puedan culminar en movimiento de masa para mitigar en la fase de construcción de la estructura de la vía.
- Los estratos que se encuentran bajo la estructura de la vía deben ser supervisados para que cumplan con las características específicas diseñadas, para que de esta manera cumplan la función a la cual fueron delineados.
- Independientemente del método o programa de cálculo utilizado para analizar la estabilidad de un talud, la validez de sus resultados dependerá siempre de la fiabilidad de los datos de ensayos de suelos.
- La selección de un determinado factor de seguridad debe ser en función del tipo de obra a realizar, considerando importancia, nivel de riesgo y efecto de posible deslizamiento.
- Se debería analizar los cortes de los taludes existentes a lo largo de la vía ya que al presentarse un deficiente diseño el agua no fluye correctamente, se infiltra desencadenando en movimientos de masas.
- La socialización de buenas prácticas con la construcción para bebedores de animales evitaría el mayor flujo de infiltración que modifica las características geotécnicas del suelo.
- La conformación de la estructura de la vía debería cumplir las características apropiadas para que no existan problemas por las propiedades del mismo.
- Debería realizarse un amplio estudio hidrológico para un diseño completo de drenajes que deberían implementarse para la correcta canalización de las aguas que infiltran hacia la estructura de la vía antes de la construcción del muro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. (2009) Estudio de factibilidad, impactos ambientales e ingeniería definitivos para la construcción del paso lateral de la ciudad de Loja.
- Almaguer, Y. (2006) Evaluación de la susceptibilidad del terreno a la rotura por desarrollo de deslizamiento en el yacimiento Punta Gorda. Mineralogía y Geología. V22,n.2.
- Alonso, E. (1989) Análisis de estabilidad de taludes y laderas naturales. Monografía 3. Sociedad Española de Geomorfología.97-118
- Alonso, E. (1989) Métodos generales de equilibrio límite. Monografía 3.Sociedad española de Geomorfología. 119-166.
- Ayala, F.J., Andreu, F.J., Fe, M., Ferrer, M., de Simón, A., Fernández, I., Olalla, C., Gómez, J., Sanpedro, J. y Cienfuegos, F.J.(1987) "Manual de Taludes". Serie Geotecnia. IGME. Madrid. 456.
- Bañón, L., & Beviá, J. (n.d.). Manual de carreteras construcción y Mantenimiento.
- Brabb, E. (1989) Landslides, Extent and economic significance in the United States. Harrod, Netherlands.25-50.
- Carrillo Gil, A. (2011) Riesgo geotécnico en los Andes peruanos. Scientia : revista del Centro de Investigación de la Universidad Ricardo Palma.
- Collazo, M., Montaña, J. (2012) Manual de Agua subterránea. Montevideo.
- Correa, R.(2017) Enlace ciudadano. Entrega del paso lateral de Ambato.
- Corominas, J. (1984) Tipos de rotura en laderas y taludes. Cataluña.
- Corominas, J & Alonso, E. (1984) Inestabilidad de laderas en el Pirineo Catalán. Tipología y Causas. Jornadas sobre inestabilidad de laderas en el Pirineo. Universidad Politécnica de Barcelona.
- Cruden, D. & Varnes, D.(1996) Landslide types and processes. Transportation Research board special report 247. National Academy Press. Washington D.C. 36-75.
- Cruzado,V. (1982) The relation between the geomorphology, The Loess-cover thickness and soils in the zoni forest. Belgium.18-19.
- Cuanalo,C.,Quezada,P.,Aguilar,A.,Oliván,A., Barona, E.(2006) Sismos y llluvias, factores detonantes de deslizamientos de laderas en las regiones montañosas de Puebla, México.e-Gnosis(online) Vol.4,Art.13.
- Donayre, O.(2015) Estabilidad de Taludes. Universidad Ricardo Palma. Lima.
- Espinoza Torrejón, R. D.(1986) Modelo general de análisis de estabilidad de taludes para superficies de falla circulares. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Ferrer, M. (1988) Inestabilidad den una ladera afectada por una cantera en los Garres(Murcia). II Simposio sobre taludes y laderas inestables.31-40.
- García, M. (2001) Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Especialización en Evaluación de Riesgos y Prevención de Desastres. Bogotá D.C.
- Geostru.(2016) Romania. Copyright.
- Grupo Geotecnia. Introducción a la Geotecnia: Tipos y propiedades generales de los suelos. Universidad de Cantabria.
- Gutiérrez, E. (2008) Geomorfología. Prentice Hall.España.233-274
- Gutiérrez, F. Arauzo,T. Sancho, C. Gutiérrez,M. (1995) Factores desencadenantes de los deslizamientos de la cantera del barrio de la corona. Universidad de Zaragoza. Cuaternario y Geomorfología,9 (3-4), 33-50.
- Hamel. , J.V., Stability of slopes in soft, altered rocks, University of Pittsburg, PhD Thesis.
- Hansen,M. (1984) Strategies for classification of landslides.
- Heras, R.(1970) "Manual de Hidrología". Centro de estudios hidrográficos. Madrid.
- Holtz & Kovacs. An Introduction to Geotechnical Engineering.
- Hungerbuhler, D., Eguez, A., Peterson, D. E., Helg, U., & Hammer, C. (2002). Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador.
- Loor, M., & Pérez, L. (2016). Estabilidad de taludes para un diseño de un relleno sanitario manual para una población de 5000 habitantes. Santa Elena
- Matteis, A. (2003) Estabilidad de Taludes. Universidad Nacional de Rosario.
- Ministerio de Obras públicas y comunicaciones. (1999) Estudio de estabilidad de taludes. Departamento de geotecnia. Quito.
- Meli, R., De la cruz, S., & Lugo, J. (1996). Evaluación de procesos de deslizamientos de laderas naturales. CENAPRED.
- Montero, J. (1901)Riesgos de origen geológico y geomorfológico: deslizamientos de tierras, identificación, análisis y prevención de sus consecuencias. Granada.
- Norma ASTM D3282. Clasificación normalizada de suelos y mezclas de agregados para la construcción de carreteras.
- Norma ecuatoriana de la construcción. NEC. Cargas sísmicas Diseño sismo resistente
- Norma ecuatoriana de la construcción. NEC. Geotecnia y Cimentaciones.
- Novotný, J. (1978). VARNES LANDSLIDE CLASSIFICATION, (November)
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (1988) Biblioteca Virtual de Salud y Desastres.

- Ortuño, L. (2004) Estabilidad de taludes en suelo. Cálculo. Sevilla.
- Paredes, L. (2010) Geomecánica. Universidad de Chile.
- Popescu, M.E.(1999) Landslide Causal Factors and Landslide Remedial Options Illinois Institute of Technology, Chicago, USA.
- Programa de las naciones unidas para el medio ambiente & Municipio de Loja & Naturaleza y cultura internacional. (2007). Perspectivas del medio ambiente urbano: Geo Loja.
- Puca, D. (2015). Estudio de las condiciones del talud en la venida Rodrigo Pachano y Julio Enrique Paredes del cantón Ambato, provincia de Tungurahua y su incidencia en la seguridad de los habitantes del sector y usuarios de la vía.
- Reglamento CIRSOC 401, Cap.8. pp 167
- SENPLADES. (2014). Ficha de cifras Generales Loja.
- Soto, J., Ruano, P., Lamas, F., Galindo, J., Tamay, J., Guartán, J., ... Paladines, A. (2010). Geometría y estructuras de la cuenca neógena de Loja a partir de datos gravimétricos ( Andes Ecuatorianos ), 215–218.
- Suarez, J. (1989). Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos, 1–36.
- Sieron,K. (2014)Mecanismos asociados a la inestabilidad de laderas: factores que condicionan y desencadenan los deslizamientos. Centro de ciencias de la Tierra Universidad Veracruzana.
- Soto, J., Ruano, P., Lamas, F., Galindo, J., Tamay, J., Guartán, J., ... Paladines, A. (2010). Geometría y estructuras de la cuenca neógena de Loja a partir de datos gravimétricos ( Andes Ecuatorianos ), 215–218
- Spencer, E. (1967). A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel interslice forces. Géotechnique, 17(1): 11–26.
- Springall,R.(1976) “Hidrología”. Universidad autónoma de México.
- Suarez, J. (1989). Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos, 1–36.
- Tello, A.(2014) Partes de una vía.Universidad de Huanuco. E.A.P. Ingeniería Civil.
- US Arm Corps of engineers (2003). Engineering and Design. Slope Stability.
- USBR (1974). Propiedades ingenieriles de suelos compactados, clasificación de acuerdo al sistema unificado.
- Varnes, D. (1984) Landslide hazard zonation, A Review of principles and practice. UNESCO Press. Paris. France. 1- 63.
- Varnes,D. (1978).Slope movement types and processes. Transportation research board special report 176,11-33. Washington D.C.

## Referencias electrónicas

- Diario La Hora. (2017). MTOP no se espanta por mal estado del Paso Lateral. Loja: Diario la Hora. Retrieved from [http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1102026670/-1/%0D%0A%09El\\_Paso\\_Lateral\\_de\\_Loja\\_tiene\\_dos\\_caras%2C\\_pues\\_a\\_pesar\\_de\\_ser\\_una\\_obra\\_nueva%2C\\_de\\_condiciones\\_%26uacute%3Bnicas\\_en\\_cuanto\\_a\\_dimensi%26oacute%3Bn\\_y\\_materiales%2C\\_este\\_proyecto\\_presenta\\_problemas\\_relevantes\\_en\\_tramos\\_espec%26iacute%3Bficos\\_que\\_no\\_han\\_podido\\_ser\\_sol.html](http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1102026670/-1/%0D%0A%09El_Paso_Lateral_de_Loja_tiene_dos_caras%2C_pues_a_pesar_de_ser_una_obra_nueva%2C_de_condiciones_%26uacute%3Bnicas_en_cuanto_a_dimensi%26oacute%3Bn_y_materiales%2C_este_proyecto_presenta_problemas_relevantes_en_tramos_espec%26iacute%3Bficos_que_no_han_podido_ser_sol.html)
- GeoStru. (2016). Estabilidad de taludes. Retrieved from <http://www.geostru.eu/es/estabilidad-de-taludes/>
- Invierno vulnera a la estabilidad de taludes en paso lateral de Ambato. (2017). Ambato: Diario El Telégrafo. Retrieved from <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/invierno-vulnera-la-estabilidad-de-taludes-en-paso-lateral-de-ambato>
- Loja, C. de. (2017). 5 fallas geológicas atacan a Paso Lateral de Loja. Loja: Diario Crónica de Loja. Retrieved from <http://www.cronica.com.ec/informacion-2/ciudad/item/15430-5-fallas-geologicas-atacan-a-paso-lateral-de-loja>
- Presidencia del Ecuador. (2017). Entrega del paso lateral de ambato, 1–5. Retrieved from <http://www.presidencia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/2017.01.19-DISCURSO-ENTREGA-DEL-PASO-LATERAL-DE-AMBATO.pdf>
- Proyecciones Poblacionales \_ Instituto Nacional de Estadística y Censos. (n.d.). Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- The Geological Society. (n.d.). geological society. Retrieved from [http://www.ukgeohazards.info/pages/eng\\_geol/landslide\\_geohazard/eng\\_geol\\_land\\_slides\\_classification.htm](http://www.ukgeohazards.info/pages/eng_geol/landslide_geohazard/eng_geol_land_slides_classification.htm)
- Tiempo, D. el. (n.d.). Presidente critica falta de planificación en obras viales de Ambato. Diario el tiempo. Retrieved from <http://www.eltiempo.com.ec/noticias/ecuador/4/288161/presidente-critica-falta-de-planificacion-en-obras-viales-de-ambato>

## **ANEXOS**

**Anexo1.Plano de Ubicación**

**Anexo 2. Mapa geológico**

**Anexo 3. Mapa geomorfológico**

**Anexo 4. Puntos de ensayo**

**Anexo 5. Clasificación de suelo**

**Anexo 6. Resultado ensayo de penetración estándar**

**Anexo 7. Resultado ensayo triaxial**

## Anexo 8. Resultado de modelación SLOpe

### Anexo 8.1. Perfil 1 Talud 1. Bishop.

#### Análisis de Estabilidad de Taludes con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Número de estratos	3.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

#### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	5.71 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	14.51 m
Abscisa vértice derecho superior xs	34.86 m
Ordenada vértice derecho superior ys	22.76 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

#### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.73	-0.01
3	6.21	-0.1
4	10.56	-0.19
5	12.76	-0.04
6	15.51	3.53
7	25.48	6.96
8	30.02	9.88
9	31.47	10.56
10	32.56	11.56
11	33.35	12.56
12	34.07	13.56
13	35.79	14.56
14	37.95	15.56
15	41.06	16.56

#### Nivel freático

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.01
2	1.73	-2.02
3	6.21	-2.11
4	10.56	-2.2
5	12.76	-2.05
6	15.51	1.52
7	25.48	4.95
8	30.02	7.87
9	31.47	8.55

10	32.56	9.55
11	33.35	10.55
12	34.07	11.55
13	35.79	12.55
14	37.95	13.55
15	41.06	14.55

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.73	-0.01
3	6.21	-0.1
4	10.56	-0.19
5	12.76	-0.04
6	14.76	2.56
7	35.54	6.16
8	41.06	8.88
9	41.06	8.88

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.73	-0.01
3	6.21	-0.1
4	10.56	-0.19
5	12.76	-0.04
6	13.23	0.56
7	37.09	1.56
8	41.06	1.94
9	41.06	1.94

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.0
Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

**Estratigrafía**

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso de específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.25		6	1529	1555	CH
2	0.21		5	1529	1631	CL
3	0.11		5	1733	1962	SC

G0: Módulo de corte dinámico para pequeñas deformaciones; G: Módulo de corte dinámico; Dr: Densidad relativa; OCR: Grado de sobreconsolidación; IP: Índice de plasticidad

Estrato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	28.42
2	0	0	0	1	27.64
3	0	0	0	1	10.57

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	0.7
Abscisa centro superficie	20.87 m
Ordenada centro superficie	16.0 m
Radio superficie	18.5 m

**$x_c = 20.868$   $y_c = 15.998$   $R_c = 18.504$   $F_s = 0.668$**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.0	-27.7	1.13	529.94	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	1693.6	2082.3
2	2.75	-21.4	2.95	13563.51	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	17366.5	7136.4
3	4.53	-9.7	4.64	9695.73	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	52890.7	14494.9
4	2.76	1.7	2.76	37261.02	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	36994.8	9391.0
5	2.67	10.2	2.72	38895.67	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	37823.3	9426.2
6	2.85	19.1	3.01	44163.87	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	43066.6	10599.3
7	1.7	26.7	1.92	7478.04	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	27383.1	6713.7
8	1.45	32.3	1.72	23170.9	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	23670.7	5923.6
9	1.09	37.1	1.37	16995.59	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	17839.8	4585.2
10	6.81	64.6	15.89	99001.88	0.0	0.0	0.21	5.0	0.0	98562.7	62828.1

## Anexo 8.2. Perfil 1 Talud 1. Spencer.

### Análisis de Estabilidad de Taludes con: SPENCER (1967)

Normativa	NTC 2008
Número de estratos	3.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	5.71 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	14.51 m
Abscisa vértice derecho superior xs	34.86 m
Ordenada vértice derecho superior ys	22.76 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.73	-0.01
3	6.21	-0.1
4	10.56	-0.19
5	12.76	-0.04
6	15.51	3.53
7	25.48	6.96
8	30.02	9.88
9	31.47	10.56
10	32.56	11.56
11	33.35	12.56
12	34.07	13.56
13	35.79	14.56
14	37.95	15.56
15	41.06	16.56

### Nivel freático

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.01
2	1.73	-2.02
3	6.21	-2.11
4	10.56	-2.2
5	12.76	-2.05
6	15.51	1.52
7	25.48	4.95
8	30.02	7.87
9	31.47	8.55
10	32.56	9.55
11	33.35	10.55
12	34.07	11.55

13	35.79	12.55
14	37.95	13.55
15	41.06	14.55

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.73	-0.01
3	6.21	-0.1
4	10.56	-0.19
5	12.76	-0.04
6	14.76	2.56
7	35.54	6.16
8	41.06	8.88
9	41.06	8.88

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.73	-0.01
3	6.21	-0.1
4	10.56	-0.19
5	12.76	-0.04
6	13.23	0.56
7	37.09	1.56
8	41.06	1.94
9	41.06	1.94

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.0
Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

**Estratigrafía**

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso al específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.25		6	1529	1555	CH
2	0.21		5	1529	1631	CL
3	0.11		5	1733	1962	SC

G0: Módulo de corte dinámico para pequeñas deformaciones; G: Módulo de corte dinámico; Dr: Densidad relativa; OCR: Grado de sobreconsolidación; IP: Índice de plasticidad

Estrato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	28.42
2	0	0	0	1	27.64
3	0	0	0	1	10.57

**Resultados análisis talud**

Fs mínimo encontrado	0.7
Abscisa centro superficie	20.87 m
Ordenada centro superficie	16.0 m
Radio superficie	18.5 m

=====

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Ei, Ei-1 : Fuerzas agentes normalmente en las dos caras de la rebanada; Xi, Xi-1: Fuerzas de tipo cortante aplicadas en las caras laterales.

**xc = 20.868 yc = 15.998 Rc = 18.504 Fs=0.70**

Lambda = 0.525

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	1.0	-27.74	1.13	529.94
2	2.75	-21.41	2.95	13563.52
3	4.53	-9.69	4.6	49695.72
4	2.76	1.73	2.76	37261.05
5	2.67	10.22	2.72	38895.72
6	2.85	19.1	3.01	44163.9
7	1.7	26.72	1.9	27478.06
8	1.45	32.32	1.72	23170.92
9	1.09	37.09	1.37	16995.6
10	6.81	64.63	15.89	99002.07

**Esfuerzos en las rebanadas**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	12382.95	23603.61	0.0	0.0	-21476.22	-907.87	0.0
2	27315.58	52067.29	12382.95	23603.61	-11664.01	3183.25	0.0
3	43689.02	83277.34	27315.58	52067.29	27592.71	10672.35	0.0
4	51517.23	98198.98	43689.02	83277.34	29869.27	8072.08	0.0
5	55952.16	106652.6	51517.23	98198.98	35413.92	8694.95	0.0
6	56947.66	108550.1	55952.16	106652.6	41412.36	9908.86	0.0
7	58198.11	110933.7	56947.66	108550.1	24499.13	6046.99	0.0
8	59450.22	113320.4	58198.11	110933.7	19799.48	5169.55	0.0
9	61688.17	117586.2	59450.22	113320.4	14344.48	3939.16	0.0
10	42288.84	80608.39	61688.17	117586.2	17323.96	49809.72	0.0

### Anexo 8.3. Perfil 2 Talud 2. Bishop.

#### Análisis de Estabilidad de Taludes con: BISHOP (1955)

Normativa	
Número de estratos	5.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

#### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	16.13 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	14.24 m
Abscisa vértice derecho superior xs	52.32 m
Ordenada vértice derecho superior ys	25.97 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

#### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.48	0.04
3	7.21	0.22
4	12.57	0.29
5	15.18	0.68
6	19.47	4.52
7	22.87	5.66
8	25.69	6.64
9	28.14	7.66
10	31.05	8.66
11	34.08	9.66
12	38.98	10.64
13	46.29	11.66
14	51.07	12.64
15	59.18	13.66

#### Nivel freático

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.51
2	1.48	-0.47
3	7.21	-0.29
4	12.57	-0.22
5	15.18	0.17
6	19.47	4.01
7	22.87	5.15
8	25.69	6.13
9	28.14	7.15
10	31.05	8.15
11	34.08	9.15
12	38.98	10.13

13	46.29	11.15
14	51.07	12.13
15	59.18	13.15

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.48	0.04
3	7.21	0.22
4	12.57	0.29
5	15.18	0.68
6	19.47	4.52
7	22.87	5.66
8	25.69	6.64
9	28.14	7.66
10	29.62	8.16
11	29.62	8.16
12	47.13	8.2
13	48.41	8.23
14	57.07	9.16
15	59.18	9.41
16	59.18	9.41

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.48	0.04
3	7.21	0.22
4	12.57	0.29
5	15.18	0.68
6	19.47	4.52
7	19.86	4.65
8	48.79	5.38
9	59.18	6.1
10	59.18	6.1

**Vértices estrato.....3**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.48	0.04
3	7.21	0.22
4	8.59	0.23
5	59.18	3.66
6	59.18	3.66

**Vértices estrato.....4**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	-1.17
3	59.18	-0.34
4	59.18	3.66

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

Tangente ángulo de resistencia al corte

1.0

Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso al específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.3		7	1529	1555	CH
2	0.21		5	1529	1631	CL
3	0.4		6	1529	1555	CH
4	0.11		5	1733	1962	SC
5	0.2		30	2500	2700	ROCA

### Cargas repartidas

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0	0	0	0	0

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.13
Abscisa centro superficie	24.09 m
Ordenada centro superficie	25.97 m
Radio superficie	26.56 m

**xc = 24.089 yc = 25.974 Rc = 26.557 Fs=1.126**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh*Wi (Kg)	Kv*Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	4.07	-14.6	4.2	16302.0	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	18278.2	5528.0
2	3.4	-6.3	3.4	231184.66	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	32022.3	5832.2
3	2.82	0.4	2.8	231821.66	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	31785.0	5226.6
4	2.45	6.1	2.4	631085.97	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	30749.9	4798.2
5	2.91	12.0	2.9	39476.88	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	39094.2	5946.0
6	3.03	18.6	3.2	41341.37	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	41488.6	6350.1
7	3.08	25.8	3.4	238602.95	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	39764.6	6432.4
8	1.82	31.8	2.1	420406.74	0.0	0.0	0.4	6.0	0.0	18233.5	9317.6
9	4.39	40.3	5.7	737022.86	0.0	0.0	0.21	5.0	0.0	36993.6	3631.9
10	3.11	52.0	5.0	59414.71	0.0	0.0	0.3	7.0	0.0	-1706.4	1327

### Anexo 8.4. Perfil 2 Talud 2. Spencer.

#### Análisis de Estabilidad de Taludes con: SPENCER (1967)

Normativa	
Número de estratos	5.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

#### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	16.13 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	14.24 m
Abscisa vértice derecho superior xs	52.32 m
Ordenada vértice derecho superior ys	25.97 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

#### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.48	0.04
3	7.21	0.22
4	12.57	0.29
5	15.18	0.68
6	19.47	4.52
7	22.87	5.66
8	25.69	6.64
9	28.14	7.66
10	31.05	8.66
11	34.08	9.66
12	38.98	10.64
13	46.29	11.66
14	51.07	12.64
15	59.18	13.66

#### Nivel freático

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.51
2	1.48	-0.47
3	7.21	-0.29
4	12.57	-0.22
5	15.18	0.17
6	19.47	4.01
7	22.87	5.15
8	25.69	6.13
9	28.14	7.15

10	31.05	8.15
11	34.08	9.15
12	38.98	10.13
13	46.29	11.15
14	51.07	12.13
15	59.18	13.15

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.48	0.04
3	7.21	0.22
4	12.57	0.29
5	15.18	0.68
6	19.47	4.52
7	22.87	5.66
8	25.69	6.64
9	28.14	7.66
10	29.62	8.16
11	29.62	8.16
12	47.13	8.2
13	48.41	8.23
14	57.07	9.16
15	59.18	9.41
16	59.18	9.41

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.48	0.04
3	7.21	0.22
4	12.57	0.29
5	15.18	0.68
6	19.47	4.52
7	19.86	4.65
8	48.79	5.38
9	59.18	6.1
10	59.18	6.1

**Vértices estrato.....3**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.48	0.04
3	7.21	0.22
4	8.59	0.23
5	59.18	3.66
6	59.18	3.66

**Vértices estrato.....4**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	-1.17
3	59.18	-0.34
4	59.18	3.66

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.0
Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0

Reducción parámetros geotécnicos terreno

No

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.3		7	1529	1555	CH
2	0.21		5	1529	1631	CL
3	0.4		6	1529	1555	CH
4	0.11		5	1733	1962	SC
5	0.2		30	2500	2700	ROCA

### Cargas repartidas

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0	0	0	0	0

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.13
Abscisa centro superficie	24.09 m
Ordenada centro superficie	25.97 m
Radio superficie	26.56 m

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Ei, Ei-1 : Fuerzas agentes normalmente en las dos caras de la rebanada; Xi, Xi-1: Fuerzas de tipo cortante aplicadas en las caras laterales.

**xc = 24.089 yc = 25.974 Rc = 26.557 Fs=1.126**

Lambda = 0.09

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)
1	4.07	-14.56	4.2	16302.0
2	3.4	-6.33	3.42	31184.64
3	2.82	0.41	2.82	31821.65
4	2.45	6.11	2.46	31085.97
5	2.91	11.98	2.97	39476.87
6	3.03	18.64	3.2	41341.37
7	3.08	25.79	3.42	38602.89
8	1.82	31.79	2.14	20406.79
9	4.39	40.33	5.77	37022.84
10	3.11	52.02	5.05	9414.71

### Esfuerzos en las rebanadas

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	0.0	0.0	0.0	0.0	18278.18	5527.98	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	32022.24	5832.19	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	31785.04	5226.63	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	30749.87	4798.2	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	39094.22	5946.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	41488.63	6350.06	0.0

7	0.0	0.0	0.0	0.0	39764.56	6432.35	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	18233.49	9317.66	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	36993.62	13631.94	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	-1706.37	13275.96	0.0

### Anexo 8.5. Perfil 3 Talud 3. Bishop.

#### Análisis de Estabilidad de Taludes con: BISHOP (1955)

Normativa	
Número de estratos	3.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

#### Malla centros

Abcisa vértice izquierdo inferior xi	55.14 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	15.37 m
Abcisa vértice derecho superior xs	96.76 m
Ordenada vértice derecho superior ys	36.5 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

#### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.66	8.39
32	87.69	10.24
33	91.08	11.58

34	96.11	11.71
35	96.47	13.13
36	99.35	13.18
37	103.87	13.21
38	104.97	13.2

**Nivel freático**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.01
2	0.0	-2.01
3	0.0	-2.01
4	0.0	-2.01
5	0.0	-2.01
6	0.0	-2.01
7	0.0	-2.01
8	0.0	-2.01
9	0.0	-2.01
10	0.0	-2.01
11	0.0	-2.01
12	0.0	-2.01
13	0.0	-2.01
14	0.0	-2.01
15	0.0	-2.01
16	0.0	-2.01
17	0.0	-2.01
18	0.0	-2.01
19	0.0	-2.01
20	0.0	-2.01
21	0.0	-2.01
22	0.0	-2.01
23	11.02	-1.36
24	21.85	-1.47
25	33.47	-0.77
26	34.79	0.58
27	46.59	0.2
28	57.61	1.82
29	68.91	2.79
30	75.5	5.39
31	84.66	6.38
32	87.69	8.23
33	91.08	9.57
34	96.11	9.7
35	96.47	11.12
36	99.35	11.17
37	103.87	11.2
38	104.97	11.19

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0

11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.97	7.7
32	104.97	10.7
33	104.97	10.7

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	104.97	0.84
3	104.97	10.7

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.0
Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

**Estratigrafía**

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso de Peso al específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.11		5	1733	1962	SC
2	0.21		6	1529	1631	CL
3	0.20		30	2400	2450	ROCA

**Cargas repartidas**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm <sup>2</sup> )
1	96.52	13.14	105.02	13.27285	0.5105

**Resultados análisis talud**

Fs mínimo encontrado	0.88
Abscisa centro superficie	95.93 m
Ordenada centro superficie	17.49 m
Radio superficie	5.8 m

**xc = 95.931 yc = 17.486 Rc = 5.802 Fs=0.876**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.51	-0.7	0.51	13.62	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	22.0	642.2
2	0.36	3.6	0.36	455.49	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	425.3	498.8
3	0.39	7.3	0.4	2734.74	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	2659.0	764.2
4	0.42	11.4	0.43	3137.51	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	3030.5	843.4
5	0.42	15.7	0.44	3067.84	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	2949.2	845.1
6	0.42	20.1	0.45	2973.17	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	2855.1	849.5
7	0.42	24.6	0.46	2851.27	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	2743.6	857.0
8	0.42	29.3	0.48	2699.26	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	2608.0	868.2
9	0.38	33.9	0.45	2245.6	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	2177.7	785.5
10	0.47	39.1	0.62	2043.63	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	1865.6	945.0

### Anexo 8.6. Perfil 3 Talud 3. Spencer.

#### Análisis de Estabilidad de Taludes con: SPENCER (1967)

Normativa	
Número de estratos	3.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

#### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	55.14 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	15.37 m
Abscisa vértice derecho superior xs	96.76 m
Ordenada vértice derecho superior ys	36.5 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

#### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.66	8.39
32	87.69	10.24

33	91.08	11.58
34	96.11	11.71
35	96.47	13.13
36	99.35	13.18
37	103.87	13.21
38	104.97	13.2

**Nivel freático**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-2.01
2	0.0	-2.01
3	0.0	-2.01
4	0.0	-2.01
5	0.0	-2.01
6	0.0	-2.01
7	0.0	-2.01
8	0.0	-2.01
9	0.0	-2.01
10	0.0	-2.01
11	0.0	-2.01
12	0.0	-2.01
13	0.0	-2.01
14	0.0	-2.01
15	0.0	-2.01
16	0.0	-2.01
17	0.0	-2.01
18	0.0	-2.01
19	0.0	-2.01
20	0.0	-2.01
21	0.0	-2.01
22	0.0	-2.01
23	11.02	-1.36
24	21.85	-1.47
25	33.47	-0.77
26	34.79	0.58
27	46.59	0.2
28	57.61	1.82
29	68.91	2.79
30	75.5	5.39
31	84.66	6.38
32	87.69	8.23
33	91.08	9.57
34	96.11	9.7
35	96.47	11.12
36	99.35	11.17
37	103.87	11.2
38	104.97	11.19

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0

7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.97	7.7
32	104.97	10.7
33	104.97	10.7

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	104.97	0.84
3	104.97	10.7

**Coeficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.0
Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

**Estratigrafía**

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso de específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.11		5	1733	1962	SC
2	0.21		6	1529	1631	CL
3	0.20		30	2400	2450	ROCA

**Cargas repartidas**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm <sup>2</sup> )
1	96.52	13.14	105.02	13.27285	0.5105

**Resultados análisis talud**

Fs mínimo encontrado	0.88
Abcisa centro superficie	95.93 m
Ordenada centro superficie	17.49 m
Radio superficie	5.8 m

**xc = 95.931 yc = 17.486 Rc = 5.802 Fs=0.876**

Lambda = 0.00

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.51	-0.74	0.51	13.62
2	0.36	3.57	0.36	455.49
3	0.39	7.32	0.4	2734.74
4	0.42	11.42	0.43	3137.51
5	0.42	15.7	0.44	3067.84
6	0.42	20.09	0.45	2973.17
7	0.42	24.6	0.46	2851.27
8	0.42	29.3	0.48	2699.26
9	0.38	33.91	0.45	2245.6
10	0.47	39.12	0.6	2043.63

**Esfuerzos en las rebanadas**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	0.0	0.0	0.0	0.0	21.96	642.19	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	425.27	498.83	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	2659.02	764.24	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	3030.53	843.41	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	2949.18	845.11	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2855.08	849.51	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	2743.57	856.96	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	2607.99	868.24	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	2177.72	785.53	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	1865.61	944.99	0.0

### Anexo 8.7. Perfil 4 Talud 4. Bishop.

#### Análisis de Estabilidad de Taludes con: BISHOP (1955)

Normativa	
Número de estratos	3.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

#### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	36.6 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	20.63 m
Abscisa vértice derecho superior xs	70.47 m
Ordenada vértice derecho superior ys	36.71 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

#### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	39.23	9.85
22	50.28	11.34
23	51.87	12.38
24	61.48	15.25
25	63.12	15.27
26	68.75	15.52
27	74.3	15.73
28	76.4	15.79

**Nivel freático**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.51
2	0.0	-1.51
3	0.0	-1.51
4	0.0	-1.51
5	0.0	-1.51
6	0.0	-1.51
7	0.0	-1.51
8	0.0	-1.51
9	0.0	-1.51
10	0.0	-1.51
11	0.0	-1.51
12	0.0	-1.51
13	0.0	-1.51
14	0.0	-1.51
15	0.0	-1.51
16	0.0	-1.51
17	11.2	-0.36
18	11.8	0.24
19	24.82	1.82
20	30.74	5.58
21	39.23	8.34
22	50.28	9.83
23	51.87	10.87
24	61.48	13.74
25	63.12	13.76
26	68.75	14.01
27	74.3	14.22
28	76.4	14.28

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	37.44	9.27
22	63.12	9.98
23	64.97	10.23
24	76.4	11.45
25	76.4	11.45

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	64.32	6.51
22	76.4	7.45
23	76.4	7.45
24	76.4	8.95
25	76.4	8.95

#### Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.0
Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

#### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso al específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.11		5	1733	1962	SC
2	0.21		6	1529	1631	CL
3	0.2		30	2400	2450	ROCA

#### Cargas repartidas

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm <sup>2</sup> )
1	61.81	15.26	76.41	15.44669	0.5105

#### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	0.91
Abscisa centro superficie	56.24 m
Ordenada centro superficie	26.74 m
Radio superficie	16.94 m

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base

de la rebanada; Peso de la rebanada;  $U_i$ : Fuerzas derivadas de las presiones neutras;  $N_i$ : Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento;  $T_i$ : Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento;  $F_i$ : Ángulo de rozamiento interno;  $c$ : cohesión.

**$x_c = 56.242$   $y_c = 26.742$   $R_c = 16.937$   $F_s = 0.913$**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.83	-22.1	0.89	328.99	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	824.1	1152.9
2	1.6	-17.8	1.68	3448.22	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	4405.0	2443.1
3	3.42	-9.1	3.46	18102.85	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	19294.1	6019.6
4	1.95	0.1	1.95	14177.18	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	14171.4	3703.7
5	1.95	6.7	1.96	15961.84	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	15618.1	3858.4
6	2.29	14.0	2.36	19876.81	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	19315.1	4693.8
7	1.64	21.0	1.76	20101.63	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	19983.5	4032.8
8	1.91	27.6	2.16	22537.39	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	22928.3	4794.2
9	1.95	35.3	2.39	18795.97	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	19663.9	4759.0
10	1.95	43.9	2.71	12716.39	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	13293.2	4531.8

**Anexo 8.8. Perfil 4. Talud 4. Spencer.**

**Análisis de Estabilidad de Taludes con: SPENCER (1967)**

Normativa	
Número de estratos	3.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

**Malla centros**

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	36.6 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	20.63 m
Abscisa vértice derecho superior xs	70.47 m
Ordenada vértice derecho superior ys	36.71 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

**Vértices perfil**

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	39.23	9.85
22	50.28	11.34
23	51.87	12.38
24	61.48	15.25
25	63.12	15.27
26	68.75	15.52
27	74.3	15.73
28	76.4	15.79

**Nivel freático**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.51
2	0.0	-1.51
3	0.0	-1.51
4	0.0	-1.51
5	0.0	-1.51
6	0.0	-1.51
7	0.0	-1.51
8	0.0	-1.51
9	0.0	-1.51
10	0.0	-1.51
11	0.0	-1.51
12	0.0	-1.51
13	0.0	-1.51
14	0.0	-1.51
15	0.0	-1.51
16	0.0	-1.51
17	11.2	-0.36
18	11.8	0.24
19	24.82	1.82
20	30.74	5.58
21	39.23	8.34
22	50.28	9.83
23	51.87	10.87
24	61.48	13.74
25	63.12	13.76
26	68.75	14.01
27	74.3	14.22
28	76.4	14.28

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	37.44	9.27
22	63.12	9.98
23	64.97	10.23
24	76.4	11.45
25	76.4	11.45

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	64.32	6.51
22	76.4	7.45
23	76.4	7.45
24	76.4	8.95
25	76.4	8.95

**Coeficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.0
Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

**Estratigrafía**

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso al específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología	
1	0.11		5	1733	1962	SC	
2	0.21		6	1529	1631	CL	
3	0.2		30	2400	2450	ROCA	

**Cargas repartidas**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm <sup>2</sup> )
1	61.81	15.26	76.41	15.44669	0.5105

**Resultados análisis talud**

Fs mínimo encontrado	0.91
----------------------	------

Abscisa centro superficie	56.24 m
Ordenada centro superficie	26.74 m
Radio superficie	16.94 m

---

**xc = 56.242 yc = 26.742 Rc = 16.937 Fs=0.914**

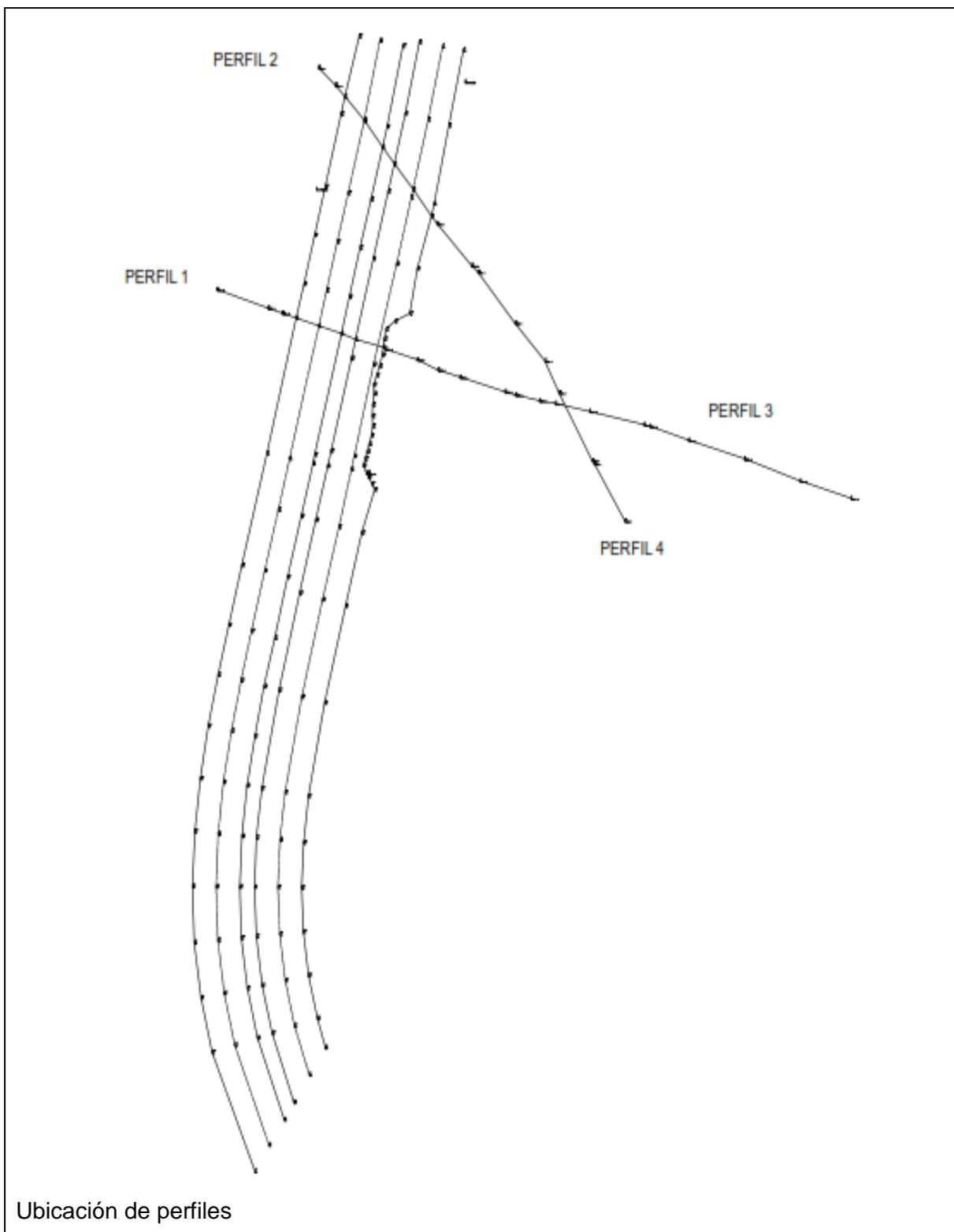
Lambda = 0.223

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.83	-22.13	0.89	328.99
2	1.6	-17.79	1.68	3448.22
3	3.42	-9.08	3.46	18102.85
4	1.95	0.09	1.95	14177.18
5	1.95	6.71	1.96	15961.84
6	2.29	14.02	2.36	19876.81
7	1.64	21.0	1.76	20101.63
8	1.91	27.63	2.16	22537.39
9	1.95	35.32	2.39	18795.97
10	1.95	43.94	2.71	12716.39

**Esfuerzos en las rebanadas**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	760.84	3411.51	0.0	0.0	-1685.37	911.43	0.0
2	1783.98	7999.1	760.84	3411.51	907.89	2105.69	0.0
3	3473.28	15573.68	1783.98	7999.1	15013.11	5603.05	0.0
4	4310.95	19329.63	3473.28	15573.68	13345.39	3620.32	0.0
5	4755.64	21323.57	4310.95	19329.63	15643.83	3856.37	0.0
6	4634.88	20782.07	4755.64	21323.57	19270.37	4684.04	0.0
7	4006.28	17963.54	4634.88	20782.07	18343.79	3871.24	0.0
8	2710.83	12154.97	4006.28	17963.54	18422.38	4357.53	0.0
9	1229.68	5513.68	2710.83	12154.97	12705.59	4087.72	0.0
10	99.04	444.1	1229.68	5513.68	6452.48	3872.0	0.0

## Anexo 9. Perfiles.

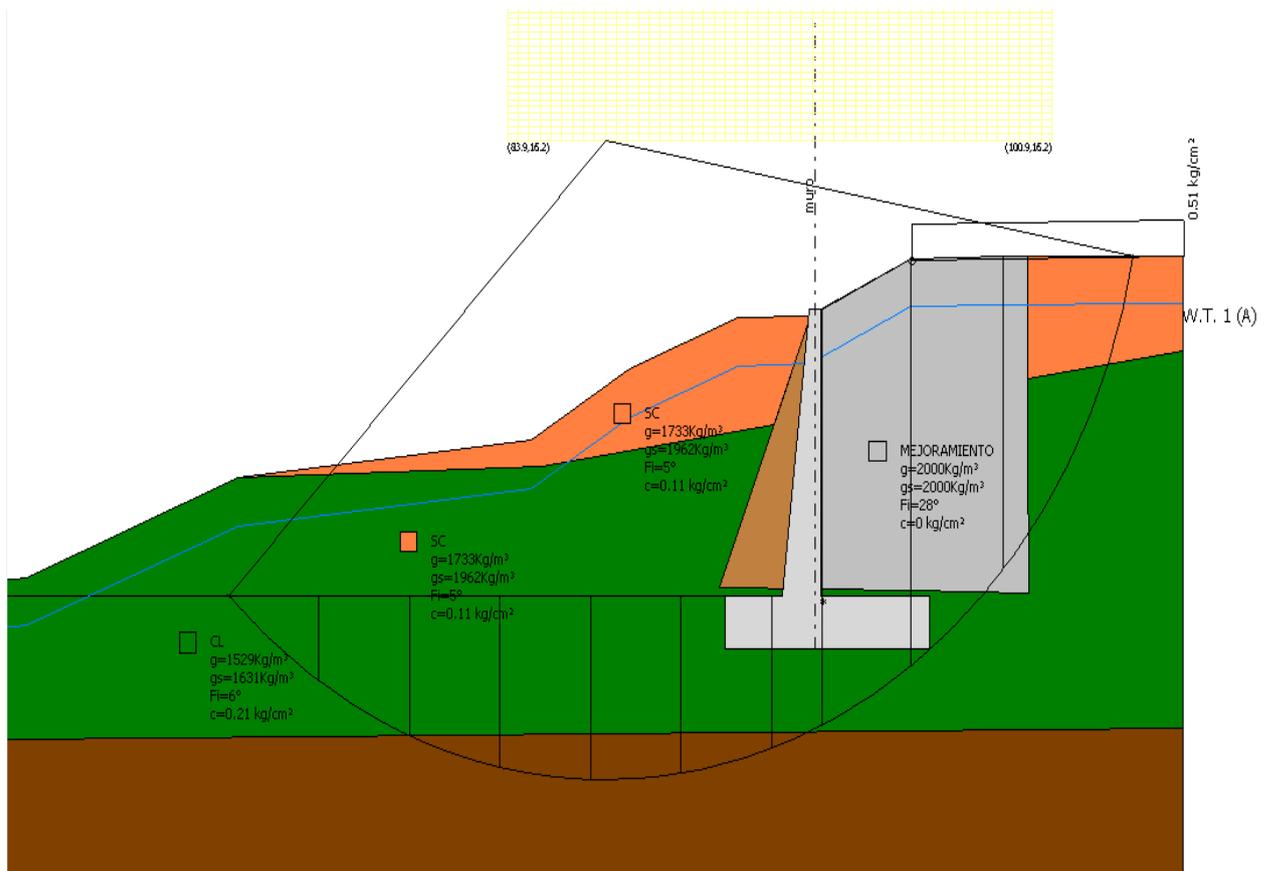






## Anexo 10. Resultado de modelación Slope-Muro.

### Anexo 10.1. Perfil 3 Talud 3 Bishop con muro.



#### Análisis de Estabilidad de Taludes con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Número de estratos	5.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Coficiente parcial resistencia	1.0
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

#### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	83.9 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	16.23 m
Abscisa vértice derecho superior xs	100.88 m
Ordenada vértice derecho superior ys	25.06 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

#### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0

3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	68.93	4.81
31	94.62	4.81
32	94.62	12.31
33	96.47	13.13
34	99.35	13.18
35	103.87	13.21
36	104.97	13.2

**Nível freático**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.26
2	0.0	-1.26
3	0.0	-1.26
4	0.0	-1.26
5	0.0	-1.26
6	0.0	-1.26
7	0.0	-1.26
8	0.0	-1.26
9	0.0	-1.26
10	0.0	-1.26
11	0.0	-1.26
12	0.0	-1.26
13	0.0	-1.26
14	0.0	-1.26
15	0.0	-1.26
16	0.0	-1.26
17	0.0	-1.26
18	0.0	-1.26
19	0.0	-1.26
20	0.0	-1.26
21	0.0	-1.26

22	0.0	-1.26
23	11.02	-0.61
24	21.85	-0.72
25	33.47	-0.02
26	34.79	1.33
27	46.59	0.95
28	57.61	2.57
29	68.91	3.54
30	75.5	6.14
31	84.66	7.13
32	87.69	8.98
33	91.08	10.32
34	93.34	10.38
35	96.47	11.87
36	99.35	11.92
37	103.87	11.95
38	104.97	11.94

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.66	8.39
32	87.69	10.24
33	91.08	11.58
34	93.34	11.64
35	96.47	13.13
36	99.35	13.18
37	100.12	13.18
38	100.12	9.97
39	104.97	10.7
40	104.97	10.7

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.66	8.39
32	87.69	10.24
33	91.08	11.58
34	93.34	11.64
35	93.34	11.64
36	90.51	4.55
37	96.47	4.45
38	100.16	4.4
39	100.12	8.5
40	100.12	13.18
41	100.12	13.18
42	100.12	9.97
43	104.97	10.7
44	104.97	10.7

**Vértices estrato.....3**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0

9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.97	7.7
32	92.21	8.79
33	93.34	11.64
34	93.34	11.64
35	90.51	4.55
36	96.47	4.45
37	100.16	4.4
38	100.12	8.5
39	100.12	13.18
40	100.12	13.18
41	100.12	9.97
42	104.97	10.7
43	104.97	10.7

**Vértices estrato.....4**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	104.97	0.84
3	104.97	10.7

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

**Estratigrafía**

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso al específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.11		5	1733	1962	SC
2	0		28	2000	2000	MEJORAMI ENTO
3	0.11		5	1733	1962	SC

4	0.21	6	1529	1631	CL	
5	0.2	30	2400	2450	ROCA	

### Muros de contención- Características geométricas

N°	x (m)	y (m)	Base puntera (m)	Base tacón (m)	Altura muro (m)	Espesor coronación (m)	Espesor base (m)	Peso específico (Kg/m³)
1	94.62	4.81	1.8	3.4	7.5	0.35	1.2	2400

### Cargas repartidas

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm²)
1	96.51	13.07	105.01	13.20285	0.5105

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.44
Abscisa centro superficie	85.94 m
Ordenada centro superficie	16.23 m
Radio superficie	17.64 m

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Fi: Ángulo de rozamiento interno; c: cohesión.

$$xc = 85.937 \quad yc = 16.229 \quad Rc = 17.639 \quad Fs=1.438$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3.08	-42.8	4.2	1053.23	0.0	0.0	0.21	6.0	0.0	7636.1	6693.4
2	3.08	-30.2	3.57	4800.69	0.0	0.0	0.21	6.0	0.0	8960.2	5861.0
3	3.08	-19.1	3.26	10194.23	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	14344.1	10294.3
4	3.08	-8.7	3.12	13546.21	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	15306.2	10481.6
5	3.08	1.4	3.08	14216.84	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	13980.6	9900.8
6	3.08	11.5	3.15	12254.83	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	10736.6	8685.2
7	3.68	23.2	4.0	50272.32	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	44632.8	23486.3
8	2.48	34.6	3.02	56336.7	0.0	0.0	0.21	6.0	0.0	62246.5	8954.6
9	2.2	44.5	3.09	52688.04	0.0	0.0	0.21	6.0	0.0	64782.8	9244.0
10	3.96	64.8	9.31	58544.94	0.0	0.0	0.21	6.0	0.0	94068.8	20476.3

**Anexo 10.2. Perfil 3 Talud 3 Spencer con muro.**

**Análisis de Estabilidad de Taludes con: SPENCER (1967)**

Normativa	NTC 2008
Número de estratos	5.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Coficiente parcial resistencia	1.0
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

**Malla centros**

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	83.9 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	16.23 m
Abscisa vértice derecho superior xs	100.88 m
Ordenada vértice derecho superior ys	25.06 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

**Vértices perfil**

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	68.93	4.81
31	94.62	4.81

32	94.62	12.31
33	96.47	13.13
34	99.35	13.18
35	103.87	13.21
36	104.97	13.2

**Nivel freático**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.26
2	0.0	-1.26
3	0.0	-1.26
4	0.0	-1.26
5	0.0	-1.26
6	0.0	-1.26
7	0.0	-1.26
8	0.0	-1.26
9	0.0	-1.26
10	0.0	-1.26
11	0.0	-1.26
12	0.0	-1.26
13	0.0	-1.26
14	0.0	-1.26
15	0.0	-1.26
16	0.0	-1.26
17	0.0	-1.26
18	0.0	-1.26
19	0.0	-1.26
20	0.0	-1.26
21	0.0	-1.26
22	0.0	-1.26
23	11.02	-0.61
24	21.85	-0.72
25	33.47	-0.02
26	34.79	1.33
27	46.59	0.95
28	57.61	2.57
29	68.91	3.54
30	75.5	6.14
31	84.66	7.13
32	87.69	8.98
33	91.08	10.32
34	93.34	10.38
35	96.47	11.87
36	99.35	11.92
37	103.87	11.95
38	104.97	11.94

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0

11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.66	8.39
32	87.69	10.24
33	91.08	11.58
34	93.34	11.64
35	96.47	13.13
36	99.35	13.18
37	100.12	13.18
38	100.12	9.97
39	104.97	10.7
40	104.97	10.7

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24

26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.66	8.39
32	87.69	10.24
33	91.08	11.58
34	93.34	11.64
35	93.34	11.64
36	90.51	4.55
37	96.47	4.45
38	100.16	4.4
39	100.12	8.5
40	100.12	13.18
41	100.12	13.18
42	100.12	9.97
43	104.97	10.7
44	104.97	10.7

**Vértices estrato.....3**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	0.0	0.0
18	0.0	0.0
19	0.0	0.0
20	0.0	0.0
21	0.0	0.0
22	0.0	0.0
23	11.02	0.65
24	21.85	0.54
25	33.47	1.24
26	34.79	2.59
27	46.59	2.21
28	57.61	3.83
29	68.91	4.8
30	75.5	7.4
31	84.97	7.7
32	92.21	8.79
33	93.34	11.64
34	93.34	11.64
35	90.51	4.55
36	96.47	4.45
37	100.16	4.4
38	100.12	8.5

39	100.12	13.18
40	100.12	13.18
41	100.12	9.97
42	104.97	10.7
43	104.97	10.7

#### Vértices estrato.....4

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	104.97	0.84
3	104.97	10.7

#### Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

#### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso al específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.11		5	1733	1962	SC
2	0		28	2000	2000	MEJORAMI ENTO
3	0.11		5	1733	1962	SC
4	0.21		6	1529	1631	CL
5	0.2		30	2400	2450	ROCA

#### Muros de contención- Características geométricas

N°	x (m)	y (m)	Base puntera (m)	Base tacón (m)	Altura muro (m)	Espesor coronació n (m)	Espesor base (m)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	94.62	4.81	1.8	3.4	7.5	0.35	1.2	2400

#### Cargas repartidas

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm <sup>2</sup> )
1	96.51	13.07	105.01	13.20285	0.5105

#### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.59
Abscisa centro superficie	85.94 m
Ordenada centro superficie	16.23 m
Radio superficie	17.64 m

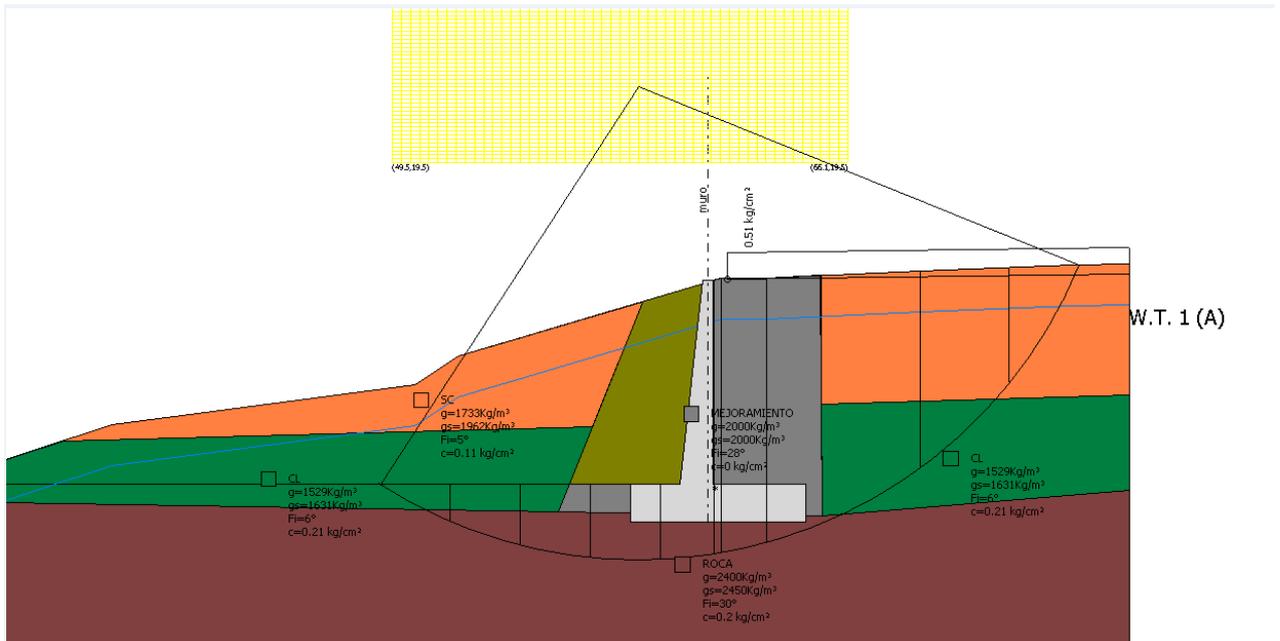
**xc = 85.937 yc = 16.229 Rc = 17.639 Fs=1.592**  
 Lambda = 0.377

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	3.08	-42.81	4.2	1053.23
2	3.08	-30.17	3.57	4800.69
3	3.08	-19.07	3.26	10194.23
4	3.08	-8.69	3.12	13546.21
5	3.08	1.39	3.08	14216.84
6	3.08	11.52	3.15	12254.83
7	3.68	23.15	4.0	50272.32
8	2.48	34.57	3.02	56336.7
9	2.2	44.5	3.09	52688.04
10	3.96	64.83	9.31	58544.94

#### Esfuerzos en las rebanadas

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	7195.41	19063.14	0.0	0.0	-17460.83	4388.97	0.0
2	12510.49	33144.62	7195.41	19063.14	-7521.89	4205.89	0.0
3	20461.56	54209.74	12510.49	33144.62	-4761.38	2369.87	0.0
4	26540.09	70313.86	20461.56	54209.74	4947.98	5711.2	0.0
5	30734.23	81425.59	26540.09	70313.86	10289.55	7604.46	0.0
6	33388.43	88457.5	30734.23	81425.59	10811.58	7872.23	0.0
7	43007.3	113941.2	33388.43	88457.5	56737.7	25604.12	0.0
8	34933.63	92551.27	43007.3	113941.2	40900.59	6679.08	0.0
9	24762.11	65603.38	34933.63	92551.27	25950.6	5786.12	0.0
10	6700.65	17752.35	24762.11	65603.38	-10720.73	11577.39	0.0

### Anexo 10.3. Perfil 4 Talud 4 Bishop con muro .



#### Análisis de Estabilidad de Taludes con: BISHOP (1955)

Normativa	
Número de estratos	6.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

#### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	49.47 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	19.5 m
Abscisa vértice derecho superior xs	66.11 m
Ordenada vértice derecho superior ys	26.81 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

#### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0

11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	32.56	7.68
22	61.16	7.68
23	61.16	15.18
24	61.48	15.25
25	63.12	15.27
26	68.75	15.52
27	74.3	15.73
28	76.4	15.79

**Nivel freático**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.51
2	0.0	-1.51
3	0.0	-1.51
4	0.0	-1.51
5	0.0	-1.51
6	0.0	-1.51
7	0.0	-1.51
8	0.0	-1.51
9	0.0	-1.51
10	0.0	-1.51
11	0.0	-1.51
12	0.0	-1.51
13	0.0	-1.51
14	0.0	-1.51
15	0.0	-1.51
16	0.0	-1.51
17	11.2	-0.36
18	11.8	0.24
19	24.82	1.82
20	30.74	5.58
21	39.23	8.34
22	50.28	9.83
23	51.87	10.87
24	61.48	13.74
25	63.12	13.76
26	68.75	14.01
27	74.3	14.22
28	76.4	14.28

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0

9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	39.23	9.85
22	50.28	11.34
23	51.87	12.38
24	61.48	15.25
25	63.12	15.27
26	65.13	15.36
27	65.13	10.61
28	76.4	10.97
29	76.4	10.97

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	39.23	9.85
22	50.28	11.34
23	51.87	12.38
24	61.48	15.25
25	63.12	15.27
26	65.08	15.36
27	65.16	6.51
28	76.4	7.45
29	76.4	7.45

**Vértices estrato.....3**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0

5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	39.23	9.85
22	50.28	11.34
23	51.87	12.38
24	58.6	14.39
25	55.52	6.66
26	61.48	6.56
27	65.16	6.51
28	65.13	10.61
29	65.13	10.61
30	65.16	6.51
31	76.4	7.45
32	76.4	7.45

**Vértices estrato.....4**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	37.44	9.27
22	56.78	9.81
23	58.6	14.39
24	58.6	14.39
25	55.52	6.66
26	61.48	6.56
27	65.16	6.51
28	65.13	10.61
29	65.13	10.61

30	65.16	6.51
31	76.4	7.45
32	76.4	7.45

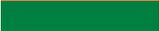
**Vértices estrato.....5**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	55.52	6.66
22	55.52	6.66
23	55.52	6.66
24	61.48	6.56
25	65.16	6.51
26	65.13	10.61
27	65.13	10.61
28	65.16	6.51
29	76.4	7.45
30	76.4	7.45

**Coefficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno**

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.0
Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

**Estratigrafía**

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso al específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología	
1	0.11		5	1733	1962	SC	
2	0.21		6	1529	1631	CL	
3	0		28	2000	2000	MEJORAMI ENTO	
4	0.11		5	1733	1962	SC	
5	0.21		6	1529	1631	CL	
6	0.2		30	2400	2450	ROCA	

**Muros de contención- Características geométricas**

N°	x	y	Base	Base	Altura	Espesor	Espesor	Peso
----	---	---	------	------	--------	---------	---------	------

	(m)	(m)	puntera (m)	tacón (m)	muro (m)	coronación (m)	base (m)	específico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	61.16	7.68	1.8	3.4	7.5	0.35	1.2	2400

### Cargas repartidas

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm <sup>2</sup> )
1	61.71	15.22	76.41	15.40797	0.5105

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.42
Abscisa centro superficie	56.46 m
Ordenada centro superficie	23.45 m
Radio superficie	19.23 m

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Fi: Ángulo de rozamiento interno; c: cohesión.

$$xc = 56.458 \quad yc = 23.449 \quad Rc = 19.23 \quad Fs=1.416$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.86	-30.0	3.3	-24.6	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	3483.6	6086.9
2	2.86	-20.5	3.05	5358.44	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	8653.6	7843.9
3	2.86	-11.6	2.92	8571.41	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	10471.8	8396.1
4	2.86	-3.0	2.87	9892.9	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	10333.6	8261.1
5	2.86	5.6	2.87	13329.69	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	12496.1	9156.9
6	1.45	12.1	1.48	41518.4	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	38635.8	17850.5
7	0.27	14.7	0.28	5855.8	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	5374.1	2589.3
8	1.64	17.7	1.72	41544.1	0.0	0.0	0.2	30.0	0.0	37897.8	17889.5
9	5.63	30.0	6.51	15318.8	0.0	0.0	0.21	6.0	0.0	122361.4	18727.4
10	5.31	53.0	8.83	69166.46	0.0	0.0	0.11	5.0	0.0	97847.9	12906.3

### Anexo 10.4. Perfil 4 Talud 4 Spencer con muro.

#### Análisis de Estabilidad de Taludes con: SPENCER (1967)

Normativa	
Número de estratos	6.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Parámetros geotécnicos a usar. Ángulo de rozamiento interno:	Pico
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

#### Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	49.47 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	19.5 m
Abscisa vértice derecho superior xs	66.11 m
Ordenada vértice derecho superior ys	26.81 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	50.0
Número de celdas en y	50.0

#### Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	32.56	7.68
22	61.16	7.68
23	61.16	15.18
24	61.48	15.25
25	63.12	15.27
26	68.75	15.52
27	74.3	15.73
28	76.4	15.79

**Nivel freático**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.51
2	0.0	-1.51
3	0.0	-1.51
4	0.0	-1.51
5	0.0	-1.51
6	0.0	-1.51
7	0.0	-1.51
8	0.0	-1.51
9	0.0	-1.51
10	0.0	-1.51
11	0.0	-1.51
12	0.0	-1.51
13	0.0	-1.51
14	0.0	-1.51
15	0.0	-1.51
16	0.0	-1.51
17	11.2	-0.36
18	11.8	0.24
19	24.82	1.82
20	30.74	5.58
21	39.23	8.34
22	50.28	9.83
23	51.87	10.87
24	61.48	13.74
25	63.12	13.76
26	68.75	14.01
27	74.3	14.22
28	76.4	14.28

**Vértices estrato.....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	39.23	9.85
22	50.28	11.34
23	51.87	12.38
24	61.48	15.25
25	63.12	15.27
26	65.13	15.36

27	65.13	10.61
28	76.4	10.97
29	76.4	10.97

**Vértices estrato.....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	39.23	9.85
22	50.28	11.34
23	51.87	12.38
24	61.48	15.25
25	63.12	15.27
26	65.08	15.36
27	65.16	6.51
28	76.4	7.45
29	76.4	7.45

**Vértices estrato.....3**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	39.23	9.85
22	50.28	11.34

23	51.87	12.38
24	58.6	14.39
25	55.52	6.66
26	61.48	6.56
27	65.16	6.51
28	65.13	10.61
29	65.13	10.61
30	65.16	6.51
31	76.4	7.45
32	76.4	7.45

**Vértices estrato.....4**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0
13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	37.44	9.27
22	56.78	9.81
23	58.6	14.39
24	58.6	14.39
25	55.52	6.66
26	61.48	6.56
27	65.16	6.51
28	65.13	10.61
29	65.13	10.61
30	65.16	6.51
31	76.4	7.45
32	76.4	7.45

**Vértices estrato.....5**

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
6	0.0	0.0
7	0.0	0.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0
11	0.0	0.0
12	0.0	0.0

13	0.0	0.0
14	0.0	0.0
15	0.0	0.0
16	0.0	0.0
17	11.2	1.15
18	11.8	1.75
19	24.82	3.33
20	30.74	7.09
21	55.52	6.66
22	55.52	6.66
23	55.52	6.66
24	61.48	6.56
25	65.16	6.51
26	65.13	10.61
27	65.13	10.61
28	65.16	6.51
29	76.4	7.45
30	76.4	7.45

### Coeficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.0
Cohesión efectiva	1.0
Cohesión no drenada	1.0
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

### Estratigrafía

Estrato	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión no drenada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de resistencia al corte (°)	Peso al específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturado (Kg/m <sup>3</sup> )	Litología
1	0.11		5	1733	1962	SC
2	0.21		6	1529	1631	CL
3	0		28	2000	2000	MEJORAMI ENTO
4	0.11		5	1733	1962	SC
5	0.21		6	1529	1631	CL
6	0.2		30	2400	2450	ROCA

### Muros de contención- Características geométricas

N°	x (m)	y (m)	Base puntera (m)	Base tacón (m)	Altura muro (m)	Espesor coronación (m)	Espesor base (m)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	61.16	7.68	1.8	3.4	7.5	0.35	1.2	2400

### Cargas repartidas

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (kg/cm <sup>2</sup> )
1	61.71	15.22	76.41	15.40797	0.5105

### Resultados análisis talud

Fs mínimo encontrado	1.47
Abscisa centro superficie	58.45 m
Ordenada centro superficie	22.28 m
Radio superficie	17.38 m

**xc = 58.455 yc = 22.279 Rc = 17.377 Fs=1.467**  
 Lambda = 0.258

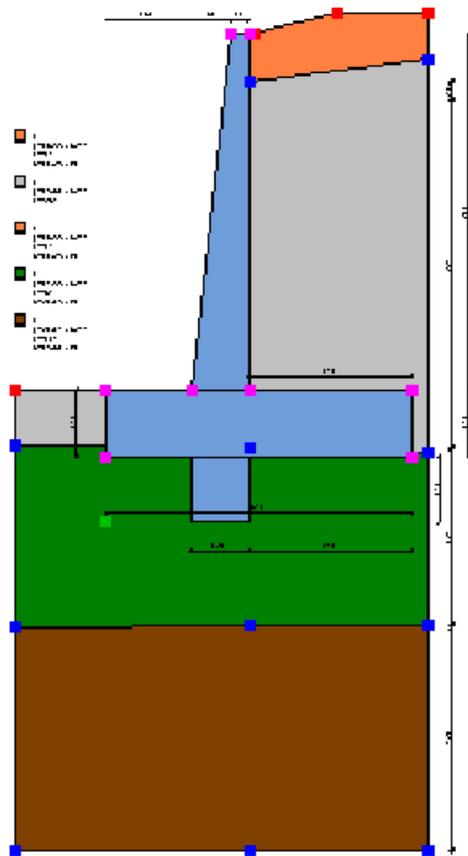
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	2.55	-28.07	2.89	-438.84
2	2.55	-18.85	2.7	3121.63
3	2.55	-10.12	2.59	5403.06
4	2.55	-1.63	2.55	9674.0
5	1.97	5.85	1.98	42700.52
6	0.27	9.57	0.28	5660.41
7	1.64	12.81	1.68	40724.38
8	5.63	25.97	6.26	116452.6
9	3.25	43.78	4.5	52079.3
10	2.55	59.55	5.04	24056.97

**Esfuerzos en las rebanadas**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	1414.14	5491.54	0.0	0.0	-4219.3	3837.4	0.0
2	3765.95	14624.35	1414.14	5491.54	-2221.95	2801.52	0.0
3	5964.15	23160.68	3765.95	14624.35	1655.16	4184.8	0.0
4	8176.73	31752.82	5964.15	23160.68	7214.29	6318.4	0.0
5	19020.0	73860.66	8176.73	31752.82	38406.65	17810.13	0.0
6	20258.38	78669.68	19020.0	73860.66	5160.33	2406.78	0.0
7	22822.63	88627.44	20258.38	78669.68	39418.13	17804.08	0.0
8	12933.1	50223.3	22822.63	88627.44	96773.89	15892.57	0.0
9	5155.92	20022.05	12933.1	50223.3	22319.89	8033.93	0.0
10	-256.51	-996.1	5155.92	20022.05	-3181.65	3585.06	0.0

## Anexo 11. Resultado de modelación MDC.

### Anexo 11.1. Perfil 3. Talud 3 MDC .



#### Datos generales

Normativa GEO  
Normativa STRU  
Empuje

Euro códigos  
Euro códigos  
Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

#### Datos generales muro

Altura muro	750.0 cm
Espesor coronación muro	35.0 cm
Alargamiento en base muro intradós	85.0 cm
Alargamiento en base muro trasdós	0.0 cm
Placa en ménsula frontal	180.0 cm
Placa en ménsula en el trasdós	340.0 cm
Ángulo de ensanchamiento ménsula frontal	0.0 cm
Altura placa lado externo	140.0 cm
Altura placa lado interno	140.0 cm
Distancia tacón-talón	340.0 cm
Altura tacón	140.0 cm
Espesor tacón	120.0 cm

#### CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Conglomerado:

Nr.	Clase Hormigón	fck,cubos [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	30550.21	20	11.55	1.05	2.25
2	C25/30	30	32089.96	25	14.44	1.21	2.61
3	C28/35	35	32936.31	28	16.17	1.31	2.81
4	C40/50	51	35913.83	40	20.22	1.52	3.26

Acciai:

Nr.	Clase acero	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	$\beta 1*\beta 2$ inicial	$\beta 1*\beta 2$ final
1	B450C	203940	458.87	399.01	550.64	399.01	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	203940	458.87	399.01	550.64	458.87	.075	.0675	1	0.5
3	B450C**	203940	458.87	399.01	467.33	406.35	.012	.01	1	0.5
4	S235H	214137	244.73	212.81	367.09	212.81	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	214137	285.52	248.3	438.47	248.3	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	214137	367.09	319.17	520.05	367.09	0.012	0.01	1	0.5

Materiales empleados para realizar muro C20/25 B450C

Recubrimiento, Alzado 3.0 cm  
 Recubrimiento, Cimentación 3.0 cm  
 Recubrimiento, Tacón 3.0 cm

### Estratigrafía

Ns	Espesor estrato (cm)	Inclinación estrato. (°)	Peso del específico (KN/m³)	Ángulo de resistencia al corte (°)	Cohesión (kPa)	Ángulo de rozamiento terreno-muro (°)	Presencia nivel freático (Si/No)	Litología	Descripción
1	40	8	16.99	5	10.79	0	No		0
2	774	359	19.61	28	0.00	0	No		0
3		359	16.99	5	10.79	0	No		0
4	374	0	14.99	6	20.59	0	No		0
5	475	0	23.54	30	19.61	0	No		0

### A1+M1+R1 [STR]

### CÁLCULO EMPUJES

#### Discretización terreno

Qi Cota inicial estrato (cm);  
 Qf Cota final estrato (cm).  
 G Peso específico (KN/m³);  
 Eps Inclinación del estrato. (°);  
 Fi Ángulo de resistencia al corte (°);  
 Delta Ángulo de rozamiento terreno-muro;  
 c Cohesión (kPa);  
 $\beta$  Ángulo perpendicular al paramento interno (°);  
 Notas En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$
1030.0	929.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
929.6	890.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0
890.0	880.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0

880.0	730.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0
730.0	580.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0
580.0	430.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0
430.0	280.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0

#### Coeficientes de empuje e inclinación

$\mu$  Ángulo de dirección del empuje.  
 Ka Coeficiente de empuje activo.  
 Kd Coeficiente de empuje dinámico.  
 Dk Coeficiente de incremento dinámico.  
 Kax, Kay Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.  
 Dkx, Dky Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi Cota inicio estrato.  
 Qf Cota inicio estrato.  
 Rpx, Rpy Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);  
 Z(Rpx) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);  
 Z(Rpy) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1030.0	929.6	0.0	0.0	979.8	979.8
2	929.6	890.0	0.55	0.0	903.2	890.0
3	890.0	880.0	0.31	0.0	884.81	880.0
4	880.0	730.0	13.1	0.0	789.95	730.0
5	730.0	580.0	28.87	0.0	648.17	580.0
6	580.0	430.0	44.64	0.0	500.58	430.0
7	430.0	280.0	60.42	0.0	351.74	280.0

#### CARACTERÍSTICAS MURO (Peso, Baricentro, Inercia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Fuerza inercial (kN);  
 Xp, Yp Coordenadas baricentro de pesos (cm);

Cota	Px	Py	Xp	Yp
929.6	0.0	13.04	279.5	977.5
890.0	0.0	19.16	278.3	955.7
880.0	0.0	20.78	278.0	950.1
730.0	0.0	49.73	273.1	863.7
580.0	0.0	86.77	268.0	773.4
430.0	0.0	131.97	262.7	680.7
280.0	0.0	185.3	257.4	586.5

#### Solicitaciones en el muro

Cota	Origen ordenada mínima del muro (cm).
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección de cálculo (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
929.6	0.0	13.04	-0.35	46.4
890.0	0.55	19.16	-0.65	50.9
880.0	0.86	20.78	-0.69	52.0
730.0	13.96	49.73	5.51	69.0
580.0	42.84	86.77	40.37	86.0
430.0	87.48	131.97	126.94	103.0
280.0	147.89	185.3	288.0	120.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afv	Área barras lado exterior.
Afm	Área barras lado interno.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	12.99	299.5	S	301.79	613.34	1.67
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	19.09	333.68	S	171.88	68.15	436.73
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	20.76	342.11	S	173.73	68.15	280.53
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	49.64	475.81	S	200.46	68.15	19.24
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	86.7	617.67	S	231.92	68.15	7.01
12Ø14 (18.47)	14Ø14 (21.55)	131.99	886.22	S	267.24	68.15	3.83
12Ø14 (18.47)	16Ø14 (24.63)	185.29	1207.48	S	301.79	68.15	2.5

#### VERIFICACIONES GLOBALES

Plano de rotura que pasa por (xr1,yr1) = (640.0/140.0)  
 Plano de rotura que pasa por (xr2,yr2) = (640.0/968.5)  
 Centro de rotación (xro,yro) = (0.0/140.0)

#### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m³);
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
968.5	923.8	16.99	13.0	5.0	5.0	10.79	0.0
923.8	880.0	19.61	359.02	28.0	28.0	0.0	0.0

880.0	730.0	19.61	359.02	28.0	28.0	0.0	0.0
730.0	580.0	19.61	359.02	28.0	28.0	0.0	0.0
580.0	430.0	19.61	359.02	28.0	28.0	0.0	0.0
430.0	280.0	19.61	359.02	28.0	28.0	0.0	0.0
280.0	158.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0
158.0	149.4	14.99	0.46	6.0	0.0	20.59	0.0
149.4	140.0	14.99	0.46	6.0	0.0	20.59	0.0

### Coeficientes de empuje e inclinación

$\mu$	Ángulo de dirección del empuje.
Ka	Coefficiente de empuje activo.
Kd	Coefficiente de empuje dinámico.
Dk	Coefficiente de incremento dinámico.
Kax, Kay	Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.
Dkx, Dky	Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
5.0	0.98	0.0	0.0	0.97	0.09	0.0	0.0
28.0	0.31	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.0	0.31	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.0	0.31	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.0	0.31	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.0	0.31	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
0.0	0.82	0.0	0.0	0.82	0.0	0.0	0.0
0.0	0.82	0.0	0.0	0.82	0.0	0.0	0.0

### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi	Cota inicio estrato.
Qf	Cota inicio estrato.
Rpx, Rpy	Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);
Z(Rpx)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);
Z(Rpy)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	968.5	923.8	0.0	0.0	946.15	946.15
2	923.8	880.0	3.76	0.56	900.88	898.28
3	880.0	730.0	20.8	6.14	797.63	791.71
4	730.0	580.0	33.07	12.66	650.36	648.56
5	580.0	430.0	45.34	19.18	501.62	500.75
6	430.0	280.0	57.61	25.71	352.34	351.83
7	280.0	158.0	57.06	23.56	217.14	219.0
8	158.0	149.4	1.23	1.66	153.65	153.7
9	149.4	140.0	1.45	1.82	144.64	144.7

### EMPUJES EN CIMENTACIÓN

#### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
$\beta$	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);

Notas En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$
280.0	140.0	14.99	180.46	6.0	0.0	20.59	180.0
140.0	0.0	14.99	180.46	6.0	6.0	20.59	180.0

#### Coefficientes de empuje e inclinación

$\mu$  Ángulo de dirección del empuje.  
 $K_p$  Coeficiente de resistencia pasiva.  
 $K_{px}, K_{py}$  Componentes según x e y del coeficiente de resistencia pasiva.

$\mu$	$K_p$	$K_{px}$	$K_{py}$
180.0	1.23	-1.23	0.0
186.0	1.23	-1.23	-0.13

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

$Q_i$  Cota inicio estrato.  
 $Q_f$  Cota inicio estrato.  
 $R_{px}, R_{py}$  Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);  
 $Z(R_{px})$  Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);  
 $Z(R_{py})$  Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	$Q_i$	$Q_f$	$R_{px}$	$R_{py}$	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	280.0	140.0	-82.16	0.0	204.85	140.0
2	140.0	0.0	-117.96	0.0	66.43	0.0

#### Solicitaciones totales

$F_x$  Fuerza en dirección x (kN);  
 $F_y$  Fuerza en dirección y (kN);  
 $M$  Momento (kNm);

	$F_x$	$F_y$	$M$
Empuje terreno	220.34	91.29	80.51
Peso muro	0.0	185.3	-476.95
Peso cimentación	0.0	285.61	-913.95
Peso tacón	0.0	53.55	-128.52
Sobrecarga	0.0	0.0	0.0
Terr. cimentación	0.0	562.56	-2660.34
Empuje cimentación	-200.13	0.0	33.49
	<b>20.21</b>	<b>1178.3</b>	<b>-4065.76</b>

Momento estabilizador -4677.24 kNm  
 Momento de vuelco 611.47 kNm

#### PUNTERA

$X_{progr.}$  Abscisa progresiva (cm);  
 $F_x$  Fuerza en dirección x (kN);  
 $F_y$  Fuerza en dirección y (kN);  
 $M$  Momento (kNm);  
 $H$  Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
180.0	-82.16	-195.13	-164.78	140.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
19Ø14 (29.25)	12Ø14 (18.47)	82.09	1590.71	S	341.68	68.15	2.1

#### TALÓN

Xprogr.	Abscisa progresiva (cm);
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
300.0	1.45	227.63	-122.96	140.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	25Ø14 (38.48)	1.36	2014.41	S	371.36	477.04	3.73

#### TACÓN

Cota	Cota respecto a la coronación del muro.
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
140.0	152.64	-821.16	1552.68	120.0

### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
35Ø14 (53.88)	12Ø14 (18.47)	21.73	2368.16	S	382.44	954.08	2.44

### A2+M2+R2 [GEO+STR]

### CÁLCULO EMPUJES

#### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m³);
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
1030.0	929.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
929.6	890.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
890.0	880.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
880.0	730.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
730.0	580.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
580.0	430.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
430.0	280.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0

#### Coefficientes de empuje e inclinación

μ	Ángulo de dirección del empuje.
Ka	Coefficiente de empuje activo.
Kd	Coefficiente de empuje dinámico.
Dk	Coefficiente de incremento dinámico.
Kax, Kay	Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.
Dkx, Dky	Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0

### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi Cota inicio estrato.  
 Qf Cota inicio estrato.  
 Rpx, Rpy Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);  
 Z(Rpx) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);  
 Z(Rpy) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1030.0	929.6	0.0	0.0	979.8	979.8
2	929.6	890.0	0.6	0.0	903.2	890.0
3	890.0	880.0	0.34	0.0	884.81	880.0
4	880.0	730.0	14.27	0.0	789.95	730.0
5	730.0	580.0	31.46	0.0	648.17	580.0
6	580.0	430.0	48.64	0.0	500.58	430.0
7	430.0	280.0	65.83	0.0	351.74	280.0

### CARACTERÍSTICAS MURO (Peso, Baricentro, Inercia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Fuerza inercial (kN);  
 Xp, Yp Coordenadas baricentro de pesos (cm);

Cota	Px	Py	Xp	Yp
929.6	0.0	10.03	279.5	977.5
890.0	0.0	14.74	278.3	955.7
880.0	0.0	15.99	278.0	950.1
730.0	0.0	38.25	273.1	863.7
580.0	0.0	66.74	268.0	773.4
430.0	0.0	101.51	262.7	680.7
280.0	0.0	142.53	257.4	586.5

### Solicitaciones en el muro

Cota Origen ordenada mínima del muro (cm).  
 Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altura sección de cálculo (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
929.6	0.0	10.03	-0.27	46.4
890.0	0.6	14.74	-0.47	50.9
880.0	0.94	15.99	-0.48	52.0
730.0	15.21	38.25	7.21	69.0
580.0	46.67	66.74	47.05	86.0
430.0	95.31	101.51	144.31	103.0
280.0	161.14	142.53	324.12	120.0

### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afv Área barras lado exterior.  
 Afr Área barras lado interno.  
 Nu Esfuerzo normal último (kN);  
 Mu Momento flector último (kNm);  
 Vcd Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);

Vwd Resistencia a corte plegados (kN);  
 Sic. VT Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).  
 Vsdu Corte de cálculo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	10.05	298.91	S	301.79	68.15	2.5
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	14.64	332.68	S	171.88	68.15	400.83
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	16.02	341.03	S	173.73	68.15	257.47
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	38.25	472.24	S	200.46	68.15	17.66
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	66.71	609.71	S	231.92	68.15	6.43
12Ø14 (18.47)	14Ø14 (21.55)	101.6	871.6	S	267.24	68.15	3.52
12Ø14 (18.47)	16Ø14 (24.63)	142.55	1183.35	S	301.79	68.15	2.3

### VERIFICACIONES GLOBALES

Plano de rotura que pasa por (xr1,yr1) = (640.0/140.0)  
 Plano de rotura que pasa por (xr2,yr2) = (640.0/968.5)  
 Centro de rotación (xro,yro) = (0.0/140.0)

### Discretización terreno

Qi Cota inicial estrato (cm);  
 Qf Cota final estrato (cm).  
 G Peso específico (KN/m³);  
 Eps Inclinación del estrato. (°);  
 Fi Ángulo de resistencia al corte (°);  
 Delta Ángulo de rozamiento terreno-muro;  
 c Cohesión (kPa);  
 ß Ángulo perpendicular al paramento interno (°);  
 Notas En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß
968.5	923.8	16.99	13.0	4.55	4.55	8.99	0.0
923.8	880.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
880.0	730.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
730.0	580.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
580.0	430.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
430.0	280.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
280.0	158.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
158.0	149.4	14.99	0.46	5.46	0.0	17.16	0.0
149.4	140.0	14.99	0.46	5.46	0.0	17.16	0.0

### Coefficientes de empuje e inclinación

μ Ángulo de dirección del empuje.  
 Ka Coeficiente de empuje activo.  
 Kd Coeficiente de empuje dinámico.  
 Dk Coeficiente de incremento dinámico.  
 Kax, Kay Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.  
 Dkx, Dky Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
4.55	0.98	0.0	0.0	0.97	0.08	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0

25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.83	0.0	0.0	0.83	0.0	0.0	0.0
0.0	0.83	0.0	0.0	0.83	0.0	0.0	0.0

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi Cota inicio estrato.  
 Qf Cota inicio estrato.  
 Rpx, Rpy Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);  
 Z(Rpx) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);  
 Z(Rpy) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	968.5	923.8	0.0	0.0	946.15	946.15
2	923.8	880.0	3.82	0.54	900.8	898.11
3	880.0	730.0	21.81	6.06	797.25	791.52
4	730.0	580.0	35.34	12.6	650.22	648.51
5	580.0	430.0	48.87	19.14	501.54	500.73
6	430.0	280.0	62.39	25.68	352.29	351.82
7	280.0	158.0	61.93	23.54	217.13	219.0
8	158.0	149.4	2.12	1.66	153.67	153.7
9	149.4	140.0	2.42	1.81	144.66	144.7

#### EMPUJES EN CIMENTACIÓN

##### Discretización terreno

Qi Cota inicial estrato (cm);  
 Qf Cota final estrato (cm).  
 G Peso específico (KN/m<sup>3</sup>);  
 Eps Inclinação del estrato. (°);  
 Fi Ángulo de resistencia al corte (°);  
 Delta Ángulo de rozamiento terreno-muro;  
 c Cohesión (kPa);  
 β Ángulo perpendicular al paramento interno (°);  
 Notas En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
280.0	140.0	14.99	180.46	5.46	0.0	17.16	180.0
140.0	0.0	14.99	180.46	5.46	5.46	17.16	180.0

#### Coefficientes de empuje e inclinación

μ Ángulo de dirección del empuje.  
 Kp Coeficiente de resistencia pasiva.  
 Kpx, Kpy Componentes según x e y del coeficiente de resistencia pasiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
180.0	1.21	-1.21	0.0
185.46	1.21	-1.2	-0.12

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi Cota inicio estrato.  
 Qf Cota inicio estrato.  
 Rpx, Rpy Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);

Z(Rpx) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);  
 Z(Rpy) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	280.0	140.0	-70.65	0.0	204.13	140.0
2	140.0	0.0	-105.89	0.0	66.1	0.0

#### Solicitaciones totales

Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Empuje terreno	238.7	91.02	127.45
Peso muro	0.0	142.53	-366.88
Peso cimentación	0.0	219.7	-703.04
Peso tacón	0.0	41.19	-98.86
Sobrecarga	0.0	0.0	0.0
Terr. cimentación	0.0	432.74	-2046.41
Empuje cimentación	-176.54	0.0	32.95
	<b>62.15</b>	<b>927.19</b>	<b>-3054.8</b>

Momento estabilizador -3719.5 kNm  
 Momento de vuelco 664.7 kNm

#### Verificación traslación

Sumatorio fuerzas horizontales	238.7 kN
Sumatorio fuerzas verticales	927.19 kN
Coefficiente de rozamiento	0.1
Adhesión	12.01 kPa
Ángulo plano de deslizamiento	-25.02 °
Fuerzas normales plano de deslizamiento	941.14 kN
Fuerzas paralelas al plano de deslizamiento	-175.79 kN
Resistencia terreno	343.35 kN
<b>Coef. seguridad traslación Csd</b>	<b>1.95</b>

**Traslación verificada Csd > 1**

#### Verificación vuelco

Momento estabilizador	-3719.5 kNm
Momento de vuelco	664.7 kNm
<b>Coef. seguridad vuelco Csv</b>	<b>5.6</b>

**Muro verificado a vuelco Csv > 1**

#### Carga límite vertical VESIC

Suma fuerzas en dirección x (Fx)	62.15 kN
Suma fuerzas en dirección y (Fy)	927.19 kN
Suma momentos	-3054.8 kNm
Ancho cimentación	640.0 cm
Longitud	100.0 cm
Excentricidad sobre B	9.47 cm
Peso específico	14.99 KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de resistencia al corte	5.46 °

Cohesión	17.16 kPa
Terreno sobre la cimentación	140.0 cm
Peso terreno sobre el plano de colocación	14.99 KN/m <sup>3</sup>
Nq	1.63
Nc	6.63
Ng	0.5
Factores de forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinación cargas	
iq	0.94
ic	0.85
ig	0.91
Factors depth	
dq	1.04
dc	1.09
dg	1.0
Carga límite vertical (Qlim)	991.81 kN
<b>Factor de seguridad (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>1.07</b>

### Carga límite verificada $Csq > 1$

#### Tensiones sobre el terreno

---

Abscisa centro sollicitación	329.47 cm
Ancho de la cimentación	640.0 cm
x = 0.0 cm	132.01 kPa
x = 640.0 cm	157.73 kPa

#### PUNTERA

Xprogr.	Abscisa progresiva (cm);
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
180.0	-70.65	-182.34	-158.0	140.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si $\geq 1$ ).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
19Ø14 (29.25)	12Ø14 (18.47)	70.58	1583.09	S	341.68	68.15	2.25

## TALÓN

Xprogr.	Abscisa progresiva (cm);
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
300.0	2.42	374.17	-403.38	140.0

### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	25Ø14 (38.48)	2.48	2015.11	S	371.36	477.04	2.27

## TACÓN

Cota	Cota respecto a la coronación del muro.
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
140.0	53.41	-587.4	1167.57	120.0

### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
35Ø14 (53.88)	12Ø14 (18.47)	21.73	2368.16	S	382.44	954.08	2.44

## EQU+M2 [GEO+STR]

## CÁLCULO EMPUJES

### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
1030.0	929.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
929.6	890.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
890.0	880.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
880.0	730.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
730.0	580.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
580.0	430.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
430.0	280.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0

### Coefficientes de empuje e inclinación

μ	Ángulo de dirección del empuje.
Ka	Coefficiente de empuje activo.
Kd	Coefficiente de empuje dinámico.
Dk	Coefficiente de incremento dinámico.
Kax, Kay	Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.
Dkx, Dky	Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0

### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi	Cota inicio estrato.
Qf	Cota inicio estrato.
Rpx, Rpy	Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);
Z(Rpx)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);
Z(Rpy)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1030.0	929.6	0.0	0.0	979.8	979.8
2	929.6	890.0	0.66	0.0	903.2	890.0
3	890.0	880.0	0.37	0.0	884.81	880.0
4	880.0	730.0	15.7	0.0	789.95	730.0
5	730.0	580.0	34.6	0.0	648.17	580.0
6	580.0	430.0	53.51	0.0	500.58	430.0
7	430.0	280.0	72.41	0.0	351.74	280.0

### CARACTERÍSTICAS MURO (Peso, Baricentro, Inercia)

Py      Peso del muro (kN);  
 Px      Fuerza inercial (kN);  
 Xp, Yp    Coordenadas baricentro de pesos (cm);

Cota	Px	Py	Xp	Yp
929.6	0.0	9.03	279.5	977.5
890.0	0.0	13.26	278.3	955.7
880.0	0.0	14.39	278.0	950.1
730.0	0.0	34.43	273.1	863.7
580.0	0.0	60.07	268.0	773.4
430.0	0.0	91.36	262.7	680.7
280.0	0.0	128.28	257.4	586.5

### Solicitaciones en el muro

Cota      Origen ordenada mínima del muro (cm).  
 Fx      Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy      Fuerza en dirección y (kN);  
 M      Momento (kNm);  
 H      Altura sección de cálculo (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
929.6	0.0	9.03	-0.24	46.4
890.0	0.66	13.26	-0.41	50.9
880.0	1.03	14.39	-0.4	52.0
730.0	16.73	34.43	8.52	69.0
580.0	51.34	60.07	53.22	86.0
430.0	104.84	91.36	161.63	103.0
280.0	177.25	128.28	361.49	120.0

### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afv      Área barras lado exterior.  
 Afm      Área barras lado interno.  
 Nu      Esfuerzo normal último (kN);  
 Mu      Momento flector último (kNm);  
 Vcd      Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);  
 Vwd      Resistencia a corte plegados (kN);  
 Sic. VT    Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).  
 Vsdu      Corte de cálculo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	9.05	298.71	S	301.79	68.15	2.3
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	13.25	332.37	S	171.88	68.15	364.4
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	14.39	340.66	S	173.73	68.15	234.06
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	34.37	471.02	S	200.46	68.15	16.05
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	60.01	607.04	S	231.92	68.15	5.85
12Ø14 (18.47)	14Ø14 (21.55)	91.35	866.66	S	267.24	68.15	3.2
12Ø14 (18.47)	16Ø14 (24.63)	128.26	1175.28	S	301.79	68.15	2.09

### VERIFICACIONES GLOBALES

Plano de rotura que pasa por (xr1,yr1) = (640.0/140.0)

Plano de rotura que pasa por (xr2,yr2) = (640.0/968.5)

Centro de rotación (xro,yro) = (0.0/140.0)

#### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m³);
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
968.5	923.8	16.99	13.0	4.55	4.55	8.99	0.0
923.8	880.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
880.0	730.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
730.0	580.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
580.0	430.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
430.0	280.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
280.0	158.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
158.0	149.4	14.99	0.46	5.46	0.0	17.16	0.0
149.4	140.0	14.99	0.46	5.46	0.0	17.16	0.0

#### Coefficientes de empuje e inclinación

μ	Ángulo de dirección del empuje.
Ka	Coefficiente de empuje activo.
Kd	Coefficiente de empuje dinámico.
Dk	Coefficiente de incremento dinámico.
Kax, Kay	Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.
Dkx, Dky	Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
4.55	0.98	0.0	0.0	0.97	0.08	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.83	0.0	0.0	0.83	0.0	0.0	0.0
0.0	0.83	0.0	0.0	0.83	0.0	0.0	0.0

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi	Cota inicio estrato.
Qf	Cota inicio estrato.
Rpx, Rpy	Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);
Z(Rpx)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);
Z(Rpy)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	968.5	923.8	0.0	0.0	946.15	946.15
2	923.8	880.0	4.2	0.59	900.8	898.11
3	880.0	730.0	23.99	6.67	797.25	791.52

4	730.0	580.0	38.87	13.86	650.22	648.51
5	580.0	430.0	53.75	21.05	501.54	500.73
6	430.0	280.0	68.63	28.24	352.29	351.82
7	280.0	158.0	68.12	25.9	217.13	219.0
8	158.0	149.4	2.33	1.66	153.67	153.7
9	149.4	140.0	2.66	1.81	144.66	144.7

## EMPUJES EN CIMENTACIÓN

### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
280.0	140.0	14.99	180.46	5.46	0.0	17.16	180.0
140.0	0.0	14.99	180.46	5.46	5.46	17.16	180.0

### Coefficientes de empuje e inclinación

μ	Ángulo de dirección del empuje.
Kp	Coefficiente de resistencia pasiva.
Kpx, Kpy	Componentes según x e y del coeficiente de resistencia pasiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
180.0	1.21	-1.21	0.0
185.46	1.21	-1.2	-0.12

### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi	Cota inicio estrato.
Qf	Cota inicio estrato.
Rpx, Rpy	Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);
Z(Rpx)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);
Z(Rpy)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	280.0	140.0	-70.65	0.0	204.13	140.0
2	140.0	0.0	-105.89	0.0	66.1	0.0

### Solicitaciones totales

Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Empuje terreno	262.57	99.78	142.42
Peso muro	0.0	128.28	-330.2
Peso cimentación	0.0	197.73	-632.73

Peso tacón	0.0	37.07	-88.98
Sobrecarga	0.0	0.0	0.0
Terr. cimentación	0.0	432.74	-2046.41
Empuje cimentación	-176.54	0.0	32.95
	<b>86.02</b>	<b>895.6</b>	<b>-2922.95</b>

Momento estabilizador	-3658.66 kNm
Momento de vuelco	735.7 kNm

#### Verificación traslación

Sumatorio fuerzas horizontales	262.57 kN
Sumatorio fuerzas verticales	895.6 kN
Coefficiente de rozamiento	0.1
Adhesión	12.01 kPa
Ángulo plano de deslizamiento	-25.02 °
Fuerzas normales plano de deslizamiento	922.61 kN
Fuerzas paralelas al plano de deslizamiento	-140.8 kN
Resistencia terreno	341.58 kN
<b>Coef. seguridad traslación Csd</b>	<b>2.43</b>
<b>Traslación verificada Csd&gt;1</b>	

#### Verificación vuelco

Momento estabilizador	-3658.66 kNm
Momento de vuelco	735.7 kNm
<b>Coef. seguridad vuelco Csv</b>	<b>4.97</b>
<b>Muro verificado a vuelco Csv&gt;1</b>	

#### Carga límite vertical VESIC

Suma fuerzas en dirección x (Fx)	86.02 kN
Suma fuerzas en dirección y (Fy)	895.6 kN
Suma momentos	-2922.95 kNm
Ancho cimentación	640.0 cm
Longitud	100.0 cm
Excentricidad sobre B	6.37 cm
Peso específico	14.99 KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de resistencia al corte	5.46 °
Cohesión	17.16 kPa
Terreno sobre la cimentación	140.0 cm
Peso terreno sobre el plano de colocación	14.99 KN/m <sup>3</sup>
Nq	1.63
Nc	6.63
Ng	0.5
Factores de forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinación cargas	
iq	0.92
ic	0.79
ig	0.88
Factors depth	
dq	1.03
dc	1.09
dg	1.0
Carga límite vertical (Qlim)	945.44 kN

Factor de seguridad ( $C_{sq}=Q_{lim}/F_y$ )

1.06

**Carga límite verificada  $C_{sq}>1$**

**Tensiones sobre el terreno**

---

Abscisa centro sollicitación	326.37 cm
Ancho de la cimentación	640.0 cm
x = 0.0 cm	131.58 kPa
x = 640.0 cm	148.29 kPa

**PUNTERA**

Xprogr. Abscisa progresiva (cm);  
Fx Fuerza en dirección x (kN);  
Fy Fuerza en dirección y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altura sección (cm);

---

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
180.0	-70.65	-185.48	-161.57	140.0

**Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)**

Afi Área barras inferiores.  
Afs Área barras superiores.  
Nu Esfuerzo normal último (kN);  
Mu Momento flector último (kNm);  
Vcd Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);  
Vwd Resistencia a corte plegados (kN);  
Sic. VT Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si  $\geq 1$ ).  
Vsdu Corte de cálculo (kN);

---

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
19Ø14 (29.25)	12Ø14 (18.47)	70.58	1583.09	S	341.68	68.15	2.21

**TALÓN**

Xprogr. Abscisa progresiva (cm);  
Fx Fuerza en dirección x (kN);  
Fy Fuerza en dirección y (kN);  
M Momento (kNm);  
H Altura sección (cm);

---

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
300.0	2.66	395.21	-459.22	140.0

**Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)**

Afi Área barras inferiores.  
Afs Área barras superiores.  
Nu Esfuerzo normal último (kN);  
Mu Momento flector último (kNm);

Vcd Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);  
 Vwd Resistencia a corte plegados (kN);  
 Sic. VT Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).  
 Vsdu Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	25Ø14 (38.48)	2.71	2015.25	S	371.36	477.04	2.15

#### TACÓN

Cota Cota respecto a la coronación del muro.  
 Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altura sección (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
140.0	21.7	-548.64	1128.13	120.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi Área barras inferiores.  
 Afs Área barras superiores.  
 Nu Esfuerzo normal último (kN);  
 Mu Momento flector último (kNm);  
 Vcd Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);  
 Vwd Resistencia a corte plegados (kN);  
 Sic. VT Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).  
 Vsdu Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
35Ø14 (53.88)	12Ø14 (18.47)	21.73	2368.16	S	382.44	954.08	2.44

### Anexo 11.2. Talud 4 Perfil 4 muro

#### Datos generales

Normativa GEO	Euro códigos
Normativa STRU	Euro códigos
Empuje	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

#### Datos generales muro

Altura muro	750.0 cm
Espesor coronación muro	35.0 cm
Alargamiento en base muro intradós	85.0 cm
Alargamiento en base muro trasdós	0.0 cm
Placa en ménsula frontal	180.0 cm
Placa en ménsula en el trasdós	340.0 cm
Ángulo de ensanchamiento ménsula frontal	0.0 cm
Altura placa lado externo	140.0 cm
Altura placa lado interno	140.0 cm
Distancia tacón-talón	340.0 cm
Altura tacón	200.0 cm
Espesor tacón	120.0 cm

#### CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Conglomerado:

Nr.	Clase Hormigón	fck,cubos [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	30550.21	20	11.55	1.05	2.25
2	C25/30	30	32089.96	25	14.44	1.21	2.61
3	C28/35	35	32936.31	28	16.17	1.31	2.81
4	C40/50	51	35913.83	40	20.22	1.52	3.26

Acciai:

Nr.	Clase acero	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	$\beta 1*\beta 2$ inicial	$\beta 1*\beta 2$ final
1	B450C	203940	458.87	399.01	550.64	399.01	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	203940	458.87	399.01	550.64	458.87	.075	.0675	1	0.5
3	B450C**	203940	458.87	399.01	467.33	406.35	.012	.01	1	0.5
4	S235H	214137	244.73	212.81	367.09	212.81	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	214137	285.52	248.3	438.47	248.3	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	214137	367.09	319.17	520.05	367.09	0.012	0.01	1	0.5

Materiales empleados para realizar muro C20/25 B450C

Recubrimiento, Alzado 3.0 cm  
 Recubrimiento, Cimentación 3.0 cm  
 Recubrimiento, Tacón 3.0 cm

#### Estratigrafía

Ns	Espesor estrato (cm)	Inclinación estrato. (°)	Peso del específico (KN/m³)	Ángulo de resistencia a al corte (°)	Cohesión (kPa)	Ángulo de rozamiento terreno muro (°)	Presencia nivel freático (Si/No)	Litología	Descripción
1	200	17	16.99	5	10.79	0	No		0
2		17	14.99	6	20.59	0	No		0
3	862	359	19.61	28	0.00	0	No		0
4		359	16.99	5	10.79	0	No		0
5		359	14.99	6	20.59	0	No		0
6	1057	0	23.54	30	19.61	0	No		0

#### A1+M1+R1 [STR]

#### CÁLCULO EMPUJES

##### Discretización terreno

Qi Cota inicial estrato (cm);  
 Qf Cota final estrato (cm).  
 G Peso específico (KN/m³);  
 Eps Inclinación del estrato. (°);

Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
1090.0	940.0	16.99	17.0	5.0	0.0	10.79	0.0
940.0	890.0	16.99	17.0	5.0	0.0	10.79	0.0
890.0	790.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0
790.0	640.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0
640.0	490.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0
490.0	340.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0

#### Coefficientes de empuje e inclinación

μ	Ángulo de dirección del empuje.
Ka	Coefficiente de empuje activo.
Kd	Coefficiente de empuje dinámico.
Dk	Coefficiente de incremento dinámico.
Kax, Kay	Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.
Dkx, Dky	Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	0.97	0.0	0.0	0.97	0.0	0.0	0.0
0.0	0.97	0.0	0.0	0.97	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi	Cota inicio estrato.
Qf	Cota inicio estrato.
Rpx, Rpy	Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);
Z(Rpx)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);
Z(Rpy)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1090.0	940.0	0.37	0.0	947.1	940.0
2	940.0	890.0	3.83	0.0	910.5	890.0
3	890.0	790.0	36.57	0.0	838.4	790.0
4	790.0	640.0	68.0	0.0	712.1	640.0
5	640.0	490.0	83.77	0.0	562.65	490.0
6	490.0	340.0	99.54	0.0	413.02	340.0

#### CARACTERÍSTICAS MURO (Peso, Baricentro, Inercia)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Fuerza inercial (kN);
Xp, Yp	Coordenadas baricentro de pesos (cm);

	Cota	Px	Py	Xp	Yp
	940.0	0.0	20.82	278.0	1010.1
	890.0	0.0	29.55	276.4	981.8

790.0	0.0	49.73	273.1	923.7
640.0	0.0	86.77	268.0	833.4
490.0	0.0	131.97	262.7	740.7
340.0	0.0	185.26	257.4	646.5

#### Solicitaciones en el muro

Cota	Origen ordenada mínima del muro (cm).
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección de cálculo (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
940.0	0.37	20.82	-0.81	52.0
890.0	4.2	29.55	-0.55	57.7
790.0	40.77	49.73	19.12	69.0
640.0	108.77	86.77	123.55	86.0
490.0	192.55	131.97	338.37	103.0
340.0	292.09	185.26	686.38	120.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afv	Área barras lado exterior.
Afm	Área barras lado interno.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	20.76	342.11	S	173.73	68.15	645.32
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	29.53	386.16	S	183.05	68.15	59.78
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	49.64	475.81	S	200.46	68.15	6.59
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	86.7	617.67	S	231.92	68.15	2.76
12Ø14 (18.47)	14Ø14 (21.55)	131.99	886.22	S	267.24	68.15	1.74
12Ø14 (18.47)	21Ø14 (32.33)	185.18	1545.4	S	322.56	408.89	2.5

#### VERIFICACIONES GLOBALES

Plano de rotura que pasa por (xr1,yr1) = (640.0/200.0)  
 Plano de rotura que pasa por (xr2,yr2) = (640.0/1193.9)  
 Centro de rotación (xro,yro) = (0.0/200.0)

#### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m³);
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$
1193.9	1090.0	16.99	17.0	5.0	5.0	10.79	0.0
1090.0	991.6	16.99	17.0	5.0	5.0	10.79	0.0
991.6	940.0	14.99	16.64	6.0	6.0	20.59	0.0
940.0	884.2	14.99	16.64	6.0	6.0	20.59	0.0
884.2	790.0	19.61	359.02	28.0	28.0	0.0	0.0
790.0	640.0	19.61	359.02	28.0	28.0	0.0	0.0
640.0	490.0	19.61	359.02	28.0	28.0	0.0	0.0
490.0	340.0	19.61	359.02	28.0	28.0	0.0	0.0
340.0	200.0	19.61	359.02	28.0	0.0	0.0	0.0

### Coeficientes de empuje e inclinación

$\mu$  Ángulo de dirección del empuje.  
 Ka Coeficiente de empuje activo.  
 Kd Coeficiente de empuje dinámico.  
 Dk Coeficiente de incremento dinámico.  
 Kax, Kay Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.  
 Dkx, Dky Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
5.0	0.98	0.0	0.0	0.97	0.09	0.0	0.0
5.0	0.98	0.0	0.0	0.97	0.09	0.0	0.0
6.0	0.97	0.0	0.0	0.97	0.1	0.0	0.0
6.0	0.97	0.0	0.0	0.97	0.1	0.0	0.0
28.0	0.31	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.0	0.31	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.0	0.31	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
28.0	0.31	0.0	0.0	0.28	0.15	0.0	0.0
0.0	0.36	0.0	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0

### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi Cota inicio estrato.  
 Qf Cota inicio estrato.  
 Rpx, Rpy Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);  
 Z(Rpx) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);  
 Z(Rpy) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1193.9	1090.0	0.0	0.0	1141.95	1141.95
2	1090.0	991.6	4.51	0.39	1016.21	1016.21
3	991.6	940.0	0.01	0.0	941.15	940.0
4	940.0	884.2	2.54	0.03	903.83	891.1
5	884.2	790.0	48.64	5.59	836.32	833.49
6	790.0	640.0	87.43	14.21	713.25	709.26
7	640.0	490.0	99.7	20.73	563.46	561.07
8	490.0	340.0	111.97	27.26	413.63	412.01
9	340.0	200.0	117.1	28.48	268.63	270.0

### EMPUJES EN CIMENTACIÓN

#### Discretización terreno

Qi Cota inicial estrato (cm);  
 Qf Cota final estrato (cm).  
 G Peso específico (KN/m<sup>3</sup>);

Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
$\beta$	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$
340.0	200.0	19.61	179.02	28.0	0.0	0.0	180.0
200.0	0.0	19.61	179.02	28.0	28.0	0.0	180.0

#### Coefficientes de empuje e inclinación

$\mu$	Ángulo de dirección del empuje.
Kp	Coefficiente de resistencia pasiva.
Kpx, Kpy	Componentes según x e y del coeficiente de resistencia pasiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
180.0	2.77	-2.77	0.0
208.0	2.77	-2.45	-1.3

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi	Cota inicio estrato.
Qf	Cota inicio estrato.
Rpx, Rpy	Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);
Z(Rpx)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);
Z(Rpy)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	340.0	200.0	-53.24	0.0	246.67	200.0
2	200.0	0.0	-248.05	-51.0	87.11	66.67

#### Solicitaciones totales

Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Empuje terreno	471.9	96.7	876.03
Peso muro	0.0	185.26	-476.87
Peso cimentación	0.0	285.61	-913.95
Peso tacón	0.0	76.5	-183.61
Sobrecarga	0.0	0.0	0.0
Terr. cimentación	0.0	665.97	-3149.26
Empuje cimentación	-301.29	-51.0	255.18
	<b>170.61</b>	<b>1259.04</b>	<b>-3592.47</b>

Momento estabilizador	-5062.55 kNm
Momento de vuelco	1470.08 kNm

#### PUNTERA

Xprogr.	Abcisa progresiva (cm);
---------	-------------------------

Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
180.0	-53.24	-356.5	-318.04	140.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afi Área barras inferiores.  
 Afs Área barras superiores.  
 Nu Esfuerzo normal último (kN);  
 Mu Momento flector último (kNm);  
 Vcd Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);  
 Vwd Resistencia a corte plegados (kN);  
 Sic. VT Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).  
 Vsdu Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
25Ø14 (38.48)	12Ø14 (18.47)	53.29	2046.94	S	371.36	477.04	2.38

#### TALÓN

Xprogr. Abscisa progresiva (cm);  
 Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
300.0	117.1	193.74	-575.34	140.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi Área barras inferiores.  
 Afs Área barras superiores.  
 Nu Esfuerzo normal último (kN);  
 Mu Momento flector último (kNm);  
 Vcd Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);  
 Vwd Resistencia a corte plegados (kN);  
 Sic. VT Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).  
 Vsdu Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	26Ø14 (40.02)	117.11	2164.02	S	376.24	545.19	4.76

#### TACÓN

Cota Cota respecto a la coronación del muro.  
 Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altura sección (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
200.0	29.89	-803.27	1290.06	120.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
31Ø14 (47.72)	12Ø14 (18.47)	146.37	2175.27	S	367.27	885.93	3.1

#### A2+M2+R2 [GEO+STR]

#### CÁLCULO EMPUJES

##### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m³);
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
1090.0	940.0	16.99	17.0	4.55	0.0	8.99	0.0
940.0	890.0	16.99	17.0	4.55	0.0	8.99	0.0
890.0	790.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
790.0	640.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
640.0	490.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
490.0	340.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0

##### Coefficientes de empuje e inclinación

μ	Ángulo de dirección del empuje.
Ka	Coefficiente de empuje activo.
Kd	Coefficiente de empuje dinámico.
Dk	Coefficiente de incremento dinámico.
Kax, Kay	Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.
Dkx, Dky	Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	0.97	0.0	0.0	0.97	0.0	0.0	0.0
0.0	0.97	0.0	0.0	0.97	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0

0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi Cota inicio estrato.  
 Qf Cota inicio estrato.  
 Rpx, Rpy Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);  
 Z(Rpx) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);  
 Z(Rpy) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1090.0	940.0	1.52	0.0	954.27	940.0
2	940.0	890.0	5.61	0.0	911.93	890.0
3	890.0	790.0	36.93	0.0	838.28	790.0
4	790.0	640.0	69.71	0.0	711.92	640.0
5	640.0	490.0	86.9	0.0	562.53	490.0
6	490.0	340.0	104.08	0.0	412.94	340.0

#### CARACTERÍSTICAS MURO (Peso, Baricentro, Inercia)

Py Peso del muro (kN);  
 Px Fuerza inercial (kN);  
 Xp, Yp Coordenadas baricentro de pesos (cm);

Cota	Px	Py	Xp	Yp
940.0	0.0	16.01	278.0	1010.1
890.0	0.0	22.73	276.4	981.8
790.0	0.0	38.25	273.1	923.7
640.0	0.0	66.74	268.0	833.4
490.0	0.0	101.51	262.7	740.7
340.0	0.0	142.51	257.4	646.5

#### Solicitaciones en el muro

Cota Origen ordenada mínima del muro (cm).  
 Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altura sección de cálculo (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
940.0	1.52	16.01	-0.42	52.0
890.0	7.13	22.73	1.01	57.7
790.0	44.06	38.25	24.26	69.0
640.0	113.77	66.74	136.05	86.0
490.0	200.67	101.51	362.66	103.0
340.0	304.75	142.51	729.2	120.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afv Área barras lado exterior.  
 Afr Área barras lado interno.  
 Nu Esfuerzo normal último (kN);  
 Mu Momento flector último (kNm);  
 Vcd Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);

Vwd Resistencia a corte plegados (kN);  
 Sic. VT Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).  
 Vsdu Corte de cálculo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	16.02	341.03	S	173.73	68.15	159.4
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	22.73	384.41	S	183.05	68.15	35.23
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	38.25	472.24	S	200.46	68.15	6.1
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	66.71	609.71	S	231.92	68.15	2.64
12Ø14 (18.47)	14Ø14 (21.55)	101.6	871.6	S	267.24	68.15	1.67
12Ø14 (18.47)	21Ø14 (32.33)	142.6	1522.58	S	322.56	408.89	2.4

### VERIFICACIONES GLOBALES

Plano de rotura que pasa por (xr1,yr1) = (640.0/200.0)  
 Plano de rotura que pasa por (xr2,yr2) = (640.0/1193.9)  
 Centro de rotación (xro,yro) = (0.0/200.0)

### Discretización terreno

Qi Cota inicial estrato (cm);  
 Qf Cota final estrato (cm).  
 G Peso específico (KN/m³);  
 Eps Inclinación del estrato. (°);  
 Fi Ángulo de resistencia al corte (°);  
 Delta Ángulo de rozamiento terreno-muro;  
 c Cohesión (kPa);  
 ß Ángulo perpendicular al paramento interno (°);  
 Notas En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß
1193.9	1090.0	16.99	17.0	4.55	4.55	8.99	0.0
1090.0	991.6	16.99	17.0	4.55	4.55	8.99	0.0
991.6	940.0	14.99	16.64	5.46	5.46	17.16	0.0
940.0	884.2	14.99	16.64	5.46	5.46	17.16	0.0
884.2	790.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
790.0	640.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
640.0	490.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
490.0	340.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
340.0	200.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0

### Coefficientes de empuje e inclinación

μ Ángulo de dirección del empuje.  
 Ka Coeficiente de empuje activo.  
 Kd Coeficiente de empuje dinámico.  
 Dk Coeficiente de incremento dinámico.  
 Kax, Kay Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.  
 Dkx, Dky Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
4.55	0.98	0.0	0.0	0.97	0.08	0.0	0.0
4.55	0.98	0.0	0.0	0.97	0.08	0.0	0.0
5.46	0.98	0.0	0.0	0.97	0.09	0.0	0.0
5.46	0.98	0.0	0.0	0.97	0.09	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0

25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi Cota inicio estrato.  
 Qf Cota inicio estrato.  
 Rpx, Rpy Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);  
 Z(Rpx) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);  
 Z(Rpy) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1193.9	1090.0	0.0	0.0	1141.95	1141.95
2	1090.0	991.6	7.52	0.6	1023.36	1023.36
3	991.6	940.0	1.81	0.01	956.6	943.76
4	940.0	884.2	6.32	0.3	908.76	905.48
5	884.2	790.0	48.95	5.21	836.24	833.21
6	790.0	640.0	88.96	13.61	713.1	709.0
7	640.0	490.0	102.49	20.15	563.35	560.94
8	490.0	340.0	116.01	26.69	413.54	411.94
9	340.0	200.0	122.08	27.96	268.57	270.0

#### EMPUJES EN CIMENTACIÓN

##### Discretización terreno

Qi Cota inicial estrato (cm);  
 Qf Cota final estrato (cm).  
 G Peso específico (KN/m<sup>3</sup>);  
 Eps Inclinação del estrato. (°);  
 Fi Ángulo de resistencia al corte (°);  
 Delta Ángulo de rozamiento terreno-muro;  
 c Cohesión (kPa);  
 β Ángulo perpendicular al paramento interno (°);  
 Notas En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
340.0	200.0	19.61	179.02	25.8	0.0	0.0	180.0
200.0	0.0	19.61	179.02	25.8	25.8	0.0	180.0

#### Coefficientes de empuje e inclinación

μ Ángulo de dirección del empuje.  
 Kp Coeficiente de resistencia pasiva.  
 Kpx, Kpy Componentes según x e y del coeficiente de resistencia pasiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
180.0	2.54	-2.54	0.0
205.8	2.54	-2.29	-1.11

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi Cota inicio estrato.  
 Qf Cota inicio estrato.  
 Rpx, Rpy Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);  
 Z(Rpx) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

Z(Rpy) Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	340.0	200.0	-48.84	0.0	246.67	200.0
2	200.0	0.0	-229.29	-43.37	86.95	66.67

### Solicitaciones totales

Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Empuje terreno	494.12	94.53	987.05
Peso muro	0.0	142.51	-366.82
Peso cimentación	0.0	219.7	-703.04
Peso tacón	0.0	58.85	-141.24
Sobrecarga	0.0	0.0	0.0
Terr. cimentación	0.0	512.28	-2422.51
Empuje cimentación	-278.13	-43.37	236.41
	<b>215.99</b>	<b>984.5</b>	<b>-2410.14</b>

Momento estabilizador -3979.4 kNm  
 Momento de vuelco 1569.26 kNm

### Verificación traslación

Sumatorio fuerzas horizontales	494.12 kN
Sumatorio fuerzas verticales	1027.87 kN
Coefficiente de rozamiento	0.48
Adhesión	0.0 kPa
Ángulo plano de deslizamiento	-33.69 °
Fuerzas normales plano de deslizamiento	1129.33 kN
Fuerzas paralelas al plano de deslizamiento	-159.02 kN
Resistencia terreno	824.02 kN
<b>Coef. seguridad traslación Csd</b>	<b>5.18</b>

**Traslación verificada Csd>1**

### Verificación vuelco

Momento estabilizador	-3979.4 kNm
Momento de vuelco	1569.26 kNm
<b>Coef. seguridad vuelco Csv</b>	<b>2.54</b>

**Muro verificado a vuelco Csv>1**

### Carga límite vertical VESIC

Suma fuerzas en dirección x (Fx)	215.99 kN
Suma fuerzas en dirección y (Fy)	984.5 kN
Suma momentos	-2410.14 kNm
Ancho cimentación	640.0 cm
Longitud	3200.0 cm
Excentricidad sobre B	75.19 cm
Peso específico	19.61 KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de resistencia al corte	25.8 °
Cohesión	0.0 kPa

Terreno sobre la cimentación	140.0 cm
Peso terreno sobre el plano de colocación	19.61 KN/m <sup>3</sup>
Nq	11.6
Nc	21.93
Ng	12.18
Factores de forma	
sq	1.07
sc	1.08
sg	0.94
Inclinación cargas	
iq	0.63
ic	0.59
ig	0.49
Factors depth	
dq	1.09
dc	1.11
dg	1.0
Carga límite vertical (Qlim)	2469.47 kN
<b>Factor de seguridad (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>2.51</b>

### Carga límite verificada Csq>1

#### Tensiones sobre el terreno

Abscisa centro solicitación	244.81 cm
Ancho de la cimentación	640.0 cm
x = 0.0 cm	262.26 kPa
x = 640.0 cm	45.39 kPa

#### PUNTERA

Xprogr.	Abscisa progresiva (cm);
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
180.0	-48.84	-355.38	-324.72	140.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
25Ø14 (38.48)	12Ø14 (18.47)	48.81	2044.14	S	371.36	477.04	2.39

## TALÓN

Xprogr.	Abscisa progresiva (cm);
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
300.0	122.08	373.34	-922.9	140.0

### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si $\geq 1$ ).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	26Ø14 (40.02)	122.15	2167.11	S	376.24	545.19	2.47

## TACÓN

Cota	Cota respecto a la coronación del muro.
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
200.0	-96.97	-481.78	856.17	120.0

### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si $\geq 1$ ).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
31Ø14 (47.72)	12Ø14 (18.47)	146.37	2175.27	S	367.27	885.93	3.1

## EQU+M2 [GEO+STR]

## CÁLCULO EMPUJES

### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
1090.0	940.0	16.99	17.0	4.55	0.0	8.99	0.0
940.0	890.0	16.99	17.0	4.55	0.0	8.99	0.0
890.0	790.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
790.0	640.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
640.0	490.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0
490.0	340.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0

### Coefficientes de empuje e inclinación

μ	Ángulo de dirección del empuje.
Ka	Coefficiente de empuje activo.
Kd	Coefficiente de empuje dinámico.
Dk	Coefficiente de incremento dinámico.
Kax, Kay	Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.
Dkx, Dky	Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0.0	0.97	0.0	0.0	0.97	0.0	0.0	0.0
0.0	0.97	0.0	0.0	0.97	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0

### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi	Cota inicio estrato.
Qf	Cota inicio estrato.
Rpx, Rpy	Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);
Z(Rpx)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);
Z(Rpy)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1090.0	940.0	1.67	0.0	954.27	940.0
2	940.0	890.0	6.17	0.0	911.93	890.0
3	890.0	790.0	40.62	0.0	838.28	790.0
4	790.0	640.0	76.69	0.0	711.92	640.0
5	640.0	490.0	95.59	0.0	562.53	490.0
6	490.0	340.0	114.49	0.0	412.94	340.0

### CARACTERÍSTICAS MURO (Peso, Baricentro, Inerci a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Fuerza inercial (kN);

Xp, Yp Coordenadas baricentro de pesos (cm);

Cota	Px	Py	Xp	Yp
940.0	0.0	14.41	278.0	1010.1
890.0	0.0	20.46	276.4	981.8
790.0	0.0	34.43	273.1	923.7
640.0	0.0	60.07	268.0	833.4
490.0	0.0	91.36	262.7	740.7
340.0	0.0	128.26	257.4	646.5

#### Solicitaciones en el muro

Cota Origen ordenada mínima del muro (cm).  
 Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altura sección de cálculo (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
940.0	1.67	14.41	-0.34	52.0
890.0	7.84	20.46	1.35	57.7
790.0	48.47	34.43	27.27	69.0
640.0	125.15	60.07	151.12	86.0
490.0	220.74	91.36	401.81	103.0
340.0	335.23	128.26	807.08	120.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afv Área barras lado exterior.  
 Afm Área barras lado interno.  
 Nu Esfuerzo normal último (kN);  
 Mu Momento flector último (kNm);  
 Vcd Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);  
 Vwd Resistencia a corte plegados (kN);  
 Sic. VT Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).  
 Vsdu Corte de cálculo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	14.39	340.66	S	173.73	68.15	144.91
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	20.55	383.85	S	183.05	68.15	32.02
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	34.37	471.02	S	200.46	68.15	5.54
12Ø14 (18.47)	12Ø14 (18.47)	60.01	607.04	S	231.92	68.15	2.4
12Ø14 (18.47)	14Ø14 (21.55)	91.35	866.66	S	267.24	68.15	1.52
12Ø14 (18.47)	21Ø14 (32.33)	128.22	1514.84	S	322.56	408.89	2.18

#### VERIFICACIONES GLOBALES

Plano de rotura que pasa por (xr1,yr1) = (640.0/200.0)  
 Plano de rotura que pasa por (xr2,yr2) = (640.0/1193.9)  
 Centro de rotación (xro,yro) = (0.0/200.0)

#### Discretización terreno

Qi Cota inicial estrato (cm);  
 Qf Cota final estrato (cm).  
 G Peso específico (KN/m³);

Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
1193.9	1090.0	16.99	17.0	4.55	4.55	8.99	0.0
1090.0	991.6	16.99	17.0	4.55	4.55	8.99	0.0
991.6	940.0	14.99	16.64	5.46	5.46	17.16	0.0
940.0	884.2	14.99	16.64	5.46	5.46	17.16	0.0
884.2	790.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
790.0	640.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
640.0	490.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
490.0	340.0	19.61	359.02	25.8	25.8	0.0	0.0
340.0	200.0	19.61	359.02	25.8	0.0	0.0	0.0

#### Coefficientes de empuje e inclinación

μ	Ángulo de dirección del empuje.
Ka	Coefficiente de empuje activo.
Kd	Coefficiente de empuje dinámico.
Dk	Coefficiente de incremento dinámico.
Kax, Kay	Componentes según x e y del coeficiente de empuje activo.
Dkx, Dky	Componentes según x e y del coeficiente de incremento dinámico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
4.55	0.98	0.0	0.0	0.97	0.08	0.0	0.0
4.55	0.98	0.0	0.0	0.97	0.08	0.0	0.0
5.46	0.98	0.0	0.0	0.97	0.09	0.0	0.0
5.46	0.98	0.0	0.0	0.97	0.09	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
25.8	0.34	0.0	0.0	0.31	0.15	0.0	0.0
0.0	0.39	0.0	0.0	0.39	0.0	0.0	0.0

#### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi	Cota inicio estrato.
Qf	Cota inicio estrato.
Rpx, Rpy	Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);
Z(Rpx)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);
Z(Rpy)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	1193.9	1090.0	0.0	0.0	1141.95	1141.95
2	1090.0	991.6	8.27	0.6	1023.36	1023.36
3	991.6	940.0	1.99	0.01	956.6	943.76
4	940.0	884.2	6.95	0.3	908.76	905.48
5	884.2	790.0	53.85	5.73	836.24	833.21
6	790.0	640.0	97.86	14.97	713.1	709.0
7	640.0	490.0	112.74	22.17	563.35	560.94
8	490.0	340.0	127.61	29.36	413.54	411.94
9	340.0	200.0	134.28	30.76	268.57	270.0

## EMPUJES EN CIMENTACIÓN

### Discretización terreno

Qi	Cota inicial estrato (cm);
Qf	Cota final estrato (cm).
G	Peso específico (KN/m³);
Eps	Inclinación del estrato. (°);
Fi	Ángulo de resistencia al corte (°);
Delta	Ángulo de rozamiento terreno-muro;
c	Cohesión (kPa);
β	Ángulo perpendicular al paramento interno (°);
Notas	En las notas se señala la presencia del nivel freático

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β
340.0	200.0	19.61	179.02	25.8	0.0	0.0	180.0
200.0	0.0	19.61	179.02	25.8	25.8	0.0	180.0

### Coefficientes de empuje e inclinación

μ	Ángulo de dirección del empuje.
Kp	Coefficiente de resistencia pasiva.
Kpx, Kpy	Componentes según x e y del coeficiente de resistencia pasiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
180.0	2.54	-2.54	0.0
205.8	2.54	-2.29	-1.11

### Empujes resultantes y punto de aplicación

Qi	Cota inicio estrato.
Qf	Cota inicio estrato.
Rpx, Rpy	Componentes del empuje en la zona j-ésima (kN);
Z(Rpx)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);
Z(Rpy)	Ordenada punto de aplicación resultante empuje (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	340.0	200.0	-48.84	0.0	246.67	200.0
2	200.0	0.0	-229.29	-43.37	86.95	66.67

### Solicitaciones totales

Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Empuje terreno	543.54	103.89	1086.34
Peso muro	0.0	128.26	-330.14
Peso cimentación	0.0	197.73	-632.73
Peso tacón	0.0	52.96	-127.11
Sobrecarga	0.0	0.0	0.0
Terr. cimentación	0.0	512.28	-2422.51
Empuje cimentación	-278.13	-43.37	236.41
	<b>265.41</b>	<b>951.75</b>	<b>-2189.74</b>

Momento estabilizador	-3918.21 kNm
Momento de vuelco	1728.47 kNm

#### Verificación traslación

---

Sumatorio fuerzas horizontales	543.54 kN
Sumatorio fuerzas verticales	995.13 kN
Coeficiente de rozamiento	0.48
Adhesión	0.0 kPa
Ángulo plano de deslizamiento	-33.69 °
Fuerzas normales plano de deslizamiento	1129.5 kN
Fuerzas paralelas al plano de deslizamiento	-99.75 kN
Resistencia terreno	824.1 kN
<b>Coef. seguridad traslación Csd</b>	<b>8.26</b>
<b>Traslación verificada Csd&gt;1</b>	

#### Verificación vuelco

---

Momento estabilizador	-3918.21 kNm
Momento de vuelco	1728.47 kNm
<b>Coef. seguridad vuelco Csv</b>	<b>2.27</b>
<b>Muro verificado a vuelco Csv&gt;1</b>	

#### Carga límite vertical VESIC

---

Suma fuerzas en dirección x (Fx)	265.41 kN
Suma fuerzas en dirección y (Fy)	951.75 kN
Suma momentos	-2189.74 kNm
Ancho cimentación	640.0 cm
Longitud	3200.0 cm
Excentricidad sobre B	89.93 cm
Peso específico	19.61 KN/m <sup>3</sup>
Ángulo de resistencia al corte	25.8 °
Cohesión	0.0 kPa
Terreno sobre la cimentación	140.0 cm
Peso terreno sobre el plano de colocación	19.61 KN/m <sup>3</sup>
Nq	11.6
Nc	21.93
Ng	12.18
Factores de forma	
sq	1.07
sc	1.08
sg	0.94
Inclinación cargas	
iq	0.54
ic	0.5
ig	0.39
Factors depth	
dq	1.09
dc	1.12
dg	1.0
Carga límite vertical (Qlim)	1860.82 kN
<b>Factor de seguridad (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>1.96</b>

**Carga límite verificada Csq>1**

#### Tensiones sobre el terreno

Abscisa centro solicitación	230.07 cm
Ancho de la cimentación	640.0 cm
x = 0.0 cm	274.08 kPa
x = 640.0 cm	23.34 kPa

#### PUNTERA

Xprogr.	Abscisa progresiva (cm);
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
180.0	-48.84	-374.27	-344.36	140.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U .)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
25Ø14 (38.48)	12Ø14 (18.47)	48.81	2044.14	S	371.36	477.04	2.27

#### TALÓN

Xprogr.	Abscisa progresiva (cm);
Fx	Fuerza en dirección x (kN);
Fy	Fuerza en dirección y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altura sección (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
300.0	134.28	415.42	-1027.96	140.0

#### Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)

Afi	Área barras inferiores.
Afs	Área barras superiores.
Nu	Esfuerzo normal último (kN);
Mu	Momento flector último (kNm);
Vcd	Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);
Vwd	Resistencia a corte plegados (kN);
Sic. VT	Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).
Vsdu	Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
-----	-----	----	----	------	-----	-----	---------

12Ø14 (18.47) 26Ø14 (40.02) 134.24 2174.51 S 376.24 545.19 2.22

**TACÓN**

Cota Cota respecto a la coronación del muro.  
 Fx Fuerza en dirección x (kN);  
 Fy Fuerza en dirección y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altura sección (cm);

Cota	Fx	Fy	M	H
200.0	-146.29	-404.51	782.67	120.0

**Armaduras- Verificaciones secciones (S.L.U.)**

Afi Área barras inferiores.  
 Afs Área barras superiores.  
 Nu Esfuerzo normal último (kN);  
 Mu Momento flector último (kNm);  
 Vcd Resistencia al corte conglomerado Vcd (kN);  
 Vwd Resistencia a corte plegados (kN);  
 Sic. VT Medida Seguridad Corte (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificado si >=1).  
 Vsdu Corte de cálculo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
31Ø14 (47.72)	12Ø14 (18.47)	146.37	2175.27	S	367.27	885.93	3.1

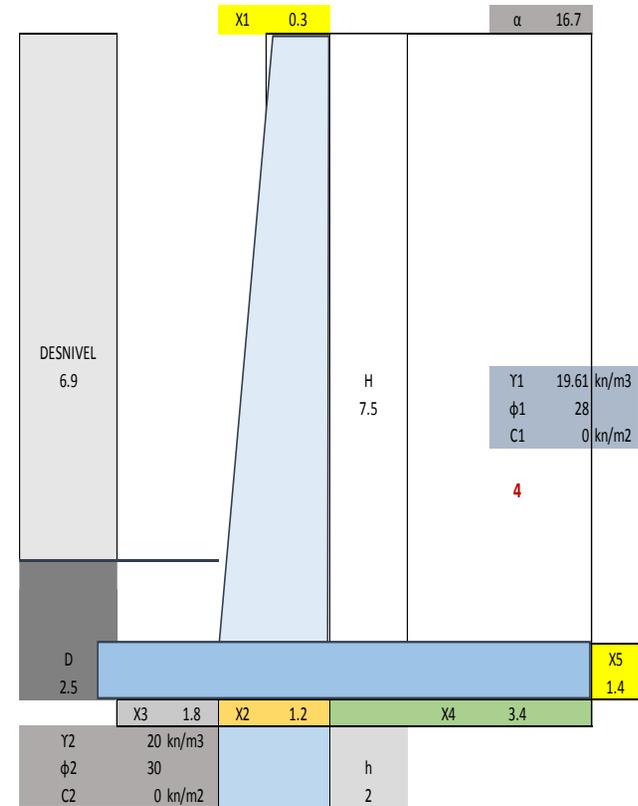
Anexo 12. Validación diseño muro.

**DISEÑO MURO HORMIGÓN ARMADO PARA SECTOR PASO LATERAL DE LOJA**

DATOS:	
f'c	21 Mpa
Y horm	23.54 KN/m <sup>3</sup>
k1	0.667
k2	0.667
Ep	476.476 KN/m <sup>3</sup>
h	2 m
Z	0.25
coef	0.25
DIMENSIONES DE MURO	
DNIV	6.9 m
H TOTAL	8.9 m
H	7.5 m
X1	0.3 m
X2	1.2 m
X3	1.8 m
X4	3.4 m
X5	1.4 m
D	2.5 m
B	6.4 m
α	16.7
PROPIEDADES DEL SUELO	
Y1	19.6133 kn/m <sup>3</sup>
φ1	28
C1	0 kn/m <sup>2</sup>
Y2	16.99 kn/m <sup>3</sup>
φ2	5
C2	0 kn/m <sup>2</sup>

Dentellón  
ZONA II LOJA

PRELIMINAR ESCOGER		
corona	0.3	
vastago	0.89	7% a 12% Ht
punta	1.78	1/3 BASE
talón		
espesor zap	0.89	0.1*Ht
Prof Cimen	0.6	
BASE	5.34	0.5-0.7 Ht



**1 EMPUJE ACTIVO**

RANKINE  
Ka 0.3610

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H_1^2$$

Ea	280.445	Kn/m
M	831.988	kn*m

SEC	AREA	Y	W	BRAZO	MOMENTO
1	2.250	23.54	52.97	2.850	150.950
2	3.375	23.54	79.45	2.4	190.674
3	8.960	23.54	210.92	3.2	674.939
4	25.500	19.6133	500.14	4.7	2350.654
5	0.350	0	0.00	1.650	0.000
			843.47		3367.217

**2 FACTORES DE SEGURIDAD**

VOLTEO	FSv	4.05	OK	>2
DESPLAZAMIENTO	FSd	1.87	OK	>1.5

**3 CAPACIDAD DE CARGA**

e 0.194 m OK

ESFUERZOS	q max	155.797	kn/m2	punta	OK
	q min	107.787	kn/m2	talón	OK

LABORATORIO

q adm= 336.4 kN/m2

**1.1 EMPUJE PASIVO**

RANKINE  
Kp 2.7698

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma_2 D^2 + 2c_2 \sqrt{K_p} D$$

Ep	476.476	Kn/m
----	---------	------

**AUMENTO POR SISMO**

W	BRAZO	MOMENTO
13.24	3.750	49.655
19.86	2.5	49.655
	0	0.000
125.03	3.75	468.880
		158.14
		568.19

**2.1 FACTORES DE SEGURIDAD (Sismo)**

VOLTEO	FSv	2.40	OK	>1.4
DESPLAZAMIENTO	FSd	1.20	OK	>1.2

e 0.868 m OK

ESFUERZOS	q max	239.028	kn/m2	punta	OK
	q min	24.556	kn/m2	talón	OK

LABORATORIO q adm= 336.4 kN/m2

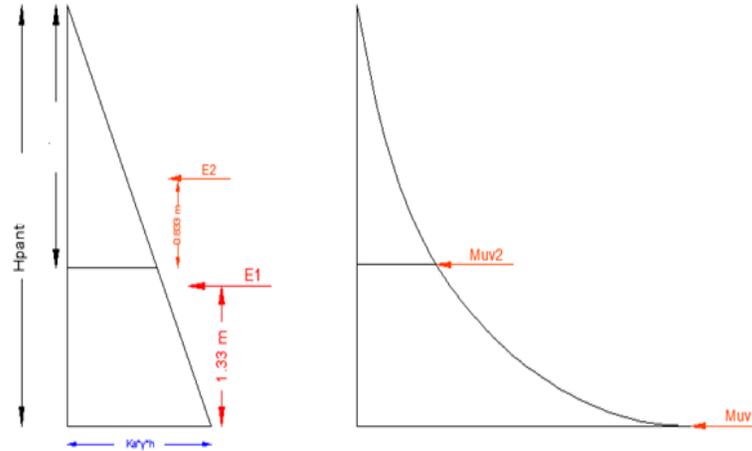
E1pantalla= 199.15 kN/m  
 Hpantalla= 7.5 m  
 Ycg1= 2.50 m

E2pantalla= 56.648 kN/m  
 H2= 4.000 m  
 Ycg2= 1.333 m

MOMENTOS FLECTORES MAYORADOS

$$M_{uv} = 1.7 * E_{ap} * y_p$$

Muv1= 846 kN\*m  
 Muv2= 128 kN\*m



#### REVISION DE ESFUERZO CORTANTE

$$V_u = 1.7 * E_{ap} \quad V_u = 338.56 \text{ kN} \quad V_u < \phi V_{adm} \quad \phi V_{adm} = \phi 0.167 \sqrt{f'_c} b * d \quad \phi v_{adm} = 748.27 \text{ kN}$$

$$\phi = 0.85$$

**OK** para elementos a cortante

#### ACERO VERTICAL DE CARA INTERIOR

SEC	B	H	d	Mu	As (calc)	As min (3.33%)	As adop	A varilla	# varillas	SEPARACION	ARMADO
2	100 cm	67 cm	60 cm	128.40 kN*m	5.80 cm <sup>2</sup>	20.00 cm <sup>2</sup>	<b>20.00 cm<sup>2</sup></b>	2.01 cm <sup>2</sup>	10	10 cm	<b>1</b> $\emptyset$ <b>16</b> @ <b>10 cm</b>
1	100 cm	120 cm	113 cm	846.41 kN*m	20.60 cm <sup>2</sup>	38 cm <sup>2</sup>	<b>37.67 cm<sup>2</sup></b>	2.01 cm <sup>2</sup>	9	10 cm	<b>1</b> $\emptyset$ <b>16</b> @ <b>10 cm</b>

**CALCULO DEL ACERO A FLEXIÓN DE VIGAS CON SIMPLE ARMADURA. CALCULO DEL ACERO A FLEXIÓN DE VIGAS CON SIMPLE ARMADURA.**

$$\alpha = \frac{f'c}{1.18 f_y}$$

$$\rho = \alpha - \sqrt{\alpha^2 - \left( \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} - \frac{2 \cdot \alpha}{f_y} \right)}$$

$$\phi = 0.90$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ min} = 37.67 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ Max} = 180.09 \text{ cm}^2$$

No cumple con acero minimo, coloque el minimo

Calcular

Ejemplo:

$$Mu \text{ (Tn.m)} = 86.24$$

$$f'c \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 210$$

$$Fy \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 4200$$

$$\% \rho_b = 0.75$$

$$b \text{ (cm)} = 100$$

$$h \text{ (cm)} = 120$$

$$r \text{ (cm)} = 7$$

$$d = h - r = 113.00 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.0424$$

$$\rho = 0.0018$$

$$AS = 20.6 \text{ cm}^2 \quad \phi \text{ de}$$

$$\alpha = \frac{f'c}{1.18 f_y}$$

$$\rho = \alpha - \sqrt{\alpha^2 - \left( \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} - \frac{2 \cdot \alpha}{f_y} \right)}$$

$$\phi = 0.90$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ min} = 20.00 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ Max} = 95.63 \text{ cm}^2$$

No cumple con acero minimo, coloque el minimo

Calcular

Ejemplo:

$$Mu \text{ (Tn.m)} = 13.08$$

$$f'c \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 210$$

$$Fy \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 4200$$

$$\% \rho_b = 0.75$$

$$b \text{ (cm)} = 100$$

$$h \text{ (cm)} = 67$$

$$r \text{ (cm)} = 7$$

$$d = h - r = 60.00 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.0424$$

$$\rho = 0.0010$$

$$AS = 5.8 \text{ cm}^2 \quad \phi \text{ de}$$

**ACERO VERTICAL DE CARA EXTERIOR**

1.5 ‰

**ACERO POR CONTRACCION Y TEMPERATURA REFUERZO VERTICAL**

B	a (corona)	a (vástago)	a prom	As	A varilla	# varillas	SEPARACION	ARMADO			
100 cm	30 cm	120 cm	75 cm	<b>11.25 cm<sup>2</sup></b>	1.54 cm <sup>2</sup>	8	13 cm	<b>1</b>	$\phi$	<b>14</b>	<b>@ 15 cm</b>

**ACERO HORIZONTAL**

2.5 ‰

**ACERO POR CONTRACCION Y TEMPERATURA REFUERZO HORIZONTAL**

B	a (corona)	a (vástago)	a prom	AS	CARA		As	A varilla	# varillas	SEPARACION	ARMADO			
100 cm	30 cm	120 cm	75 cm	<b>18.75 cm<sup>2</sup></b>	INTERIOR	1/3	<b>6.25 cm<sup>2</sup></b>	1.54 cm <sup>2</sup>	5	20 cm	<b>1</b>	$\phi$	<b>14</b>	<b>@ 20 cm</b>
					EXTERIOR	2/3	<b>12.50 cm<sup>2</sup></b>	1.54 cm <sup>2</sup>	9	11 cm	<b>1</b>	$\phi$	<b>14</b>	<b>@ 10 cm</b>

## REVISION DE ESFUERZO CORTANTE TALÓN

$$V_u = (W_s + W_t) \times 1.4$$

$W_s = 500.14 \text{ kN}$   
 $W_t = 112.05 \text{ kN}$   
 $V_u = 857.07 \text{ kN}$

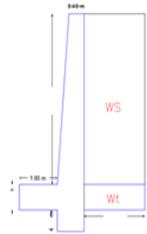
$$V_u < \phi V_{adm}$$

$$\phi V_{adm} = \phi \cdot 0.167 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$\phi = 0.85$$

$\phi V_{adm} = 916.97 \text{ kN}$

**OK** para elementos a cortante



$$M_u = 1,457.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

SE DESPRECIA ESFUERZO DEL SUELO

## ACERO TALÓN

SEC	B	H	d	Mu	As (calc)	As min (3.33%)	As adop	A varilla	# varillas	SEPARACION	ARMADO
	100 cm	140 cm	133 cm	1,457.01 kN*m	32.10 cm <sup>2</sup>	44.33 cm <sup>2</sup>	<b>44.33 cm<sup>2</sup></b>	4.91 cm <sup>2</sup>	10	10 cm	<b>1 ∅ 25 @ 10 cm</b>

## CALCULO DEL ACERO A FLEXIÓN DE VIGAS CON SIMPLE ARMADURA.

$$\alpha = \frac{f'_c}{1.18 f_y}$$

$$\rho = \alpha - \sqrt{\alpha^2 - \left( \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} - \frac{2 \cdot \alpha}{f_y} \right)}$$

$$\phi = 0.90$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \text{ min}} = 42.00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ Max}} = 200.81 \text{ cm}^2$$

No cumple con acero mínimo, coloque el mínimo

Calcular

Ejemplo:

$$M_u \text{ (Tn.m)} = 148.47$$

$$f'_c \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 210$$

$$f_y \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 4200$$

$$\% \rho_b = 0.75$$

$$b \text{ (cm)} = 100$$

$$h \text{ (cm)} = 133$$

$$r \text{ (cm)} = 7$$

$$d = h - r = 126.00 \text{ cm}$$

$$\alpha = 0.0424$$

$$\rho = 0.0026$$

$$A_s = 32.1 \text{ cm}^2 \quad \text{Ø de}$$

**PUNTA**

ESFUERZOS	q max	155.80	kn/m2	punta
	q min	107.79	kn/m2	talón

ESFUERZOS MAYORADOS *1.7	q max	264.86	kn/m2	punta
	q min	183.24	kn/m2	talón

SEC	ESFUERZO	Vu	BRAZO	MOMENTO
cuadrado	241.901	435.42 kN	0.900 m	391.88 kN*m
triángulo	22.955	20.66 kN	1.200 m	24.79 kN*m

**416.67 kN\*m** Se desprecia efecto de suelo de desplante

**ACERO PUNTA**

SEC	B	H	d	Mu	As (calc)	As min (3.33‰)	As adop	A varilla	# varillas	SEPARACION	ARMADO
	100 cm	140 cm	133 cm	416.67 kN*m	9.00 cm <sup>2</sup>	44.33 cm <sup>2</sup>	<b>44.33 cm<sup>2</sup></b>	4.91 cm <sup>2</sup>	10	10 cm	<b>1 ∅ 25 @ 10 cm</b>

**CALCULO DEL ACERO A FLEXIÓN DE VIGAS CON SIMPLE ARMADURA.**

$$\alpha = \frac{f'c}{1.18 f_y}$$

$$\rho = \alpha - \sqrt{\alpha^2 - \left( \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} - \frac{2 \cdot \alpha}{f_y} \right)}$$

$$\phi = 0.90$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As \text{ min} = 42.00 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ Max} = 200.81 \text{ cm}^2$$

No cumple con acero minimo, coloque el minimo

Calcular

**Ejemplo:**

Mu (Tn.m) = 42.46

f'c (Kg/cm2) = 210

Fy (Kg/cm2) = 4200

%ρ<sub>b</sub> = 0.75

b (cm) = 100

h (cm) = 133

r (cm) = 7

d = h - r = 126.00 cm

α = 0.0424

ρ = 0.0007

AS = 9.0 cm<sup>2</sup> = ∅ de

**ACERO POR TRANSVERSAL POR ARMADO DE LA ZAPATA**

DISEÑADOR ESTIMA  
NECESARIO

ARMADO				
<b>1</b>	<b>∅</b>	<b>12</b>	<b>@</b>	<b>25 cm</b>

LONG DE DESARROLLO	50 cm
--------------------	-------