



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

“ESTUDIO TÉCNICO DE CONTENCIÓN AL RIESGO DE  
DESLIZAMIENTO, PARA LA PROTECCIÓN DE  
VIVIENDAS FAMILIARES EN EL SECTOR EL TABLAZO, CANTÓN  
SANTA ELENA, 2022”

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTOR:**

CHÁVEZ ANDRADE LIBERTH ANDRÉS

**TUTOR:**

ING. VIANNA ANDREA PINOARGOTE ROVELLO MSc.

**LA LIBERTAD, ECUADOR**

**2022**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

---

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**ESTUDIO TÉCNICO DE CONTENCIÓN AL RIESGO DE  
DESLIZAMIENTO, PARA LA PROTECCIÓN DE  
VIVIENDAS FAMILIARES EN EL SECTOR EL TABLAZO,  
CANTÓN SANTA ELENA, 2022**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTOR:**

**CHÁVEZ ANDRADE LIBERTH ANDRÉS**

**TUTOR:**

**ING. VIANNA ANDREA PINOARGOTE ROVELLO MSc.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2022**


**UPSE**

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. JONNY VILLAO BORBOR, MSc.

DIRECTOR DE CARRERA



Ing. VIANNA PINOARGOTE ROVELLO MSc.

DOCENTE TUTOR



Ing. DANIEL CAMPOVERDE CAMPOVERDE

Mg.

DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. LUCRECIA CRISTINA MORENO

ALCÍVAR, Mg.

DOCENTE UIC

*Dedico este trabajo a mi familia,  
principalmente a mi madre y padre,  
Sra. Consuelo Andrade y al Sr. Liber  
Chávez que gracias a su esfuerzo y  
motivación pude culminar con éxito  
este proyecto, ellos han sido mi guía en  
cada paso que he dado, enseñándome  
valores que han formado a esta persona  
que se considera capaz de ejecutar los  
anhelos más deseados, tal como es  
terminar mi carrera universitaria.*

*A mi querida novia, la Ing. Gissela  
Carranza que ha sido un pilar  
fundamental en todo este largo proceso  
universitario, que gracias a su apoyo y  
estimulación a termina la carrera de  
ingeniería civil he logrado culminar  
con éxito y satisfacción.*

***Chávez Andrade Liberth.***

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

ING. VIANNA PINOARGOTE ROVELLO MSc.

## TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **ESTUDIO TÉCNICO DE CONTENCIÓN AL RIESGO DE DESLIZAMIENTO, PARA LA PROTECCIÓN DE VIVIENDAS FAMILIARES EN EL SECTOR EL TABLAZO, CANTÓN SANTA ELENA, 2022** elaborado por el estudiante LIBERTH ANDRÉS CHÁVEZ ANDRADE, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 6% de la valoración permitida.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,



---

ING. VIANNA PINOARGOTE ROVELLO  
MSc.

C.I.: 2400061632

## Document Information

---

Analyzed document	Tesis [preliminar 2]-1.docx (D142691249)
Submitted	8/6/2022 2:36:00 AM
Submitted by	
Submitter email	liberth.chavezandrade@upse.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	vpinoargote.upse@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

---

**SA**

**1425948116\_TESIS MARIBEL.pdf**

Document 1425948116\_TESIS MARIBEL.pdf (D13500975)

---

**SA**

**UCP-CIENCIAS E INGENIERÍA-2021-TSP-JUAN FERNÁNDEZ-FLORIANA PINCHI-V1.pdf**

Document UCP-CIENCIAS E INGENIERÍA-2021-TSP-JUAN FERNÁNDEZ-FLORIANA PINCHI-V1.pdf (D108655501)

---

**SA**

**proyecto df -tesis.docx**

Document proyecto df -tesis.docx (D36222448)

---

**SA**

**tesis muro final.pdf**

Document tesis muro final.pdf (D36222449)

---

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, Liberth Andrés Chávez Andrade, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“ESTUDIO TÉCNICO DE CONTENCIÓN AL RIESGO DE DESLIZAMIENTO, PARA LA PROTECCIÓN DE VIVIENDAS FAMILIARES EN EL SECTOR EL TABLAZO, CANTÓN SANTA ELENA, 2022”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



---

CHÁVEZ ANDRADE LIBERTH ANDRÉS

Autor de Tesis

C.I. 0925270167

# **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

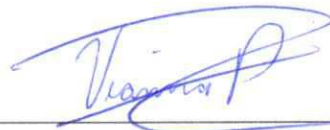
ING. VIANNA PINOARGOTE ROVELLO MSc.

**TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **ESTUDIO TÉCNICO DE CONTENCIÓN AL RIESGO DE DESLIZAMIENTO, PARA LA PROTECCIÓN DE VIVIENDAS FAMILIARES EN EL SECTOR EL TABLAZO, CANTÓN SANTA ELENA, 2022** previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por el Sr/a. Liberth Andrés Chávez Andrade, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

TUTOR



ING. VIANNA PINOARGOTE ROVELLO MSc.

C.I.: 2400061632



# CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

*Certificación de Gramatólogo*

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

*Magíster En Diseño Y Evaluación*

*De Modelos Educativos*

La Libertad, agosto 04 de 2022.

## Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de titulación en opción al título de Ingeniero Civil de CHÁVEZ ANDRADE LIBERTH ANDRÉS, cuyo tema es: “ESTUDIO TÉCNICO DE CONTENCIÓN AL RIESGO DE DESLIZAMIENTO, PARA LA PROTECCIÓN DE VIVIENDAS FAMILIARES EN EL SECTOR EL TABLAZO, CANTÓN SANTA ELENA, 2022” me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



Lic. Alexi Javier Herrera Reyes, MSc.

Docente de Español A: Literatura

Cel: 0962989420

e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios por tener a mi familia unida con vida y salud en estos tiempos de crisis, también por brindarme la fuerza necesaria para aprobar todas las asignaturas partidas por los docentes de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Agradecido con las personas que estuvieron junto a mí en este proceso que ahora se convierte en realidad, todo el agradecimiento a la Sra. Consuelo Andrade mi madre por darme el apoyo necesario, muchas gracias al Sr. Líber Chávez mi padre por ser mi motor y mi fuerza, mi hermana Lisbeth Chávez, mis familiares Pilar Chávez, Lupe Chávez y María Panchana, por estar siempre conmigo en todo momento.

Todo el agradecimiento a la persona más importante en mi vida la Ing. Gissela Carranza que llegó a mi vida en el momento preciso y sin la ayuda de ella esto no hubieran sido posible, a mi amigo y futuro colega el Ing. Gustavo Ureta por inculcarme los conocimientos de esta carrera.

Finalmente, me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a la Ing. Vianna Pinoargote, mi colaboradora durante este proceso, mi tutora de tesis que, con su guía, conocimiento enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo.

*Liberth Andrés Chávez Andrade*

# CONTENIDO

CONTRAPORTADA.....	i
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	ii
DEDICATORÍA.....	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	vi
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	vii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
CONTENIDO.....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xiv
LISTA DE TABLAS .....	xvi
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.    PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.2.    ANTEDECENTES .....	2
1.3.    HIPÓTESIS .....	3
1.3.1. <i>Hipótesis General</i> .....	3
1.3.2. <i>Hipótesis Específicas</i> .....	4

1.4.	OBJETIVOS .....	4
1.4.1.	<i>Objetivo General.</i> .....	4
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos.</i> .....	4
1.5.	ALCANCE .....	4
1.6.	VARIABLES.....	5
1.6.1.	<i>Variables Dependientes.</i> .....	5
1.6.2.	<i>Variables Independientes.</i> .....	5
1.7.	METODOLOGÍA PROPUESTA.....	5
1.7.1.	<i>Diseño de la investigación.</i> .....	5
1.7.2.	<i>Metodología de la investigación.</i> .....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....		7
2.1.	MURO DE CONTENCIÓN .....	7
2.1.1.	<i>Teoría de Rankine.</i> .....	10
2.1.2.	<i>Teoría de Coulomb.</i> .....	12
2.1.3.	<i>Teoría de la espiral logarítmica.</i> .....	15
2.2.	MATERIALES RECOMENDABLES PARA RELLENO.....	19
2.3.	TIPOS DE MUROS DE CONTENCIÓN .....	21
2.4.	ESTABILIDAD DE MUROS DE CONTENCIÓN .....	24
2.4.1.	<i>Estabilidad externa.</i> .....	24
2.5.	Estabilidad externa. ....	32
2.6.	ZONA DE ESTUDIO “EL TABLAZO, SANTA ELENA” .....	33
2.6.1.	<i>Ubicación de Santa Elena.</i> .....	33

2.6.2.	<i>Relieve de Santa Elena.</i>	34
2.6.3.	<i>Geología Local.</i>	34
2.6.4.	<i>Geología Estructural.</i>	35
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....		36
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.1.1.	<i>Tipo</i> .....	36
3.1.2.	<i>Nivel</i> .....	37
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
3.2.1.	<i>Método</i> .....	37
3.2.2.	<i>Enfoque</i> .....	37
3.2.3.	<i>Diseño</i> .....	38
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	38
3.3.1.	<i>Población</i> .....	38
3.3.2.	<i>Muestra</i> .....	38
3.3.3.	<i>Muestreo</i> .....	40
3.4.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN IN SITU .....	40
3.4.1.	<i>Información social.</i> .....	40
3.4.2.	<i>Perforaciones.</i> .....	41
3.4.3.	<i>Pruebas en laboratorio.</i> .....	41
3.4.4.	<i>Criterios bajo normas ASTM.</i> .....	42
3.5.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	44
3.5.1.	<i>Revisión por falla por capacidad de carga</i> .....	44

CAPITULO IV: RESULTADOS .....	47
4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	47
4.1.1. Información obtenida de los ensayos de laboratorio .....	47
4.1.2. Procesamiento de resultados de encuesta .....	48
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
5.1. CONCLUSIONES.....	63
5.2. RECOMENDACIONES .....	64
BIBLIOGRAFÍA .....	65
ANEXOS A .....	68
ANEXOS B .....	75

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Movimiento de pared - (a) presión activa; (b) presión pasiva, (Driscoll, 1981).</i> .....	<b>8</b>
<b>Figura 2.</b> <i>Diagrama de presión de la Tierra de un caso activo Rankine.</i> .....	<b>11</b>
<b>Figura 3.</b> <i>Caso activo – Coulomb, (Driscoll, 1981).</i> .....	<b>13</b>
<b>Figura 4.</b> <i>Caso pasivo - Coulomb, (Driscoll, 1981).</i> .....	<b>15</b>
<b>Figura 5.</b> <i>Comparación de superficies de Coulomb y fallas reales.</i> .....	<b>16</b>
<b>Figura 6.</b> <i>Distribución de presiones.</i> .....	<b>18</b>
<b>Figura 7.</b> <i>Tipos de muros de contención.</i> .....	<b>22</b>
<b>Figura 9.</b> <i>Fuerzas externas.</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 10.</b> <i>Llaves de corte</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 11.</b> <i>Definición de términos, muros con pendiente</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 12.</b> <i>Diseño sugerido para una pendiente de 26.6°</i> .....	<b>31</b>
<b>Figura 13.</b> <i>Diseño sugerido para una pendiente de 33.7°</i> .....	<b>31</b>
<b>Figura 14.</b> <i>Metodología del estudio.</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 15.</b> <i>Geo posicionamiento y delimitación del área de interés "El Tablazo ....</i>	<b>40</b>
<b>Figura 16.</b> <i>Asentamiento general que se puede encontrar en "El Tablazo" .....</i>	<b>41</b>
<b>Figura 17.</b> <i>Bosquejo inicial tentativo del muro cantiléver</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 18.</b> <i>Sector establecido para levantar información de interés</i> .....	<b>59</b>
<b>Figura 19.</b> <i>Trazado de planta del sitio, con la herramienta AutoCAD</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 20.</b> <i>Vista en elevación y armado de muro de 4 metros</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 21.</b> <i>Vista en elevación y armado de muro de 2 metros</i> .....	<b>61</b>

<b>Figura 22.</b>	<b><i>Bosquejo de diseño del muro de contención</i></b>	<b>68</b>
<b>Figura 23.</b>	<b><i>Geo posicionamiento y delimitación del área de interés "El Tablazo"</i></b>	<b>68</b>
<b>Figura 24.</b>	<b><i>Curvas 1 de nivel del área "El Tablazo"</i></b>	<b>69</b>
<b>Figura 25.</b>	<b><i>Curvas de nivel descritas para el área "El Tablazo"</i></b>	<b>70</b>
<b>Figura 26.</b>	<b><i>Visita técnica del área de interés</i></b>	<b>71</b>
<b>Figura 27.</b>	<b><i>Visita técnica del área de interés</i></b>	<b>71</b>
<b>Figura 28.</b>	<b><i>Visita técnica del área de interés</i></b>	<b>72</b>
<b>Figura 29.</b>	<b><i>Evidencia de la construcción irregular de las casas en "El Tablazo"</i></b>	<b>72</b>
<b>Figura 30.</b>	<b><i>Evidencia de la construcción irregular de las casas en "El Tablazo"</i></b>	<b>73</b>
<b>Figura 31.</b>	<b><i>Evidencia de la construcción irregular de las casas en "El Tablazo"</i></b>	<b>73</b>
<b>Figura 32.</b>	<b><i>Construcción irregular de las casas en "El Tablazo"</i></b>	<b>74</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Peso específico de los suelos, (Terzaghi &amp; Peck, 1967).....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 2. Coeficiente c para tipos de relleno, (Terzaghi &amp; Peck, 1967).....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 3. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de muros de contención, (GEO, 2020).....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 4. Sistema de coordenadas WGS 84 del área “El Tablazo”, (Lagasca Loaiza, 2020b).....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 5. Tamaño de las partículas, (Ortiz Arciniega &amp; Yacchirema Chimbo, 2013). .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 6. Factores de capacidad de carga, tabla de Meyerhof .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 7. Resultados de los ensayos de laboratorio de la muestra de suelo.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 8. Perfil estratigráfico de una muestra de suelo "El Tablazo" .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 9. Data obtenida desde la prueba de laboratorio .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 10. Momento estabilizador del muro de 4 metros .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 11. Momento estabilizador del muro de 2 metros .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 12. Modelo de empuje.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 13. Estimaciones de la estabilidad del muro de 4 metros .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 14. Estimaciones de la estabilidad del muro de 2 metros .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 15. Cálculo de la capacidad de carga para los diseños de muro.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 16. Diseño estructural del muro de 4m para la zona "El Tablazo" .....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 17. Diseño estructural del muro de 2m para la zona "El Tablazo" .....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 18. Dimensiones estimadas para el armado del muro de 4m.....</b>	<b>58</b>

<b>Tabla 19. Dimensiones estimadas para el armado del muro de 2m.....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 20. Proyección presupuestaria por metro lineal, de muro de altura de 4 metros .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 21. Proyección presupuestaria por metro lineal, de muro de altura de 2 metros .....</b>	<b>62</b>

**“ESTUDIO TÉCNICO DE CONTENCIÓN AL RIESGO DE  
DESLIZAMIENTO, PARA LA PROTECCIÓN DE VIVIENDAS  
FAMILIARES EN EL SECTOR EL TABLAZO, CANTÓN SANTA  
ELENA, 2022”**

**Autor:** Liberth Andrés Chávez Andrade

**Tutor:** Ing. Vianna Andrea Pinoargote Rovello Msc.

## **RESUMEN**

Este trabajo de titulación, “Estudio técnico de contención al riesgo de deslizamiento, para la protección de viviendas familiares en el sector el Tablazo, cantón Santa Elena”, se desarrolló con la finalidad de proporcionar un diseño estructural para un muro de contención de manera segura, factible-económica y de larga vida.

La validación del análisis estructural de estabilidad está en el rango de aplicabilidad, con respecto a las normativas vigentes de la norma Ecuatoriana de la Construcción NEC y la norma americana del Instituto de Concreto ACI. Adicionalmente, se tomaron guías documentales para diseñar muros de contención como; (Driscoll, 1981; GEO, 2020) para el desarrollo óptimo de la investigación. En el desarrollo del modelo estructural del muro, se utilizaron desde herramientas de geo posicionamiento, hasta básicas como los paquetes de office para el cálculo de las estimaciones. Además, para el bosquejo digital del muro se emplearon Softwares como AutoCAD.

Al terminar el diseño estructural, se determinaron las dimensiones para muros de altura variada focalizado en el sector “El Tablazo”, como el de 4 metros de altura; con un ancho de zapata de 5.68m y altura de 0.65m; y una longitud total de muro de 3.4m. También para un muro de 2 metros; un ancho de zapata de 3.68m y altura de 0.30m; y una longitud total de muro de 2.3m.

***PALABRAS CLAVE:*** MURO, CONTENCIÓN, ESTABILIDAD, TABLAZO.

**“TECHNICAL STUDY OF CONTAINMENT OF THE RISK OF  
SLIDES, FOR THE PROTECTION OF FAMILY HOMES IN THE  
EL TABLAZO SECTOR, SANTA ELENA CANTON, 2022”**

**Autor:** Liberth Andrés Chávez Andrade

**Tutor:** Ing. Vianna Andrea Pinoargote Rovello Msc.

**ABSTRACT**

This titling work, "Technical study of landslide risk containment, for the protection of family homes in the El Tablazo sector, Santa Elena canton", was developed with the purpose of providing a structural design for a retaining wall safely, fact-economic and long life.

The validation of the structural stability analysis is in the range of applicability, with respect to the current regulations of the Ecuadorian Construction Standard NEC and the American standard of the ACI Concrete Institute. Additionally, documentary guides were taken to design retaining walls such as; (Driscoll, 1981; GEO, 2020) for the optimal development of research. In the development of the structural model of the wall, geopositioning tools were used, as well as basic ones such as office packages for calculating estimates. In addition, software such as AutoCAD was used for the digital sketch of the wall.

At the end of the structural design, the dimensions for walls of varied height focused on the "El Tablazo" sector, such as the 4-meter-high one, were determined; with a footing width of 5.68m and height of 0.65m; and a total wall length of 3.4m. Also, for a 2-meter wall; a footing width of 3.68m and height of 0.30m; and a total wall length of 2.3m.

**KEYWORDS:** WALL, CONTAINMENT, STABILITY, BOARD.

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación está enfocado en el levantamiento de información sobre las invasiones de viviendas establecidas en el sector del Tablazo las mismas que se encuentran en una zona de riesgo para lo cual es necesario establecer un análisis de las infraestructuras de las casas que sustente efectuar cambios en los diseños de las mismas y de esta manera poseer medidas preventivas a deslizamientos de tierra.

Para el levantamiento de viviendas en diferentes sectores es necesario elaborar un análisis de la zona a construir por tal motivo en el sector del Tablazo que al tratarse de una zona de riesgo requiere de muros de contención que según (Barros Peña, 2005), “Los muros son obras destinadas a la contención de tierras en general, que en particular pueden contener granos, agua, etc. Como resulta evidente en los muros que se encuentran en la intemperie, la lluvia se filtra a través de la tierra y entonces el muro pasa a sostener los efectos de empuje dados por la tierra y el agua” (pág. 7).

Para construir estos muros es esencial definir cálculos con respecto a la topografía y materiales requeridos según la variedad estructural en el diseño tal y como expresa (Rincón et al., 2017), “La topografía abarca todos los métodos de obtener información de las partes físicas de la tierra, tales como, relieve, litorales, cauces de corrientes hídricas, entre otros, donde se utiliza métodos como la medición de terreno, la fotogrametría y sensores remotos de una superficie terrestre donde se establecen distancias, ángulos y elevaciones.” (pág. 12).

Estos aspectos son requeridos dentro de este trabajo para así crear muros de contención y mitigar el riesgo a deslizamientos de tierra que pudiesen perjudicar a las familias establecidas en dicho sector.

La creación de casas económicas, muros de contención y la elaboración de una topografía con curvas a nivel que proyecte un crecimiento vertical de dichas viviendas, para lo cual es necesario establecer los parámetros legales que sustente cambios en el diseño de viviendas las mismas que se encuentran sostenidas por una

plataforma mal estructurada, a su vez plantear un análisis de la situación económica de las familias que conforman las invasiones ubicadas en dicho sector, por otra parte, clasificar el nivel al riesgo de las viviendas que determine el campo de acción oportuno a considerar.

## **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En el último año, se han presentado casos de aluviones en las ciudades cuyas condiciones geográficas se encuentran clasificadas como valles, lo que los convierte en zonas de riesgos, la cual ha ocasionado tanto pérdidas vitales como económicas y daños y las viviendas de los habitantes de dichas localidades, con este antecedentes se requiere establecer medidas que mitiguen estos riesgos en el sector del Tablazo bajo las condiciones principales que son una mala estructuración en las plataforma de las viviendas.

Para el caso del sector El Tablazo, es importante establecer las condiciones en las que se encuentran ubicadas las viviendas, y las tendencias de generarse un deslizamiento de tierra, para lo cual es necesario plasmar la idea del levantamiento de muros de contención y una proyección de carácter vertical en el diseño de las viviendas, debido a los riesgos que pudiesen presentarse al estar ubicados en una zona de riesgo.

## **1.2. ANTEDECENTES**

Los casos de deslizamiento de tierra son recurrentes en zonas de riesgos cuyo suelo requiere de un tratamiento diferente para el levantamiento de edificaciones en dichas áreas, para ellos es necesario analizar los diferentes factores requeridos para construir en dichos lugares.

Los deslizamientos o derrumbes son precipitaciones de tierra, piedras y escombros que perjudican de manera significativa a hogares, establecimientos y demás edificaciones ubicadas en las cercanías de dicho desastre natural que por lo general es provocado por lluvias intensas, tal y como lo expresa (Almorox Alonso et al., 2010), “Los deslizamientos de tierras son fenómenos naturales estrechamente relacionados con el volumen de precipitación y su intensidad, así como la gestión

de los suelos y del territorio que pueden ser consecuencias del hecho de que el suelo no desempeñe adecuadamente su función hidrológica” (pág. 34), con este precedente se puede estipular el nivel de riesgo que poseen en el sector del tablazo a ser propicios a que se presente derrumbes y afectar a las familias asentadas en dicho lugar.

A lo largo del tiempo se han presentado casos de derrumbes ocasionados por el deslizamiento de tierra con daños irreparables para las personas asentadas en zonas de riesgos, según se visualiza en el (Diario El Comercio, 2022), “Un deslizamiento de tierra en la localidad de Retamas, en la región peruana de La Libertad, ha dejado al menos siete personas desaparecidas y más de 60 viviendas sepultadas este martes 15 de marzo del 2022”. Dado el caso presentado es necesario plantear medidas preventivas ante este tipo de casos, desde la debida ubicación de la vivienda hasta los cimientos donde será edificada.

En el Ecuador existen casos recientes sobre deslizamientos de tierra ocasionados por las intensas lluvias como el colapso de viviendas en las laderas de Pichincha publicado en el (Diario Expreso, 2021), “Quito ha soportado lluvias por más de 48 horas consecutivas. En varios sectores de la capital se han registrado sucesos por el fenómeno invernal. En el sector de Atucucho, al norte de la ciudad, se reportaron dos deslizamientos de tierra en calles secundarias”. Cabe destacar que los deslizamientos de tierras son fenómenos naturales provocados por el desgaste de suelo, sin embargo, no inhabilita las posibilidades de prevenir consecuencias que pueden afectar al diario vivir de las personas alojadas en las cercanías de dichos sectores.

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### ***1.3.1. Hipótesis General.***

El diseño de muros de contención en la zona del tablazo, se realizará mediante un análisis topográfico considerando el cumplimiento de las condiciones de seguridad a la estabilidad...

### ***1.3.2. Hipótesis Específicas.***

**H.E.1.** Mediante la recopilación de información mediante encuesta referente al diseño de domicilios en zonas de riesgo se determinará la variabilidad de los parámetros geotécnicos que influyen significativamente al peligro en el que se encuentran.

**H.E.2.** El correcto diseño del muro de contención brindará resultados más conservadores para ser usados en la zona de riesgo del tablazo.

## **1.4. OBJETIVOS**

### ***1.4.1. Objetivo General.***

Crear un diseño de muros de contención por medio de un análisis topográfico para mitigar riesgos de deslizamientos de tierra en las viviendas del sector El Tablazo, cantón Santa Elena, año 2022.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos.***

**O.E.1.** Recabar información sobre el diseño de viviendas en zonas de riesgos alojadas en el sector, mediante la selección de datos obtenidos a base de encuestas y/o entrevistas.

**O.E.2.** Efectuar los diseños de muros de contención y planos de las viviendas haciendo uso de herramientas informáticas.

## **1.5. ALCANCE**

Este trabajo investigativo tiene como principal área de estudio la verificación de las estructuras de las viviendas establecidas y las condiciones en las que se encuentran ubicadas simplificándose como zonas de riesgos según su grado de peligrosidad, y de esta manera efectuar medidas que mitiguen dichos riesgos tales como derrumbes



o deslizamientos de tierra que pudiesen afectar a los hogares que se encuentran en el sector del Tablazo, provincia de Santa Elena.

## **1.6. VARIABLES**

### ***1.6.1. Variables Dependientes.***

- ✓ Riesgos de deslizamiento de tierra.
- ✓ Estabilidad de muro

### ***1.6.2. Variables Independientes.***

- ✓ Estudio de contención

## **1.7. METODOLOGÍA PROPUESTA**

### ***1.7.1. Diseño de la investigación***

- ✓ **Investigación bibliográfica:** En este aspecto se recaba información de las diferentes variables utilizadas dentro del estudio realizado utilizando reseñas bibliográficas de diferentes autores descritas en libros, artículos científicos, revistas y sitios web.
- ✓ **Investigación Cualitativa:** Define cada una de las variables según las cualidades las mismas que están enfocadas en la estructura de las viviendas, el suelo donde yacen construidas y demás factores que influyen en el riesgo de deslizamientos de tierra y derrumbamientos.

### ***1.7.2. Metodología de la investigación***

Para realizar el proyecto de investigación se seguirán los siguientes pasos:

- a. Observación Directa: Se elabora un fichaje situacional del entorno mediante el sondeo del área a estudiarse, donde el investigador recabará información

necesaria para la ejecución de este trabajo iniciando desde la estructura de las viviendas hasta la ubicación geográfica.

- b. Muestreo: Se obtiene datos de la investigación estableciendo una muestra de una población general, en determinado caso se encuentra el sector del Tablazo donde se identifica el tipo de muestreo a utilizarse que en este caso se hará uso al muestreo por conveniencia, donde se seleccionará un rango de los habitantes del sector y efectuar las respectivas entrevistas y/o encuestas.

Tácticas e instrumentos de investigación: Se utilizará entrevistas direccionadas a los funcionarios del departamento de control de construcción en planeamiento territorial del municipio de Santa Elena , quienes darán un criterio acertado sobre el asentamiento de nuevas edificaciones en el sector estudiado, a su vez se utilizará encuestas dirigidas a los pobladores de dicha área donde se obtendrá información relevante sobre su situación económica y social que fungirá como referencia a efectuar cambios en las estructuras de sus viviendas.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. MURO DE CONTENCIÓN**

Se define por muro de contención a “Toda estructura continua, que de forma pasiva o activa produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno al proporcionarle a este un soporte lateral”. (Calavera Ruiz, j. 2000)

Los muros se vienen construyendo desde épocas antiguas cuando el hombre tenía la imperiosa necesidad de que los lugares donde ellos habitaban sean seguros. En 1990, los muros se construían de mamposterías de piedras, desde esta época, el concreto con o sin refuerzo, ha sido el material dominante.

Los muros de contención son elementos estructurales que deben proporcionar una adecuada seguridad para que soporte las fuerzas y presiones sobre él.

El propósito fundamental de un muro es el de servir como elemento de contención para terrenos naturales o artificiales. Estas estructuras se utilizan para detener masas de suelo o material sueltos cuando las condiciones o características de estos no permiten su estabilidad. Los muros se clasifican como:

- ✓ Muros voladizos.
- ✓ Muros contrafuertes.
- ✓ Muros de tierra.
- ✓ Muros de gaviones.

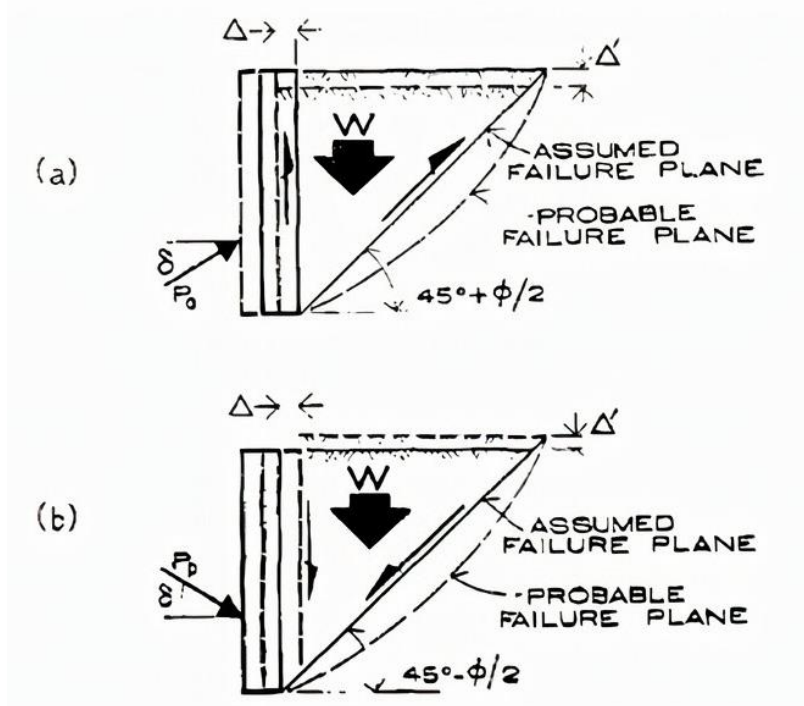
Tres estados de tensión o empuje dentro del relleno son de interés general para el diseñador de muros de contención: (1) el activo, (2) el pasivo. Y (3) el reposo. El estado en reposo está asociado con las fuerzas de relleno que actúan sobre un muro de contención que no cede y sobre cualquier muro de contención que no haya cedido, por ejemplo, al final de las condiciones de construcción (Vitton, 2020; Yap et al., 2012).

El estado activo de empuje está asociado con las condiciones de falla cuando toda la resistencia al corte disponible se moviliza en el relleno y está relacionado con el

movimiento del muro lejos del suelo retenido, como se muestra en el ejemplo (a) de la Figura 1. El estado pasivo de empuje está asociado con la condición de falla en el relleno y está relacionado con el movimiento del muro hacia el suelo retenido, como se muestra en el ejemplo (b).

**Figura 1**

*Movimiento de pared - (a) presión activa; (b) presión pasiva, (Driscoll, 1981).*



*Nota.* El grafico representa los tipos de movimiento de pared, la presión activa y la presión pasiva. Tomado de *Driscoll, D. D. (1981)*.

Después de alcanzar el estado de estrés activo o pasivo, los suelos cohesivos blandos tenderán a arrastrarse (ceder lentamente). A medida que avanza la fluencia, el suelo se acerca al estado de empuje en reposo. En consecuencia, los suelos cohesivos blandos en el estado de estrés activo tenderán a aumentar la intensidad del estrés y aquellos en el estado de estrés pasivo tenderán a disminuir la intensidad del estrés. Asimismo, después de alcanzar los estados de empuje activo o pasivo, los rellenos de arcilla rígida de plasticidad moderada a alta tienden a desarrollar lados resbaladizos y pierden resistencia cuando se les permite deformarse. Esta pérdida de resistencia generalmente da como resultado un aumento de la intensidad de la tensión para los suelos en estado activo de empuje y una disminución de la tensión para aquellos en estado pasivo de empuje (Driscoll, 1981).

Dos enfoques comúnmente aceptados para determinar el empuje de tierra de diseño que actúa sobre un muro de contención son los métodos semi-empíricos y los métodos teóricos. En general, el uso del método semi-empírico de análisis está reservado para muros de contención estándar que son bajos (generalmente menos de 20 pies de altura) y tienen áreas de superficie relativamente pequeñas. Por lo general, estos métodos dan como resultado un muro de diseño conservador. Es el conservadurismo del diseño y el consiguiente aumento de los costos de construcción lo que generalmente justifica un diseño completo, basado en aspectos teóricos de la mecánica de suelos, para problemas más grandes y complejos y algunos proyectos más pequeños. Además de los factores de costo y tiempo de diseñar muros altos, la seguridad es una preocupación importante para las paredes de más de 20 pies de altura (Brooks, 2010).

La resultante del empuje lateral de tierra,  $P_h$ , que actúa sobre una estructura de contención, independientemente del estado de empuje, es función de las siguientes variables:

$Y$  = peso unitario de relleno

$\bar{c}$  = intersección de la cohesión de la tensión efectiva del relleno

$\phi$  = ángulo de fricción de la tensión efectiva del relleno

$\delta$  = cohesión de la pared del suelo

$C_w$  = cohesión de la pared del suelo

$H$  = altura efectiva de la pared

$\beta$  = pendiente del relleno

$\alpha$  = pendiente de la parte posterior del muro con relleno

$\rho$  = pendiente del plano de falla

$U$  = presión intersticial del agua en el relleno

Se han desarrollado varios métodos de análisis para evaluar la presión lateral de la tierra, cada uno de los cuales hace suposiciones diferentes sobre las combinaciones de las variables enumeradas anteriormente y el desarrollo del plano de falla a través del suelo retenido. Para conjuntos dados de condiciones, cada una de las teorías es un método de análisis aceptable. Tres de los métodos de análisis más comúnmente aceptados son el Rankine, Coulomb y espiral logarítmica. De los tres, la espiral logarítmica generalmente se considera la más precisa (Driscoll, 1981).

Los siguientes párrafos mostrarán ecuaciones y gráficos para el desarrollo de diagramas de presión de tierra para el diseño de muros de contención de tierra y roca. El desarrollo de estas ecuaciones, tablas y gráficos aparecen en todos los textos sobre los fundamentos de la mecánica de suelos.

A continuación, se expone el enfoque de diseño teórico.

### ***2.1.1. Teoría de Rankine.***

El método de Rankine debe usarse para proyectos que pueden permitir un diseño conservador, o cuando se utilizan los parámetros de resistencia asumidos.

Las siguientes suposiciones se hacen en la teoría de Rankine:

- (1). El suelo es homogéneo e isótropo, en estado de equilibrio plástico. y posee fricción interna.
- (2). La superficie de caída dentro del relleno es plana.
- (3). La resistencia al corte se moviliza uniformemente en todos los planos a lo largo del relleno.
- (4). La presencia de la pared no influye en el estado de empuje en el relleno.
- (5). La falla es un problema bidimensional.
- (6). La resultante,  $P_a$ , está inclinada formando ángulo con la pared.

El ejemplo (a) en la Figura 2 muestra el sistema de estructura del suelo para el caso **activo de Rankine**; y (b) y (c) muestran los polígonos de fuerza resultantes para los casos cohesivos y sin cohesión.

Respectivamente. Las ecuaciones 1 a 6 resumen el caso activo de Rankine.

$$\sigma_a = \gamma h K_a \quad \text{Ecuación ( 1)}$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \quad \text{Ecuación ( 2)}$$

En el cual,

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \quad \text{Ecuación ( 3)}$$

La ecuación 3 se reduce a,

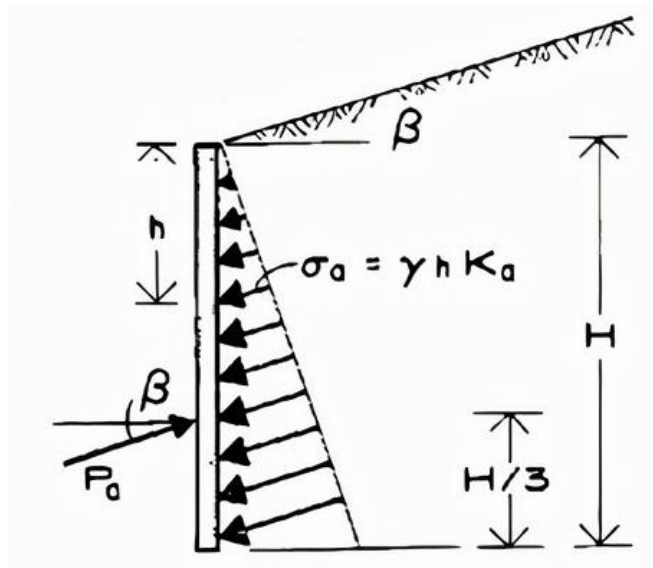
$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 (45 - \phi/2) \quad \text{Ecuación ( 4)}$$

Para un nivel de relleno, esto es,  $\beta = 0$ .

La Figura 2 muestra que la distribución de esfuerzos y la resultante de los esfuerzos,  $P_a$ , desarrolladas en el caso activo de Rankine, están orientadas en un ángulo  $\beta$  paralelo a la superficie del relleno. También se muestra en la figura la ubicación de la resultante,  $P_a$  en un punto  $H/3$  por encima de la base del muro. Un enfoque común y un poco más conservador es suponer que la distribución de esfuerzos y la resultante actúan horizontalmente.

**Figura 2.**

*Diagrama de presión de la Tierra de un caso activo Rankine.*



*Nota.* Grafica representa el diagrama de presión de la Tierra de un caso activo Rankine. Tomado de (Driscoll, 1981).

La cohesión,  $c$ , puede ser incluida en la teoría Rankine en:

$$\sigma_a = YHK_a - 2c\sqrt{K_a} \quad \text{Ecuación ( 5)}$$

$$P_a = \frac{1}{2} YH^2 K_a - 2cH\sqrt{K_a} \quad \text{Ecuación ( 6)}$$

$$\sigma_p = YHK_p \quad \text{Ecuación ( 7)}$$

$$P_p = \frac{1}{2} YH^2 K_p \quad \text{Ecuación ( 8)}$$

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \bar{\phi}}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \bar{\phi}}} \quad \text{Ecuación ( 9)}$$

Comparando las ecuaciones 1 a 6, muestra que la presencia de cohesión reduce la presión activa de Rankine.

Las ecuaciones para el caso pasivo Rankine puede ser presentado en la siguiente forma:

Cuando el relleno está al nivel,  $\beta = 0$ , la ecuación 9 se reduce a;

$$K_p = \frac{1 + \sin \bar{\phi}}{1 - \sin \bar{\phi}} \quad \text{Ecuación ( 10)}$$

Similarmente, para el caso pasivo Rankine con cohesión, las ecuaciones 5 y 6 pueden ser reescritas como:

$$\sigma_p = YHK_p - 2c \sqrt{K_p} \quad \text{Ecuación ( 11)}$$

$$P_p = \frac{1}{2} YH^2 K_p - 2cH \sqrt{K_p} \quad \text{Ecuación ( 12)}$$

### ***2.1.2. Teoría de Coulomb.***

Los siguientes supuestos básicos se hacen en el análisis de Coulomb:

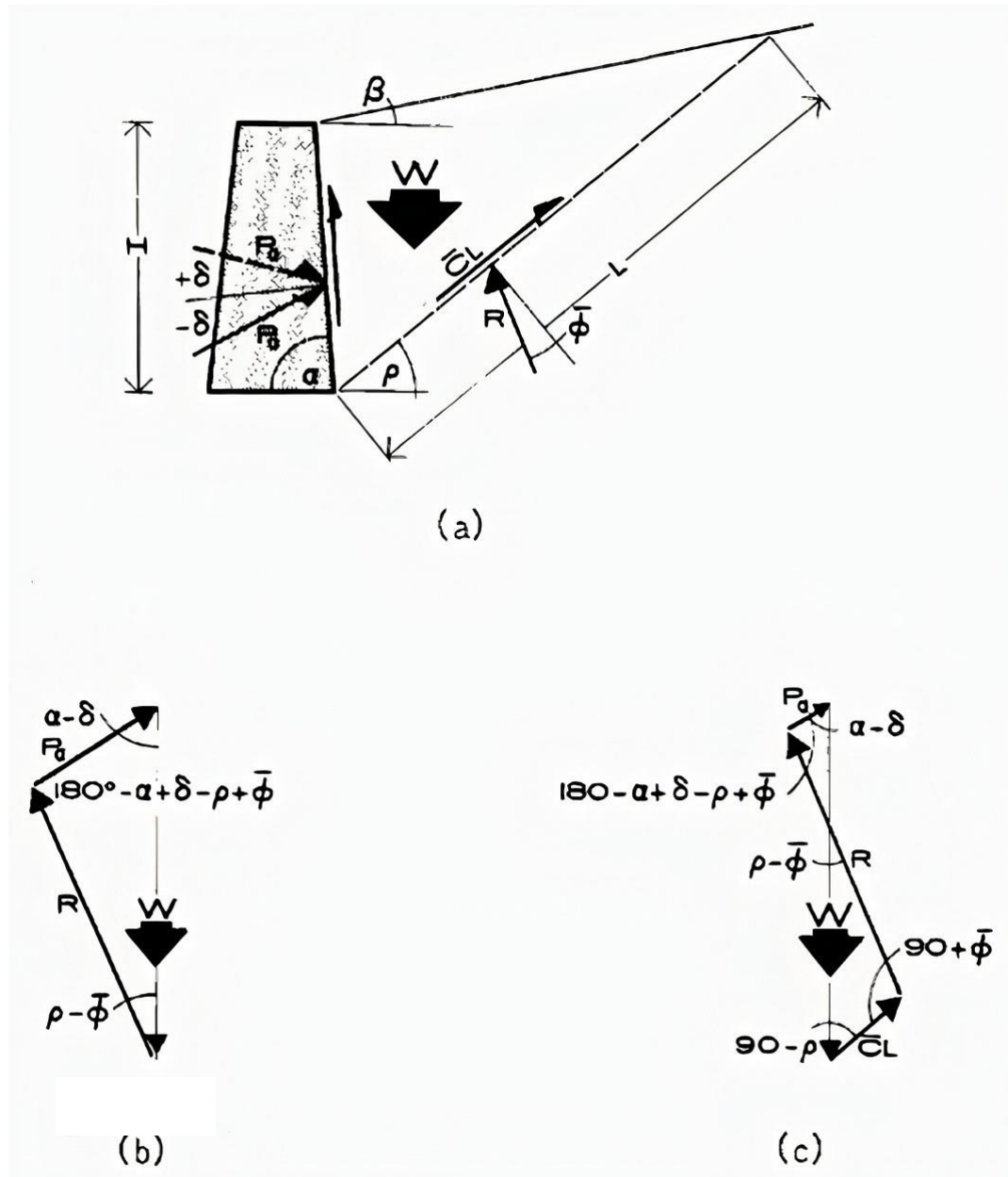
- (1). El suelo es homogéneo e isotrópico, en un estado de equilibrio plástico, y posee fricción interna y cohesión.
- (2). La superficie de falla en el relleno es plana.
- (3). La resistencia al corte,  $\tau$ , se moviliza uniformemente a lo largo del plano de falla, y  $\tau = \bar{c} + \bar{\sigma} \tan \bar{\phi}$ .
- (4). La cuña de falla es un cuerpo rígido.



- (5). Hay fricción de pared; es decir, a medida que se mueve la cuña de falla, se moviliza la resistencia al corte a lo largo de la interfaz de la pared del suelo.
- (6). La falla es un problema bidimensional.

**Figura 3.**

Caso activo – Coulomb, (Driscoll, 1981).



Nota. Esta grafica representa el caso activo Coulomb. Tomado de (Driscoll, 1981).

Las ecuaciones 13 a 14 resumen el caso activo de Coulomb para suelos no cohesivos.

$$\sigma_a = YhK_a \quad \text{Ecuación ( 13)}$$

$$P_a = \frac{1}{2} YH^2 K_a \quad \text{Ecuación ( 14)}$$

En el cual,

$$K_a = \frac{\sin^2 (\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin (\alpha - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi - \beta)}{\sin (\alpha - \delta) \sin (\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad \text{Ecuación ( 15)}$$

Para una pared vertical lisa con un relleno horizontal, es decir,  $\beta = \delta = 0$  y  $\alpha = 90^\circ$ , la ecuación 15 se simplifica a ecuación 4.

Haciendo referencia a las ecuaciones 13, 14 y 4, se hace evidente que la teoría de Rankine es un caso especial de la teoría de Coulomb.

El ejemplo (a) de la Figura 4 muestra el sistema de estructura del suelo para el caso pasivo de Coulomb. En la misma figura, los ejemplos (b) y (c) muestran los polígonos de fuerza resultantes para una cohesión igual a cero y un valor mayor que cero, respectivamente. Una comparación de estos ejemplos muestra que la presencia de cohesión aumenta el valor de  $P_p$ , el empuje pasivo total.

Las siguientes ecuaciones resumen el caso pasivo de Coulomb:

$$\sigma_p = YHK_p \quad \text{Ecuación ( 16)}$$

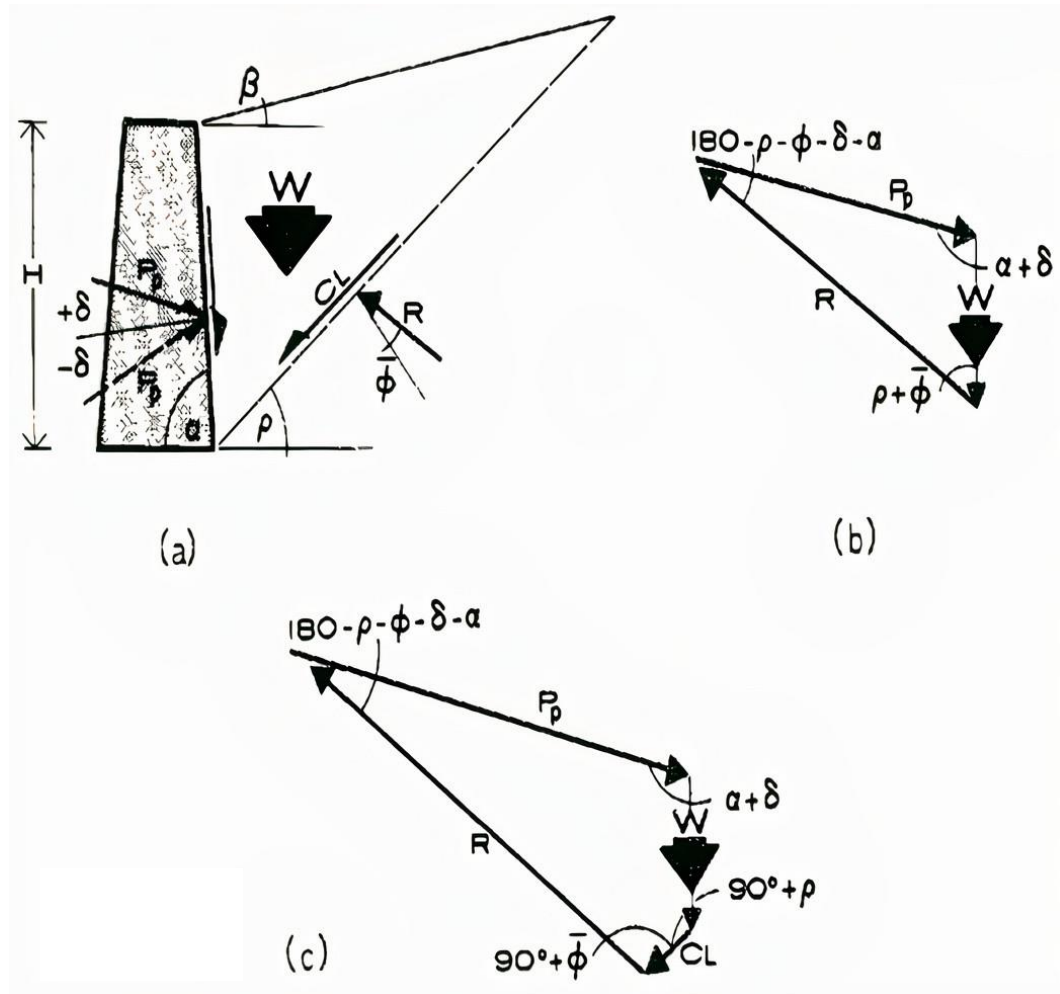
$$P_p = \frac{1}{2} YH^2 K_p \quad \text{Ecuación ( 17)}$$

$$K_p = \frac{\sin^2 (\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin (\alpha + \delta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi + \beta)}{\sin (\alpha + \delta) \sin (\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad \text{Ecuación ( 18)}$$

Cuando se utilice el análisis de Coulomb, se recuerda que para valores de  $\delta > 10^\circ$  y  $\delta > \phi/3$ , los valores calculados de presión de tierra pasiva se vuelven no conservativos.

**Figura 4.**

*Caso pasivo - Coulomb, (Driscoll, 1981).*



*Nota.* Grafica representa el caso pasivo – Coulomb. Tomado de (Driscoll, 1981).

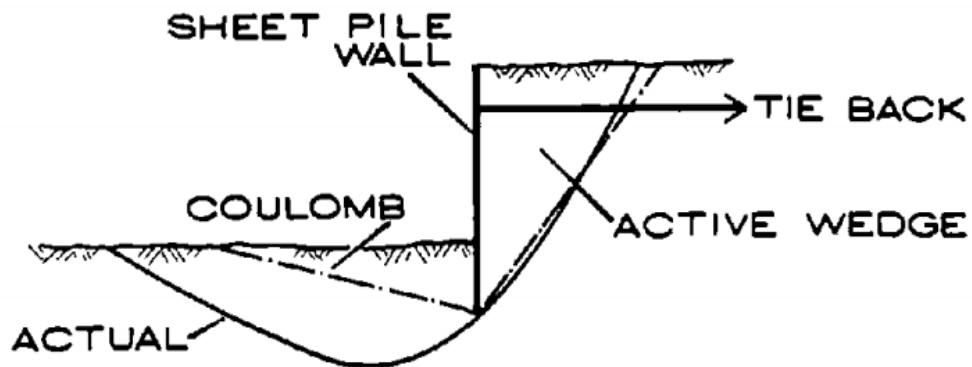
### 2.1.3. Teoría de la espiral logarítmica.

Se ha supuesto una superficie de falla plana en los métodos de análisis de Rankine y Coulomb: De hecho, la superficie de falla observada en el campo es curva como resultado del aumento de la tensión vertical cerca del muro debido a las fuerzas de corte tangenciales que actúan hacia abajo del suelo de la pared (ver Figura 5). El grado de curvatura de la superficie de falla aumenta con valores crecientes de  $\delta$ , el ángulo de fricción entre la pared y el suelo. Dado que el método de análisis de la espiral logarítmica representa más de cerca las superficies de falla reales, particularmente en el caso de la resistencia pasiva (Terzaghi & Peck, 1967). se recomienda para

todos los casos que requieran un diseño refinado desde el punto de vista de ingeniería y/o economía (Driscoll, 1981).

**Figura 5.**

*Comparación de superficies de Coulomb y fallas reales.*



*Nota.* Grafica representa la comparación de superficies de Coulomb y fallas reales. Tomado de (Driscoll, 1981).

Este método será aplicable para muros de escasa altura (7m) y para su aplicación Terzaghi consideró 5 tipos de suelos (Lucero Pardo et al., 2012).

- (1). Suelo granular grueso, sin finos.
- (2). Suelo granular grueso, con finos limosos.
- (3). Suelo residual, con cantos, bloques de piedra, grava, arenas finas y finas arcillosas en cantidad apreciable (suelo característico en carreteras junto a ríos).
- (4). Arcillas plásticas, blandas, limos orgánicos o arcillas limosas.
- (5). Fragmentos de arcilla dura o medianamente dura protegida de tal modo que el agua proveniente de cualquier fuente no penetre entre los fragmentos.

Aquí se define un peso específico por las características del relleno.

**Tabla 1.**

Peso específico de los suelos.

<b>TIPO</b>	<b>PESO ESPECIFICO</b>
1	$\gamma = 1,73 \text{ T/m}^3$
2	$\gamma = 1,77 \text{ T/m}^3$
3	$\gamma = 1,77 \text{ T/m}^3$
4	$\gamma = 1,70 \text{ T/m}^3$
5	$\gamma = 1,70 \text{ T/m}^3$

*Nota.* Esta tabla representa el peso específico de cada tipo de suelo

**Tabla 2.**

Coefficiente c para tipos de relleno.

<b>Tipo de relleno</b>	<b>c</b>
1	0,27
2	0,30
3	0,39
4	1,00
5	1,00

*Nota.* Esta tabla representa el coeficiente C para cada tipo de relleno

Este número semiempírico de Terzaghi se refiere a la geometría del terreno y las condiciones de carga.

**Primer tipo.-** La superficie del relleno es plana, inclinada o no y sin sobrecarga alguna.

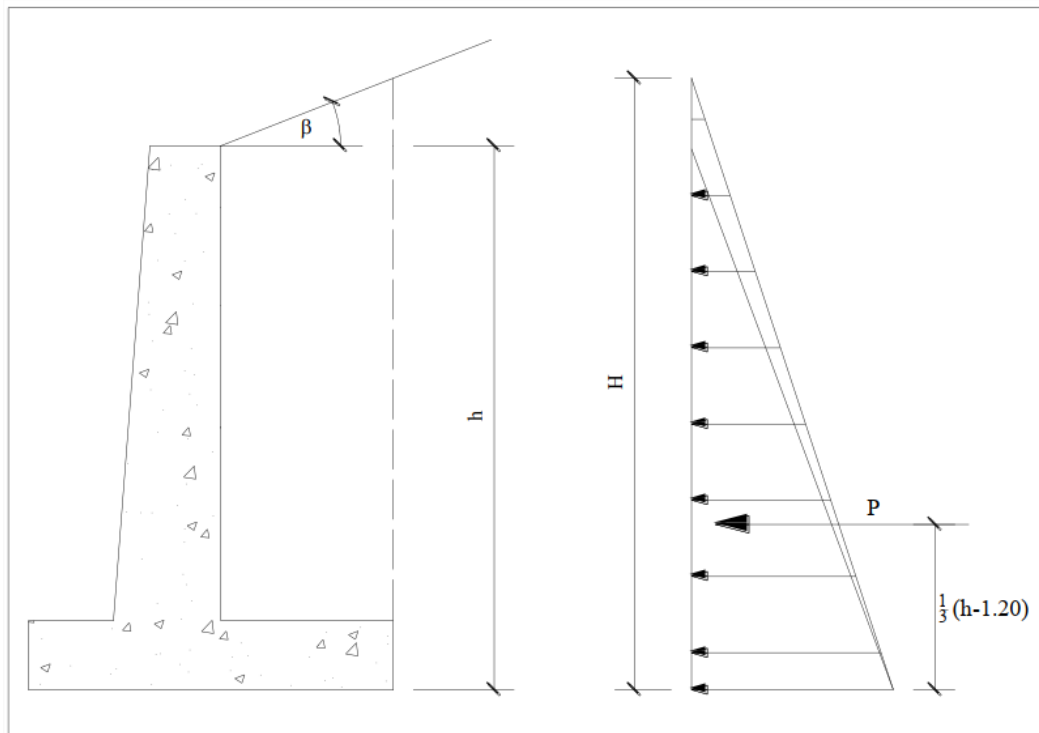
**Segundo tipo.-** La superficie del relleno es inclinado a partir de la corona del muro, hasta un cierto nivel y luego se torna horizontal.

**Tercer tipo.-** La superficie del relleno es horizontal y sobre ella actúa una sobrecarga uniformemente distribuida.

**Cuarto tipo.-** La superficie del terreno es horizontal y sobre ella actúa una sobrecarga lineal, paralela a la corona del muro y uniformemente distribuida.

**Figura 6.**

*Distribución de presiones.*



*Nota.* Grafica representa la distribución de presiones, Tomado de (Terzaghi & Peck, 1967)

Para cuando el relleno soporta carga uniformemente distribuida (tercer tipo) la presión horizontal sobre el plano vertical en que se supone actúa el empuje, deberá incrementarse uniformemente en el valor del empuje ejercido por esta sobrecarga de la siguiente manera (Lucero Pardo et al., 2012):

$$P = c \cdot q \quad \text{Ecuación ( 19)}$$

Donde; P = Presión horizontal, c = Valor de la Tabla 2, q = Sobrecarga uniformemente distribuida.

Ahora si la superficie del relleno es horizontal, y soporta una carga lineal paralela a la corona y uniforme (cuarto caso) se considerará una carga concentrada que ejerce sobre el plano vertical en que se aplican los empujes:

$$P = c \cdot q' \quad \text{Ecuación ( 20)}$$

Donde; q' = Valor de la carga lineal uniforme.

## **2.2. MATERIALES RECOMENDABLES PARA RELLENO**

En aras de la seguridad y la economía, para los diseños de paredes de contención deben considerar cuidadosamente los métodos de construcción y materiales que se utilizarán. Esto ayudará a evitar diseños intrínsecamente riesgosos y puede dar lugar a economías significativas, por ejemplo, los ahorros a menudo se pueden lograr incorporando parte de los trabajos temporales en la estructura permanente (GEO, 2020).

La elección de materiales para rellenar detrás de una pared de contención depende de los materiales disponibles, las condiciones del sitio, la carga que se colocará en el relleno y el tipo de pared. El relleno ideal es un material duradero y de drenaje de alta resistencia y rigidez, y que está libre de cualquier materia dañina. Sin embargo, la elección final de los materiales a menudo depende del costo y la disponibilidad de dichos materiales equilibrados con el costo de proporcionar un apoyo más sustancial para los materiales de relleno de menor calidad (Díaz et al., 2021; Engineers and Geoscientists British Columbia, 2020).

Los ingenieros recomiendan los suelos granulares relativamente limpios y de drenaje libre y los contratistas prefieren el relleno para las estructuras de contención. Sin embargo, en la mayoría de las circunstancias, cualquier tipo de suelo o roca de fricción no plástico a baja plasticidad puede utilizarse como relleno, siempre que la pared esté diseñada para resistir las fuerzas impuestas. En general, es más económico utilizar relleno y diseño de grano de relleno local para esos parámetros de resistencia apropiados que importar materiales de drenaje libre (Ortiz Arciniega & Yacchirema Chimbo, 2013).

Algunas recomendaciones para los tipos de relleno son (Driscoll, 1981; GEO, 2020):

- No se recomienda el uso de rellenos de arcilla debido a los problemas asociados con la expansión, contracción y consolidación de la arcilla.
- No se deben utilizar rellenos compuestos por limos uniformes, ya que estos materiales son muy difíciles de compactar.
- Para rellenos compuestos de suelos finos, se debe proporcionar un drenaje adecuado para evitar la acumulación de presión de agua.

- Para un muro de contención, el movimiento requerido para producir el estado activo en materiales cohesivos con un contenido significativo de arcilla es mucho mayor que para materiales granulares. Esto, junto con el hecho de que los primeros generalmente tienen resistencias al corte más bajas, significa que la cantidad de resistencia al corte movilizado para cualquier movimiento de pared dado es considerablemente menor para materiales cohesivos que para materiales granulares. La presión de tierra correspondiente en el lado 'activo' para un movimiento de pared particular es, por lo tanto, mayor si se usa suelo cohesivo para el relleno.
- Los materiales arenosos son adecuados para el relleno en la mayoría de los tipos de muros de contención, siempre que cumplan con los requisitos para el relleno del suelo.
- El relleno compuesto por productos de roca triturada es un material muy adecuado para su uso como relleno de muros de contención. Idealmente, el relleno de roca debe consistir en piezas de roca dura y duradera de las cuales no más del 30% en peso esté decolorada o muestre otras evidencias de descomposición. Debe estar bien clasificado y tener un tamaño de partícula máximo de 200mm.
- Debe evitarse el movimiento del suelo retenido debido a la migración de finos hacia el relleno de rocas, y esto requiere la provisión de un filtro diseñado adecuadamente entre el suelo y el relleno de rocas

Los materiales recomendables para rellenos, bajo la consideración de (Terzaghi & Peck, 1967) son:

**a) Tipo A**

Suelo granular grueso sin mezclas de partículas de grano fino, de alta permeabilidad. A este grupo pertenecen: grava bien graduada (GW), grava mal graduada (GP), arena bien graduada (SW) y arena mal graduada (SP).

**b) Tipo B**

Suelo granular de baja permeabilidad debido a la mezcla con partículas del tamaño del limo. Este grupo incluye a: grava mal graduada (GP) con limo (GM), grava bien graduada (GW) con limo (GM), grava mal graduada (GP) con arena limosa (SM) y arena bien graduada (SW) con limo (SM).



**c) Tipo C**

Suelo residual con piedras, arenas finas limosas y materiales granulares con un contenido evidente de arcillas tales como: grava limosa (GM), grava arcillosa (GC), arena limosa (SM) y arena arcillosa (SC).

**d) Tipo D**

Arcillas plásticas blandas, limos orgánicos ó arcillas limosas como: limo de baja a mediana compresibilidad (ML), limo de alta compresibilidad (MH), arcillas de baja a mediana compresibilidad (CL) y arcillas de alta compresibilidad (CH).

**e) Tipo E**

Fragmentos de arcilla dura o medianamente dura, protegidos de modo que el agua proveniente de cualquier fuente no penetre entre los fragmentos.

### **2.3. TIPOS DE MUROS DE CONTENCIÓN**

Se deben considerar los siguientes factores al seleccionar un tipo adecuado de muro de contención (Driscoll, 1981; GEO, 2020; The Republic of Nepal, 2009):

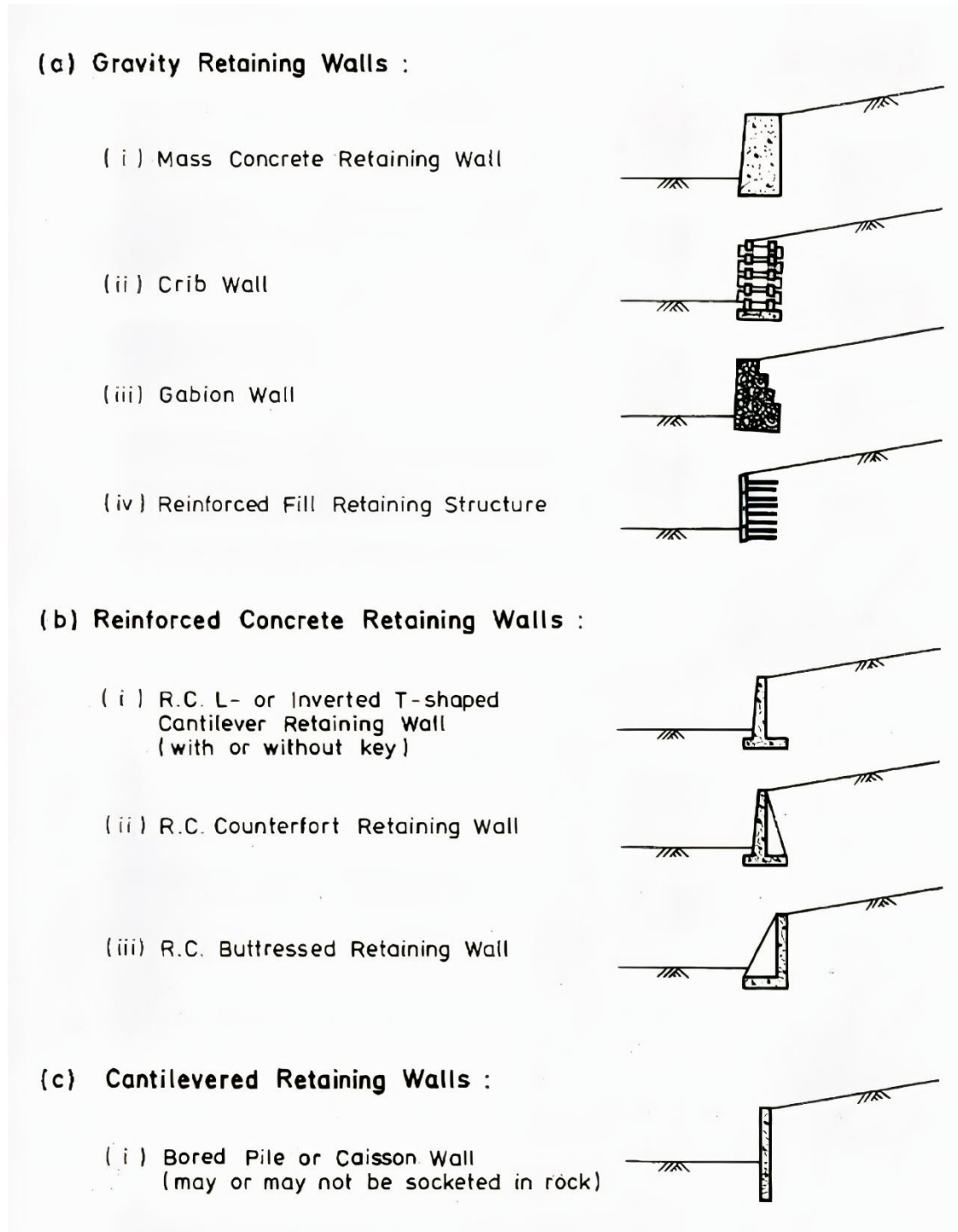
- (a). La ubicación del muro de contención propuesto, su posición en relación con otras estructuras y la cantidad de espacio disponible, incluida la necesidad o no de confinar el sistema de soporte dentro de los límites del sitio,
- (b). La altura del muro de contención propuesto y la topografía del terreno que se formará,
- (c). Las condiciones del suelo y de las aguas subterráneas,
- (d). Extensión del movimiento del suelo aceptable durante la construcción y en servicio, y el efecto del movimiento del muro de contención en las estructuras y servicios cercanos,
- (e). Disponibilidad de materiales,
- (f). Tiempo disponible para la construcción,
- (g). Apariencia, y
- (h). Vida de diseño y mantenimiento.

Se encuentra disponible una amplia variedad de diferentes tipos de muros de contención (Figura 7). Sus ventajas y desventajas relativas se dan en la Tabla 1.

Cuando varias alternativas sean adecuadas, se debe hacer una comparación económica basada en su construcción inicial y costos de mantenimiento posteriores.

**Figura 7.**

*Tipos de muros de contención.*



*Nota.* Grafica sobre los tipos de muros de contención. Tomado de (GEO, 2020).

**Tabla 3.**

*Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de muros de contención, (GEO, 2020)*

Tipos de muro de contención	Ventajas / Aplicaciones	Desventajas / Restricciones
<p><b>A. Muros de Contención a Gravedad</b> Este tipo de pared depende de la masa de carga muerta de la pared para la estabilidad en lugar del voladizo de una base.</p>	<p>(a). Proporciona estabilidad en virtud del peso del muro. (b). Adecuado para la retención de rellenos, terraplenes, etc.</p>	<p>(a). Ocupa una cantidad relativamente grande de espacio. (b). Es posible que sea necesario brindar apoyo a cualquier excavación requerida para fines de construcción.</p>
<p><b>1. Muro de Contención de Hormigón en Masa</b></p>	<p>(a). Relativamente simple de construir y mantener. (b). Puede hacer frente a las curvas y se puede construir en diferentes formas para fines arquitectónicos. (c). Las características se pueden incorporar en la cara acabada.</p>	<p>(a). Se requiere una base razonablemente buena. (b). Se usan grandes cantidades de concreto y se requiere tiempo de curado antes de que sea efectivo. (c). Generalmente antieconómico para alturas superiores a 3 m.</p>
<p><b>2. Muros Crib (de cuna)</b></p>	<p>(a). Relativamente simple de construir y mantener. (b). Uso máximo del suelo como componente estructural y, por lo tanto, minimiza la necesidad de materiales fabricados. (c). Utiliza elementos prefabricados, lo que permite un mejor control de calidad de los componentes.</p>	<p>(a). Se requiere material de relleno autodrenante. (b). El costo puede ser alto para pequeñas cantidades. (c). Generalmente inadecuado para alturas superiores a 7 m.</p>
<p><b>3. Muros de gaviones</b></p>	<p>(a). Como (a) y (b) para un muro Crib (b). Permite la construcción sobre cimientos más débiles. (c). Estructura flexible, por lo que puede tolerar asentamientos diferenciales más altos que el hormigón en masa y el Muro de contención R.C. (concreto reforzado). (d). Relativamente fácil de demoler en parte o en su totalidad.</p>	<p>(a). Se requiere material de relleno autodrenante. (b). El costo puede ser alto para pequeñas cantidades.</p>
<p><b>4. Estructura de relleno reforzado</b></p>	<p>(a). Como (a), (b) y (c) para un muro Crib. (b). Puede hacer frente a curvas más cerradas que los convencionales muros de contención R.C. (concreto reforzado). (c). Como (b), (c) y (d) para muro de gaviones.</p>	<p>(a). El requisito de ocupación de terreno puede exceder el de otros muros de contención de gravedad. (b). La zona reforzada requiere protección. (c). Requisitos estrictos sobre el relleno seleccionado para ser utilizado con elementos de refuerzo de acero. (d). Los aspectos de las patentes deben ser considerados en los contratos. (e). Los costos pueden ser altos para pequeñas cantidades.</p>
<p><b>B. Muro de contención de hormigón armado</b> El muro de contención de hormigón armado resiste la presión lateral por acción estructural como la flexión y da como resultado una sección más delgada.</p>	<p>(a). Proporciona estabilidad en virtud de la resistencia y rigidez del hormigón armado y el peso del relleno retenido. (b). Adecuado para la retención de rellenos, terraplenes, etc.</p>	<p>(a). La construcción de la zapata extendida, y la clave, si se usa, a veces requiere una gran excavación con soporte estructural. (b). Se requiere una base razonablemente buena. (c). Se requiere tiempo de curado antes de que sea efectivo. (d). Las paredes delgadas son susceptibles de sufrir daños por impacto.</p>
<p><b>1. Muro de contención Cantilever R.C. (concreto reforzado). (en forma de L o T invertida)</b></p>	<p>(a). Sólo están involucrados los métodos de construcción convencionales. (b). Las características se pueden incorporar en la cara terminada.</p>	<p>(a). Generalmente antieconómico para alturas superiores a 8 m.</p>
<p><b>2. Muro de contención Counterfort (contrafuerte) R.C. (concreto reforzado).</b></p>	<p>(a). Puede construirse a mayores alturas que R.C. muro de contención en voladizo. (b). Como (a) y (b) de Muro de contención Cantilever R.C. (concreto reforzado).</p>	<p>(a). El encofrado puede ser costoso.</p>
<p><b>C. Muro de Contención Cantilevered</b> Resisten el empuje originado por la presión del relleno, por medio de la acción en voladizo de un muro vertical y una base horizontal, para garantizar la estabilidad.</p>	<p>(a). Proporciona estabilidad en virtud de la resistencia a la flexión y la rigidez del voladizo. (b). Utilizado principalmente para la retención de terrenos excavados donde el espacio es restringido o donde, debido a la naturaleza del subsuelo, la presión de carga sobre los cimientos debe mantenerse baja. (c). Particularmente adecuado cuando puede obtener apoyo de una estructura adyacente y finalmente incorporarse a ella.</p>	<p>(a). Puede requerir una penetración sustancial en el suelo para la estabilidad si no se encuentra roca o una capa de soporte fuerte a poca profundidad. (b). El costo y el movimiento del suelo son generalmente mucho más altos que la gravedad o R.C. Muro de contención. (c). El diseño es muy sensible a los cambios en el nivel del suelo. (d). La pared impermeable puede causar un aumento en el nivel del agua subterránea local.</p>
<p><b>1. Muro de pilotes perforados o cajón (Caisson)</b></p>	<p>(a). No se requiere corte temporal. (b). La construcción de cajones excavados a mano es una práctica habitual. (c). No se requiere maquinaria pesada para la construcción de cajones y, por lo tanto, se puede construir en áreas donde el acceso es difícil. (d). Se pueden excavar varios cajones simultáneamente para reducir el tiempo de construcción.</p>	<p>(a). Es necesario un cuidado especial para garantizar la seguridad durante la construcción del cajón. (b). La excavación de cajones puede requerir drenaje, lo que provocará el asentamiento del suelo. (c). El costo de construcción es alto.</p>

*Nota.* Tabla sobre las Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de muros de contención, Tomada de (GEO, 2020)

## 2.4. ESTABILIDAD DE MUROS DE CONTENCIÓN

Al diseñar una estructura de contención, se debe evaluar tanto la estabilidad interna como externa de la estructura. La estabilidad externa de la estructura se relaciona con la interacción suelo/estructura y la estabilidad general del sistema de muros. La estabilidad interna se relaciona con las tensiones de trabajo dentro de los materiales de construcción (Driscoll, 1981). Existe cierta superposición entre la estabilidad interna y la externa: para nuestros propósitos, se discutirán aquí como temas separados.

### 2.4.1. Estabilidad externa.

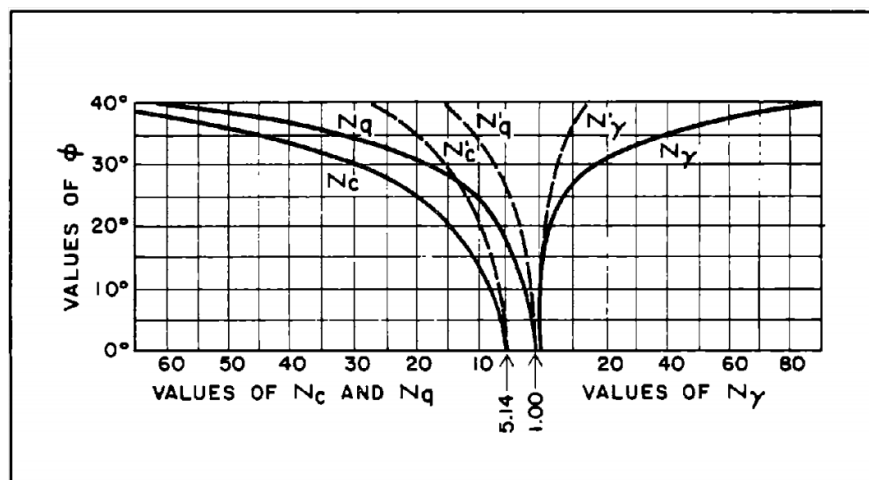
**2.4.1.1. Presión de carga admisible del suelo.** Las capacidades de carga máximas del suelo para condiciones de falla general por corte de una cimentación continua colocada sobre suelo denso o rígido se puede calcular usando (Driscoll, 1981):

$$q_d = cN_c + \gamma D_f N_q + 1/2 \gamma B N_\gamma \quad \text{Ecuación ( 21)}$$

Los valores de  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$ , deben ser obtenidos desde la Figura

**Figura 8.**

*Factores de capacidad de carga, (Terzaghi & Peck, 1967).*



*Nota.* Gráfico sobre los factores de capacidad de carga, Tomada de (Terzaghi & Peck, 1967).

Se debe aplicar un factor de seguridad de 2.0 a 3.0 para determinar la presión de carga admisible del suelo,  $q_a$ , usando:

$$q_a = \frac{q_d}{FS} \quad \text{Ecuación ( 22)}$$

Las cimentaciones continuas que se encuentran en suelos sueltos o blandos y que están diseñadas para minimizar el movimiento de los cimientos y la deflexión de la pared (que generalmente es el caso de las estructuras permanentes) deben basarse en el criterio de corte local (Driscoll, 1981). Las capacidades máximas de carga basadas en corte local pueden calcularse usando

$$q'_d = 2/3cN'_c + \gamma D_f N'_q + 1/2\gamma B N'_\gamma \quad \text{Ecuación ( 23)}$$

Utilizando un factor de seguridad adecuado, generalmente 3.0, las presiones admisibles de carga del suelo para corte local se obtienen utilizando:

$$q_a = \frac{q'_d}{FS} \quad \text{Ecuación ( 24)}$$

Los suelos de cimentación del muro de contención deben soportar no solo la carga muerta del muro, sino también todas las tensiones inducidas por momentos, que son generalmente el factor de control con respecto a la capacidad de carga de muros a gravedad y cantiléver.

Se sabe que la capacidad de carga de las cimentaciones en taludes debe reducirse de los valores calculados en la ecuación 24. Sin embargo, la experiencia muestra que la estabilidad global de la estructura de contención suele ser el criterio de control; por lo tanto, la reducción de la capacidad de carga no suele tener consecuencias.

Las siguientes ecuaciones muestran relaciones para calcular  $q_d$  y  $q'_d$  para cimentaciones (bases) cuadradas. Nuevamente, la presión de carga del suelo permisible debe tener un factor de seguridad de 2.0 a 3.0, dependiendo del tipo de suelo.

$$q_d = 1.2cN_c + \gamma_f D_f N + 0.4\gamma_f B N \quad \text{Ecuación ( 25)}$$

$$q'_d = 1.2cN'_c + \gamma_f D_f N' + 0.4\gamma_f B N \gamma'_v \quad \text{Ecuación ( 26)}$$

En las ecuaciones de capacidad de carga (21, 23, 25 y 26) se ha supuesto que el nivel freático está a una profundidad igual o mayor que el ancho de la cimentación o base, B. Si el nivel del agua subterránea está en la superficie del suelo, se debe usar el peso unitario flotante en los cálculos. Para niveles intermedios de agua subterránea, el peso unitario debe ser proporcional en consecuencia.

Para condiciones sin drenaje. Es decir,  $\phi = 0$ , la capacidad máxima de carga del suelo para las cimentaciones se aproxima mediante:

$$q_d = 6.2c \quad \text{Ecuación ( 27)}$$

En la que c es la resistencia al corte no drenado determinada a partir de pruebas de compresión no confinada, de corte no drenado no consolidado o Torvane ( $2c = q_u$  en la que  $q_u$  es la resistencia a la compresión no drenada). Por lo tanto, para un factor de seguridad de 3,0, la presión de carga admisible del suelo,  $q_a$ , es aproximadamente igual a la resistencia a la compresión no confinada.

**2.4.1.2. Volcamiento.** El factor de seguridad de un muro de contención frente al volcamiento se determina sumando los momentos alrededor del pie del muro y evaluando:

$$FS = \frac{\sum \text{momento resistencia}}{\sum \text{momento volcamiento}} \quad \text{Ecuación ( 28)}$$

Además, la resultante de los momentos debe quedar dentro del tercio medio de la base del muro de contención.

Si la resultante de las fuerzas que actúan sobre la estructura no se encuentra en el centro de la base del muro, un esfuerzo momento/inducido

ocurre debajo de la estructura. La magnitud del esfuerzo momento/inducido,  $\sigma_{mom}$ , se calcula tomando el momento de la resultante, N, sobre la línea central (CL) de la base del muro y dividiéndolo por el módulo de sección de la base como en la siguiente ecuación.

$$\sigma_{mom} = \frac{M_{CL}}{S} \quad \text{Ecuación ( 29)}$$

La distribución neta de esfuerzos que actúa debajo del muro es una combinación del esfuerzo uniforme inducido por el peso del muro y el esfuerzo inducido por el momento desarrollado por el empuje horizontal del relleno. La magnitud de esta tensión combinada debe ser menor que la capacidad de carga permitida.

#### **2.4.1.3. Deslizamiento en la base.**

El factor de seguridad de una estructura de contención contra el deslizamiento en la base es la relación entre las fuerzas de resistencia y las fuerzas impulsoras. Usando la Figura 9, el factor de seguridad se daría usando:

$$FS = \frac{\bar{c}_b + \bar{N} \tan \delta_b + P_p}{P_h} = \frac{\sum \text{fuerzas de resistencia}}{\sum \text{fuerzas impulsoras}} \quad \text{Ecuación ( 30)}$$

Donde  $\delta_b$ , el ángulo de fricción del material de cimentación del muro, generalmente se toma como igual a  $2/3 \bar{\phi}$ , y  $\bar{c}_b$ , la cohesión o adherencia del muro al material de cimentación, es igual a  $2/3 c$ , o a algún otro valor basado en la experiencia.

Remodelar y alisar los suelos de cimentación expuestos puede reducir significativamente la resistencia por fricción del contacto suelo-base. Por eso, el ángulo de fricción de la base del suelo para las arcillas puede ser inferior a  $2/3\phi$ . Para arcillas firmes a duras,  $\delta_b$  puede aproximarse al ángulo de fricción residual,  $\phi_r$ . Por lo tanto, generalmente se recomienda ignorar la cohesión suelo-pared al calcular el factor de seguridad contra el deslizamiento para condiciones similares.

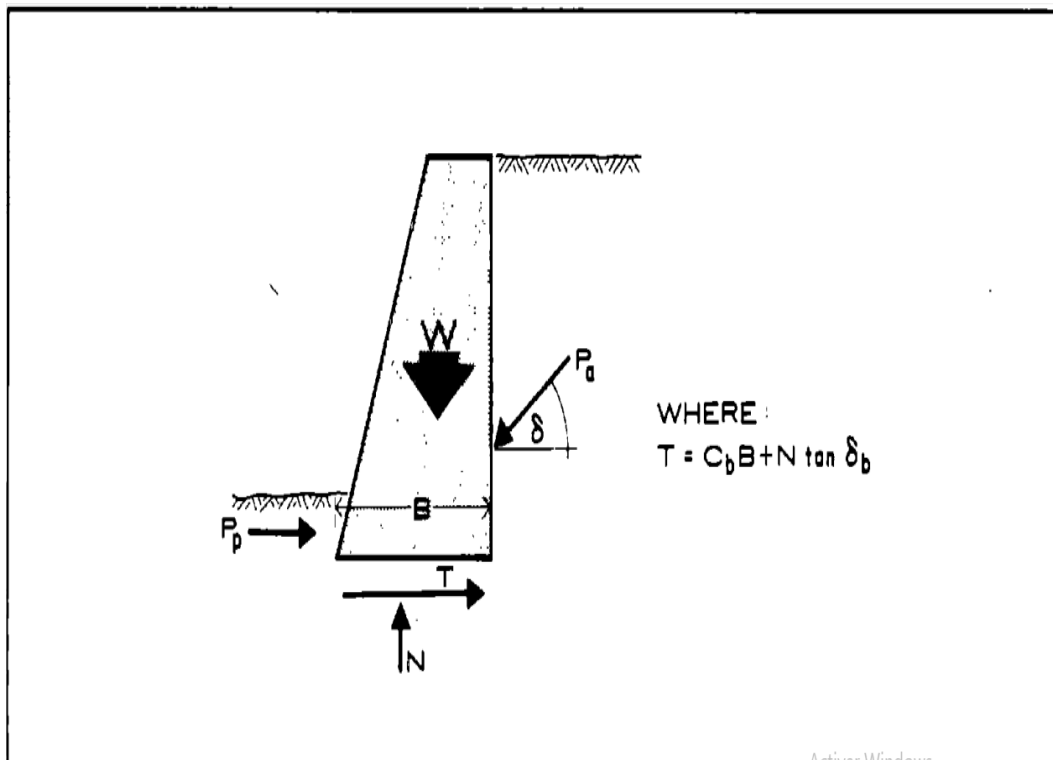
Para empotramiento de 3 pies o menos, se recomienda que la resistencia pasiva,  $P_p$ , sea ignorada (ver Figura 9).

Si no se puede desarrollar una resistencia adecuada al deslizamiento con una base convencional en la pared, se pueden incorporar llaves de corte en el diseño, como se muestra en la Figura 10. El ejemplo (a) ilustra una llave de base ubicada cerca del vástago para que el acero del vástago se pueda introducir en la llave; El ejemplo (b) muestra que se puede desarrollar una superficie deslizante donde la llave proporciona poca ayuda. En el ejemplo (c) se muestra una llave de talón que presenta dos posibles modos de falla (pasivo y deslizamiento a lo largo del plano).

Alternativamente. El muro se puede amarrar con tendones o pernos de anclaje para aumentar la tensión normal a lo largo de la superficie de deslizamiento potencial.

**Figura 9.**

*Fuerzas externas.*

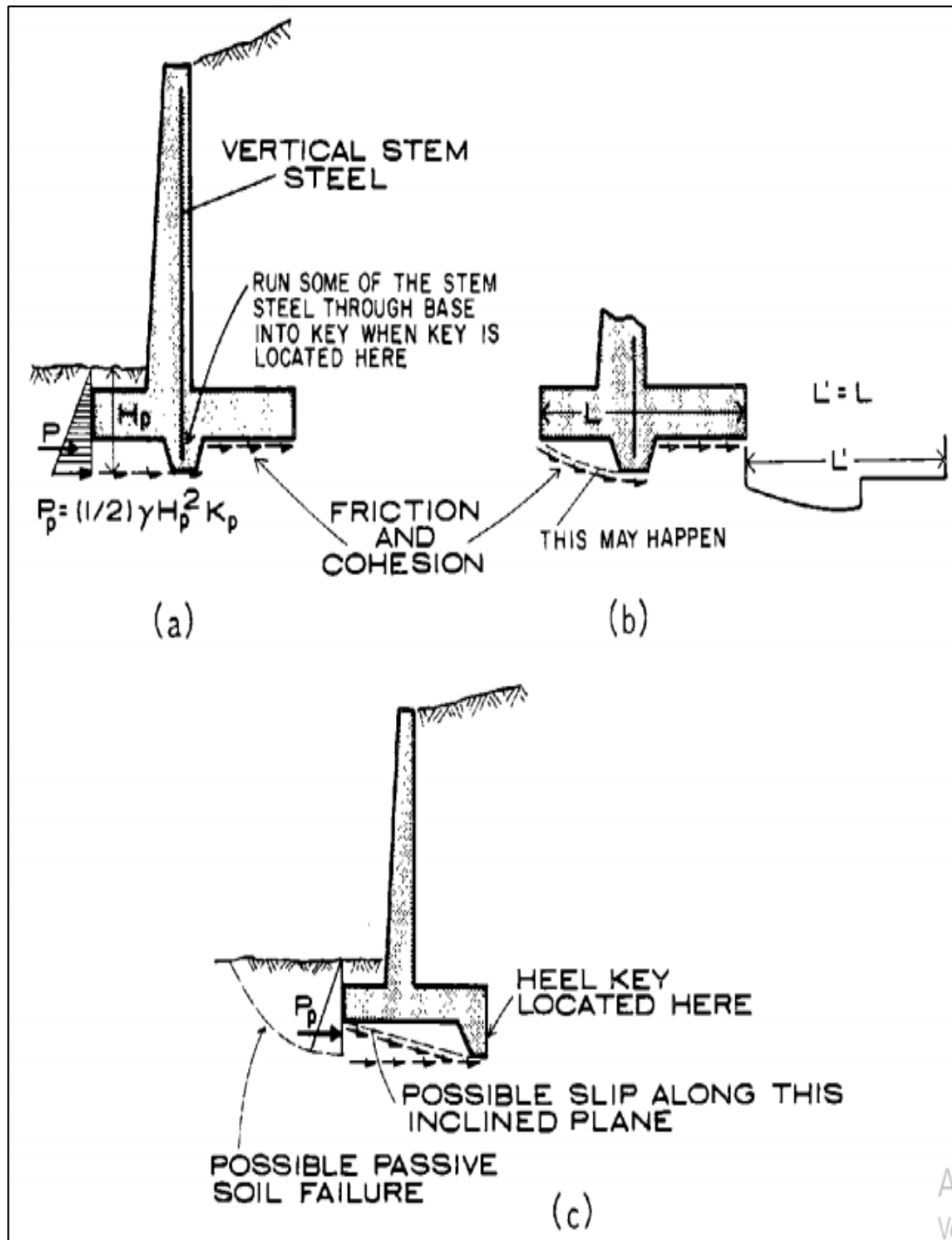


*Notas.* El grafico representa las Fuerzas externas, Tomado de (Driscoll, 1981).



**Figura 10.**

*Llaves de corte*



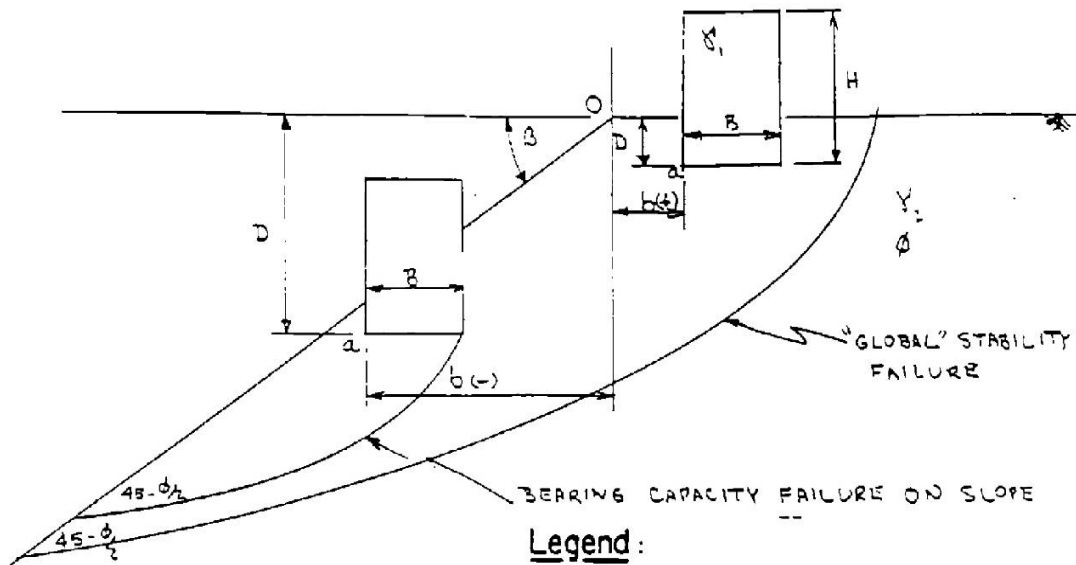
*Nota.* Grafica representa las Llaves de corte, Tomado de (Driscoll, 1981).

#### **2.4.1.4. Capacidad de carga en pendientes.**

La capacidad de carga en un talud se reduce porque la superficie de falla está truncada por el talud, como se muestra en la Figura 11

**Figura 11.**

*Definición de términos, muros con pendiente*



Note:  $\lambda = b/B$   
 $\eta = D/B$   
 $\psi = L/B$

**Legend:**

- $\beta$  = angle of slope with respect to horizontal
- D = depth of footing with respect to the level of the horizontal ground
- B = footing width
- L = footing length
- b = horizontal distance leading edge of footing is away from crest of slope

GEMPERLINE  
FLAT GROUND  
REFERENCE BEARING  
CAPACITY EQUATION

$$N\gamma q_R = [10^{(0.1159\phi - 2.386)}][10^{(0.34 - 0.21\log_{10} B)}] \dots (3-49)$$

with  $\phi$  in degrees and B in inches.

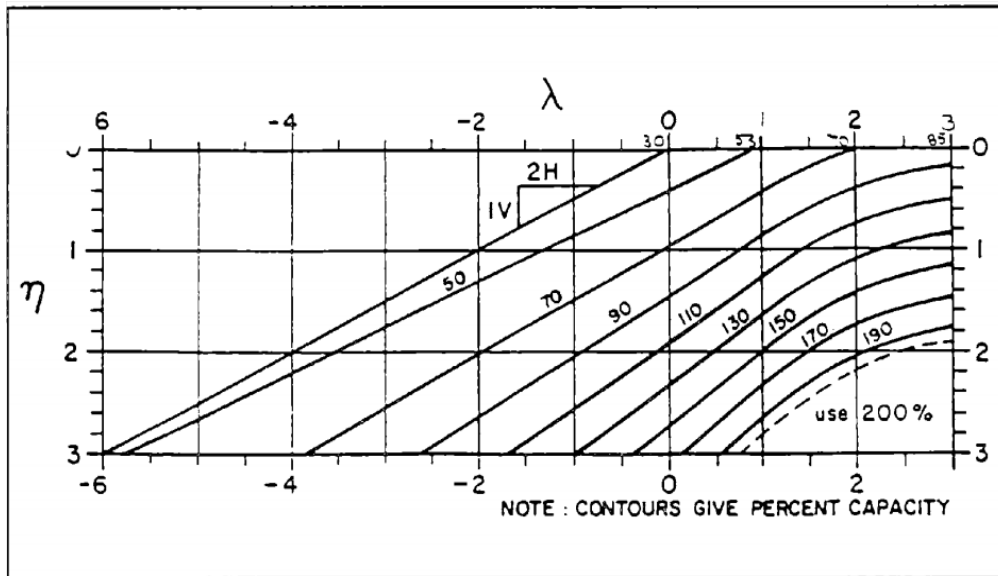
*Notas.* Gráfico con la definición de términos, muros con pendiente, Tomado de (Driscoll, 1981).

(Shields et al., 1990) proporciona un método para calcular la capacidad de carga reducida. El método utiliza los porcentajes que se muestran en las figuras 12 y 13 para ajustar la capacidad de carga de la superficie plana Gemperline. La aplicación principal ha sido reducir la capacidad de carga de las zapatas de puentes en taludes de relleno. El método debe ser aplicable a la capacidad de carga de los muros de contención en pendientes, siempre que los materiales del subsuelo debajo

del muro de contención a una profundidad igual al ancho del muro sean relativamente homogéneos y sin cohesión. Debido al ancho relativo al enterramiento de la mayoría de los muros de contención, las porciones útiles en las figuras 12 y 13 estarán cerca de la superficie.

**Figura 12.**

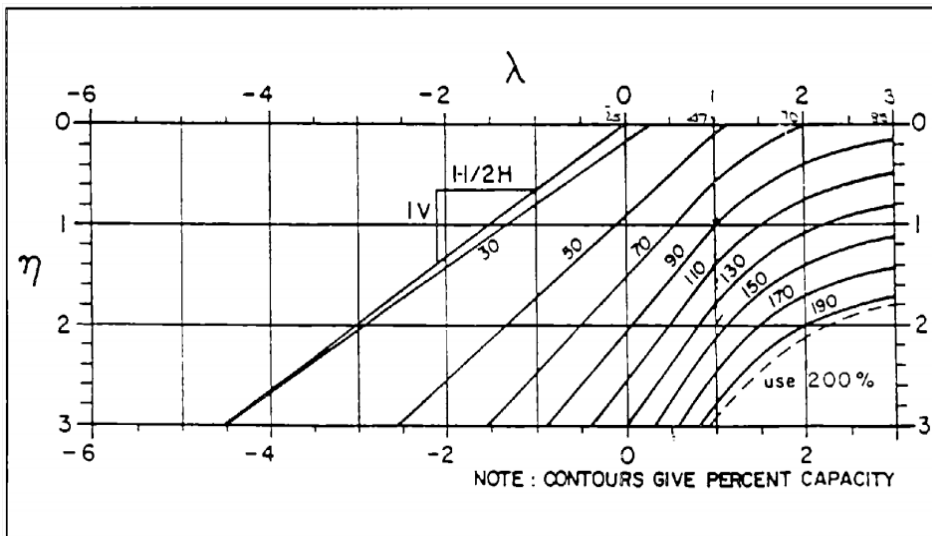
*Diseño sugerido para una pendiente de 26.6°*



*Nota.* Gráfico para un Diseño sugerido para una pendiente de 26.6°/ Tomado de (Driscoll, 1981).

**Figura 13.**

*Diseño sugerido para una pendiente de 33.7°*



*Nota* Grafico con la representación de un Diseño sugerido para una pendiente de 33.7°. Tomado de (Driscoll, 1981).

La referencia proporciona curvas para taludes de pendiente (terraplén) de  $1\frac{1}{2}:1$  y  $2:1$ . Y la extrapolación a pendientes más planas probablemente sea razonable. Cualquier pendiente mayor que  $1\frac{1}{2}:1$  probablemente tenga materiales subterráneos subyacentes que violen los supuestos de homogeneidad y falta de cohesión. La ecuación Gemperline no es válida para  $B > 45$  grados. Para pendientes más pronunciadas, se debe considerar la estabilidad global en lugar de una capacidad de carga reducida. Como se observa en la figura 11, se supone que la superficie de falla crítica para la capacidad de carga pasa por el talón del muro.

Debido a la relación ancho-alto de muchos muros de contención y el aumento de la capacidad de carga con el aumento del ancho de la base o del muro de contención,  $B$ , la capacidad de carga de los suelos sin cohesión a menudo no es un problema para los muros de contención.

#### **2.4.1.5. Estabilidad de taludes.**

Al finalizar el diseño de la pared, se debe calcular la estabilidad general drenada y no drenada del sistema de pendiente de la pared. Muchos métodos de análisis de estabilidad de taludes están disponibles. Cualquiera de los métodos comúnmente utilizados es lo suficientemente preciso para la mayoría de los problemas de muros de contención (Driscoll, 1981).

La construcción de muros de contención a menudo requiere una excavación que produce un talud de corte empinado como una situación temporal durante la construcción. Es posible que también sea necesario analizar esta pendiente para garantizar la seguridad durante la construcción. Suelo apropiado, agua, y los parámetros de pendiente que reflejen las condiciones de construcción a corto plazo deben usarse en el análisis.

## **2.5. Estabilidad externa.**

La estabilidad interna de una estructura de contención se refiere a la integridad de los elementos estructurales del muro. La falla de una varilla de amarre en una pared restringida o del vástago de una pared en voladizo de concreto son ejemplos de fallas de estabilidad interna. El conocimiento de la acción estructural de los diversos

elementos de un muro es esencial para considerar la estabilidad interna de la estructura (GEO, 2020).

## 2.6. ZONA DE ESTUDIO “EL TABLAZO, SANTA ELENA”

### 2.6.1. Ubicación de Santa Elena.

La zona de estudio pertenece a la provincia de Santa Elena, esta provincia se ubica en el lado suroeste del Ecuador limitada por las provincias de Manabí y Guayas. Más exactamente, la zona “El Tablazo” es parte de la cabecera cantonal del mismo nombre que la provincia en el lado oeste (GADMSE, 2020). Con respecto a la localidad, limita al norte con la parroquia Colonche, al suroeste con la Parroquia San José de Ancón y Atahualpa, y al este con la parroquia Chanduy. Se puede limitar la ubicación del área de estudio siguiendo los detalles de (Lagasca Loaiza, 2020a) en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Sistema de coordenadas WGS 84 del área “El Tablazo”*

<b>Puntos de interés</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>
Punto de inicio	516405	9754952
Punto de final	515465	9755537

*Nota.* Esta tabla muestra las donde se va a realizar el trabajo del diseño de muro, coordenadas WGS 84 del área “El Tablazo”, (Lagasca Loaiza, 2020b).

Esta región de Santa Elena presenta dos climas que van desde seco a lluvioso. Los meses más lluviosos son de enero a abril con precipitación máxima es de 436,0 mm, mientras que de junio a diciembre son los meses más secos, con una precipitación máxima de 2,8 mm en el mes de agosto según datos 2002-2016 de (INAMHI, 2016).

### **2.6.2. *Relieve de Santa Elena.***

El área de interés puede considerarse parte de la Cordillera Costera Chanduy – Playas con relieves de pendientes entre 12, 25 a 40, 100%. Otra de las características de los relieves es que son estructurales y colinados terciarios, esto se dio como resultado de los procesos erosivos de los relieves terciarios de la Formación Cayo. Los relieves litorales sedimentarios y fluvio-marinos presentan pendientes que van desde 25 al 40% y finalmente el medio aluvial presenta una pendiente que va desde 0 al 5% (GADMSE, 2020).

### **2.6.3. *Geología Local.***

El área “El Tablazo” se puede identificar tres formaciones (Grupo Azúcar, Grupo Ancón y Formación Tablazo) donde afloran rocas que varían desde edad Jurásico Superior, el Cretáceo y hasta la actualidad; lo que significa que está conformado por rocas sedimentarias (origen marino) y pequeños afloramientos de rocas volcánicas (intercalaciones clásticas)(Lagasca Loaiza, 2020a).

La geología local se detalla a continuación:

#### **Grupo Azúcar** (del Paleoceno).

Corresponde a varias facies de lutitas, areniscas y conglomerados con cantidades menores de arcilla guijarrosa; (Pedro Reyes & Francois Michau, 2012).

#### **Grupo Ancón** (del Eoceno).

Está constituido por rocas calcáreas que incluyen secuencias de conglomerados, areniscas y limolitas masivas (Pedro Reyes & Francois Michau, 2012).

#### **Formación Tablazo** (aflora mayormente).

La Formación Tablazo corresponde a 4 niveles con diferentes facies, pero todas de origen marino (Marchant, 1961).

#### ***2.6.4. Geología Estructural.***

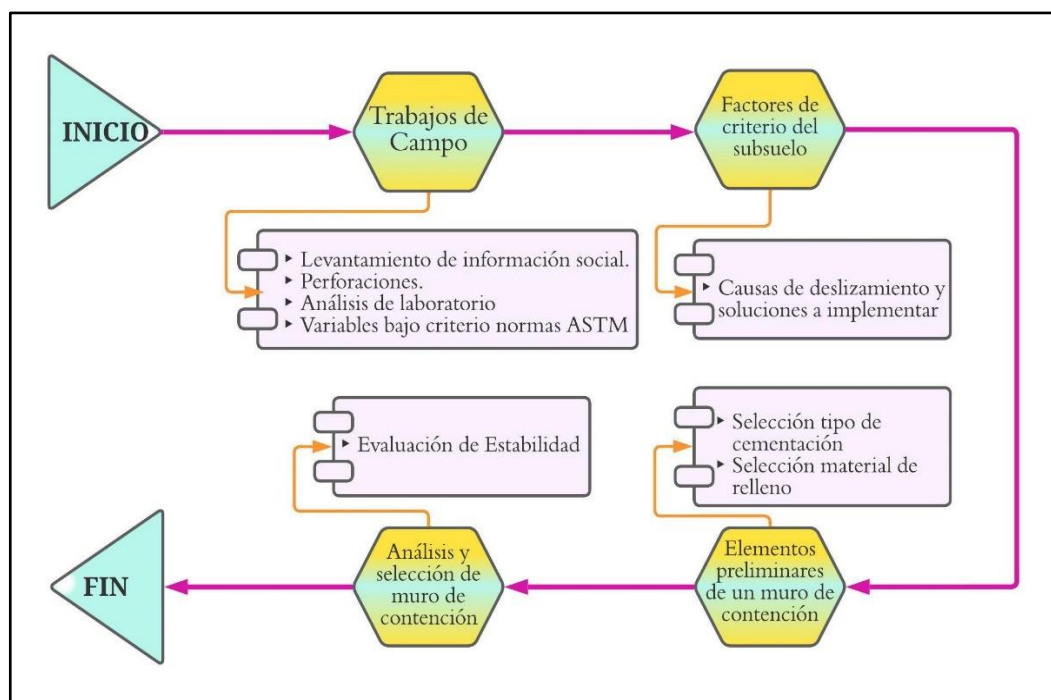
La provincia de Santa Elena pertenece a la cuenca Progreso. Los relieves de esta zona van de dirección N-S y son afectados por fallas en dirección NNW-SSE cortadas por fallas más jóvenes de dirección general NE-SW. La península de Santa Elena corresponde a la zona estructuralmente levantada con el nombre de Levantamiento de Santa Elena. Se encuentra comprendida entre la Falla La Cruz de dirección NO-SE y la Falla Posorja de dirección NO-SE que está ubicada costa afuera en el Golfo de Guayaquil; limitando al Norte del Levantamiento Santa Elena está la Falla Colonche (Ordoñez et al., 2006).

## CAPITULO III: METODOLOGÍA

La metodología a seguir para determinar el riesgo de deslizamiento y aplicar medidas de contención se resume a continuación (Figura 14). (1) Trabajos de campo. (2) Factores de criterio del subsuelo. (3) Elementos preliminares de un muro de contención y (4) Análisis de selección de muro de contención.

**Figura 14.**

*Metodología del estudio.*



*Nota.* Grafica donde se resumirá los pasos a realizar en la Metodología del estudio

### 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1. Tipo

Estos estudios son de carácter aplicado, pues se caracterizan por la búsqueda de aplicación o aprovechamiento de los conocimientos adquiridos, mientras que otros se obtienen luego de la implementación y sistematización de prácticas basadas



en la investigación. El uso de la encuesta lleva a conocer la verdad de manera organizada y sistemática.

El objetivo del trabajo es emplear la teoría a la práctica para obtener resultados en cuanto al comportamiento del material estabilizado por el sistema de Refuerzo. El estudio incluyó estudios de laboratorio y de campo que identificaron sitios de muestreo de material del Cerro El Tablazo en Santa Elena.

### ***3.1.2. Nivel***

La investigación está correlacionada puesto que una variable depende de dos variables en el trabajo de investigación; y la investigación correlacional es la investigación encargada de analizar la relación que existe entre dos variables, variable dependiente e independiente, que además es predictiva y en parte explicativa, respectivamente.

## **3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### ***3.2.1. Método***

Esta investigación utilizará el método analítico, caracterizado por eventos reales que se han probado, verificarán la verdad de los experimentos y usará una herramienta con confiabilidad y confianza. Confiando mucho, llevando el proceso de retroalimentación, lo que le permite cambiar lo que es cierto de la evidencia para establecer este. La evaluación del proceso de recopilación de información le permite hacer conclusiones específicas y honestas.

### ***3.2.2. Enfoque***

La orientación de la encuesta será cuantitativa ya que este es el que mejor se adapta a las características y necesidades de este trabajo. Este tipo de enfoque utiliza la recopilación y el análisis de datos para responder preguntas de

investigación y probar hipótesis predeterminadas. Parte del estudio se dedicará a calcular la inversión requerida por el proyecto en comparación con el costo de los materiales que se requerirá para la construcción de un muro de contención cantaléver en la zona del Tablazo.

### ***3.2.3. Diseño***

El diseño del estudio es experimental debido a que durante la investigación se controlarán deliberadamente dos variables independientes para conocer y analizar los efectos o desviaciones que tienen sobre la variable dependiente. El proceso de construcción y gestión se analizará en un estudio de viabilidad utilizando ciertos parámetros geotécnicos (peso específico, ángulo de fricción y cohesión) que influyen en el diseño de estabilidad.

## **3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

### ***3.3.1. Población***

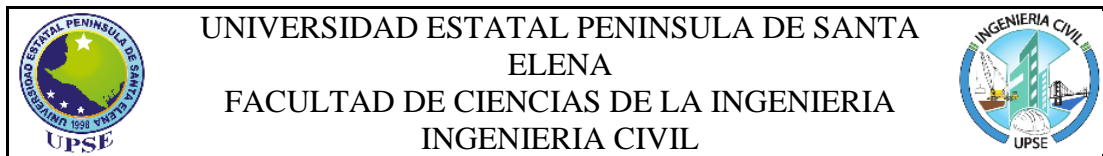
La población es una agrupación definida, limitada y disponible de casos que sirven de base para el muestreo y cumplen con ciertos criterios, indicando la población objeto de estudio, ya que al final del estudio a partir de una muestra de esa población, es posible generalizar o extrapolar los resultados obtenidos del estudio al resto de la población.

De acuerdo con la hipótesis descrita en el párrafo anterior, la población de este estudio se definió como todas las muestras recolectadas en el campo localizada en el cerro El Tablazo de la provincia de Santa Elena.

### ***3.3.2. Muestra***

Es un subconjunto o una pequeña parte de la población para la que se realizará el estudio. Por tal motivo se realizaron un total de 10 encuestas en el lugar donde se hará el estudio para el diseño de un muro de contención cantaléver en el sector Cerro El Tablazo-Santa Elena, se recolectaron de acuerdo al criterio el 100% de las encuestas se utilizó para determinar las propiedades físicas y mecánicas para

las muestras en su estado natural de acuerdo a la observación y encuesta en el mismo.



Objetivo: Recabar información sobre el diseño de viviendas en zonas de riesgos alojadas en el sector, mediante la selección de datos obtenidos a base de encuestas y/o entrevistas.

Encuestador: Chávez Andrade Liberth Andrés

Nombre del encuestado: \_\_\_\_\_

¿Posee actualmente un solar?

Si

No

¿Cuántos miembros conforman su familia?

\_\_\_\_\_

¿Desde qué fecha se encuentra en ese previo?

\_\_\_\_\_

¿Estuvo usted en este solar desde antes del fenómeno del año 1997?

\_\_\_\_\_

¿De qué área es su solar?

\_\_\_\_\_

¿Ha sufrido su terreno algún deslizamiento?

Si

No

¿En su sector existe alcantarillado?

Si

No

¿Existe en su sector aguas lluvias?

Si

No

### 3.3.3. Muestreo

Se reconoce como una herramienta cuya ocupación es determinar que parte del hecho objeto de estudio (población) es necesario examinar para llegar a una conclusión. En el estudio, la selección de los componentes de las muestras se tomó con base en el criterio de los investigadores, asegurando siempre que fueran representativos de la población de estudio, se probaron y confirmaron sus propiedades estándar para los proyectos y pruebas viales del Departamento. Tránsito y obras públicas del Ecuador.

## 3.4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN IN SITU

Esto corresponde a tomar la información en el sector “El Tablazo” desde el aspecto social al técnico.

**Figura 15.**

*Geo posicionamiento y delimitación del área de interés "El Tablazo"*



*Nota.* Sector in situ donde se hizo la encuesta

### 3.4.1. Información social.

Es vital abordar la investigación inicialmente con los moradores o usuarios del sector. Permitiendo conocer las medidas que les hicieron levantar sus viviendas y que aspectos técnicos tomaron para estos tipos de entorno que bajo la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), “El

Tablazo” se considera una zona de riesgo. El instrumento empleado para estas valoraciones es mediante una encuesta (ver Anexo I) con la finalidad de posicionarnos y justificar la propuesta de este estudio en el sector “El Tablazo”.

**Figura 16.**

*Asentamiento general que se puede encontrar en "El Tablazo"*



*Nota. Figura donde se puede ver el Asentamiento general que se puede encontrar en "El Tablazo"*

### ***3.4.2. Perforaciones.***

Aunque la cantidad de perforaciones depende de la meta y del usuario investigador, se centró en abarcar un, punto de perforación él cual se inició en la corona del talud, llegando a una profundidad que puede ser hasta 8.0 metros o hasta 10 metros para realizar ensayos de penetración estándar con las muestras recuperadas.

### ***3.4.3. Pruebas en laboratorio.***

Las muestras tomadas por las perforaciones que en el lenguaje técnico son llamados “testigos”, se someten a ciertos ensayos para determinar sus características físicas y mecánicas.

Como la finalidad inmediata es definir la naturaleza del subsuelo, las pruebas van dirigidas a ello. La mayoría de estas pruebas están normalizadas bajo ASTM, y de acuerdo al fin expuesto son:

- ▶ D-2487-83 Clasificación de suelos para propósitos de Ingeniería.
- ▶ D-2488-84 Descripción e identificación de suelos, procedimiento Visual-Manual.
- ▶ D-2216-80 Determinación del contenido de humedad en el laboratorio

#### ***3.4.4. Criterios bajo normas ASTM.***

Así como otras normativas y esta no es la excepción, estas buscan determinar ciertos aspectos de acuerdo a específicas formas y condiciones para garantizar la aplicabilidad, en este caso la aplicabilidad en construcciones civiles.

#### **Norma ASTM D 1586-84 (Test de Penetración Estándar).**

Utilizada para obtener el grado de compactación del suelo in situ y las estimaciones derivadas de eso como la profundidad, espesor, entre otras. Su ejecución consiste en hincar una cuchara que saca una muestra de 50 cm de suelo, los primeros 20 cm son despreciados y se determina el número de golpes de los 30 cm restantes en tramos de 15 cm y 15 cm respectivamente, con la caída de un peso de 63.5 Kg (140 Lbs) desde una altura fija de 30 pulgadas (76 cm) (Ortiz Arciniega & Yacchirema Chimbo, 2013).

#### **Norma ASTM D 2216 (Contenido de agua).**

Especialmente es para determinar el contenido de humedad de los testigos, seleccionando una muestra representativa de la muestra de acuerdo al tamaño de las partículas:

**Tabla 5.**

*Tamaño de las partículas, (Ortiz Arciniega & Yacchirema Chimbo, 2013).*

<b>Tamaño máximo de la partícula</b>	<b>Masa mínima de la muestra (gr)</b>
0.425 mm (N° 40) Tamiz	10
4.75 mm (N° 4) Tamiz	100
12.5 mm (1/2") Tamiz	300
25.0 mm (1") Tamiz	500
50 mm (2") Tamiz	1000

*Notas.* Tabla donde se puede apreciar el Tamaño de las partículas, Tomado de (Ortiz Arciniega & Yacchirema Chimbo, 2013).

#### **Norma ASTM C 136 y D 422 (Granulometría).**

Bajo esta norma se busca cuantificar la distribución de partículas en los suelos testeados y difieren de acuerdo al tamaño; si las partículas superan los 75 micrómetros se hace el test por tamizado y si es menor, con un hidrómetro mediante un proceso de sedimentación. La masa mínima de muestra es un kilogramo.

#### **Norma ASTM D 4318 (Límite líquido y plástico).**

Para determinar el límite líquido es mediante una mezcla de una parte de la muestra y agua, ubicada en una base; se golpea consecutivamente. Se determina que, si el número de golpes para que se cierre la zanja es 25, esta condición es el límite líquido. Otra forma de determinar este parámetro es interpolando mediante una gráfica semi-logarítmica entre el número de golpes y el contenido de humedad.

Para el límite plástico es un procedimiento por decir inverso, que mediante algunas interacciones se estima el contenido de humedad hasta que la mezcla de una parte de la muestra y agua ya no sea posible moldearla en forma de cilindro.

### 3.5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para el método de análisis empleado para el diseño del muro, se involucra los estados de empuje activo y pasivo, incluyendo las estimaciones de incrementos en el empuje por sobrecargas superficiales, y finalizar con la validación de estabilidad (Driscoll, 1981).

Mediante las pruebas y estimaciones características del suelo donde se diseñará el muro de contención, en el cual se debe considerar lo siguiente.

- La estructura del muro debe resistir los esfuerzos de corte y momentos internos generados por las presiones de los empujes y otras cargas.
- El muro debe ser seguro contra cualquier deslizamiento y volcamiento.
- El peso de la estructura del muro no debe sobrepasar la capacidad portante del suelo.

#### 3.5.1. Revisión por falla por capacidad de carga

La carga transmitida por la base del muro hacia el suelo se deberá comprobar contra la capacidad de carga última del suelo. Se analizó que  $q_{pie}$  y  $q_{talón}$  son las presiones máxima y mínima que ocurren en los extremos de las secciones de la puntera y del talón, respectivamente.

Como se distribuye la carga bajo la base se puede determinar al utilizar principios físicos de la mecánica de materiales. Para encontrar la presión máxima se utiliza la fórmula de:

$$q_{max} = \frac{Ev}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad \text{Ecuación ( 31)}$$

Si en el análisis de un diseño no se cumple que  $e < \frac{B}{6}$ , el diseño se debe volver a dimensionar.

Las relaciones pertenecientes a la capacidad portante de una cimentación superficial se analizan a través de la teoría de Meyerhof (Tabla 6).



Cabe recalcar que este análisis se lleva a cabo tomando la excentricidad en un sentido y la forma que posee el muro de contención, de tal manera que la ecuación que se necesita es la siguiente.

$$q_u = c' N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad \text{Ecuación ( 32)}$$

Donde:

- $q = \gamma H f$
- $B' = B - 2e$
- $N_c, N_q, N_\gamma$  son factores de capacidad de carga respectivos a la teoría de Meyerhof.
- $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi}$
- $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{H f}{B'}$
- $F_{\gamma d} = 1$
- $F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi}{90}\right)^2$
- $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi}{\phi}\right)^2$
- $\psi = \tan^{-1} \left(\frac{Pa}{Ev}\right)$

Cuando ya se ha calculado la capacidad última del suelo, podemos determinar el factor de seguridad con base a la falla de capacidad de carga.

$$F_s = \frac{q_u}{q_{max}} \quad \text{Ecuación ( 33)}$$

El cual debe ser mayor o igual que 3, de lo contrario se tendrá que dimensionar nuevamente el muro de contención

**Tabla 6.**

*Factores de capacidad de carga, tabla de Meyerhof*

$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				

*Nota.* Tabla donde se representa los factores de capacidad de tablada de Meyerhof

## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

#### 4.1.1. Información obtenida de los ensayos de laboratorio

Las muestras de suelo fueron sometidas a ensayos granulométricos para identificar su naturaleza. La muestra se identificó constituida por 35.5% de grava, 29% de arena y el restante de otros granos finos. La grava presentó principalmente grava fina y la parte de arena por arena media y fina. Podría afirmarse como una clase de arena arcillosa.

**Tabla 7.**

*Resultados de los ensayos de laboratorio de la muestra de suelo*

<b>Variables obtenidas de los ensayos</b>	
Gravedad específica	2.65 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	12.97 %
Límite líquido	44
Límite plástico	27
Índice de plasticidad	17
Granulometría (SUCS)	SC
Densidad seca	1.7 ton/m <sup>3</sup>
Cohesión	0.7 ton/m <sup>2</sup>
Angulo de fricción	30

*Notas.* Esta tabla muestra los resultados de los ensayos de la muestra de suelo del sitio.

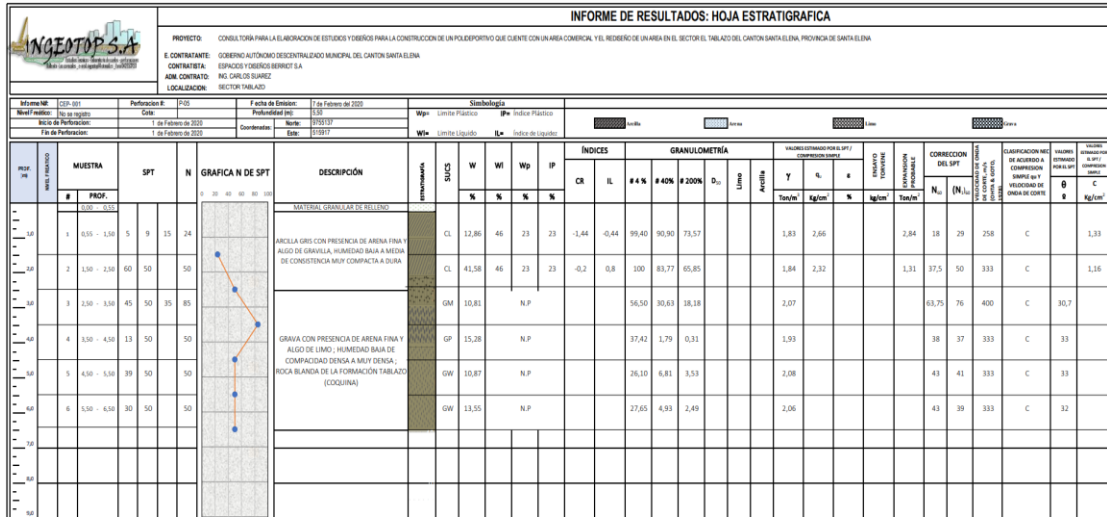
### **Estratigrafía de tipos de suelos**

El siguiente Test de Penetración Estándar fue facilitado por el laboratorio de suelo “Ingeotop” donde el test se realizó en la zona de estudio, se examinaron hasta 6 metros de profundidad, donde las características que se obtuvieron del laboratorio fueron calculadas usando varios parámetros de corrección y/o correlación para poder distinguir los valores de cohesión y

Angulo de fricción de este suelo y esta variable es una con las que se pudo suponer que tipo de muro podría ser el adecuado.

**Tabla 8.**

*Perfil estratigráfico de una muestra de suelo "El Tablazo"*



Nota. Esta grafica representa el perfil estratigráfico de una muestra de suelo "El Tablazo"

**4.1.2. Procesamiento de resultados de encuesta**

De acuerdo a las encuestas realizadas, se concluye que el sector en estudio existe un 80% de personas con terreno propio, por lo que, se esta haciendo un proceso de legalizacion de terreno para el 20% restante, la densidad poblacional es menor en un 96% en relacion al total poblacional del plan de contingencia de la provincia de Santa Elena.

El sector del cerro El tablazo cuenta con servicio de alcantarillado sanitario, de la misma forma, mediante la encuesta de logro deducir que las edificaciones fueron asentadas después del fenomeno del niño, por lo tanto no se puedo evidenciar la incidencia de las precipitaciones para determinar la estabilidad el talud.

Mediante la encuesta y una obervación detallada se pudo notar que el Sector N° 05 "El Tablazo" no cuenta con un sistema de aguas lluvias, la cual, también en de alta necesidad para reducir el riesgo de un deslizamiento

del terreno donde yacen numerosas edificaciones de las cuales existe un alto índice de natalidad.

## **4.2. PREDISEÑO ESTRUCTURAL DEL MURO**

De acuerdo a los perfiles de muro, se presenta dos cotas, una de 4m y otra de 2m. El tipo de muro recomendado para esa característica puede ser a gravedad o tipo Cantilever (concreto) (GEO, 2020).

Los muros a gravedad se basan en su propio peso para poder resistir las fuerzas laterales de los materiales empleados como rellenos. A pesar de su sencillez arquitectónica, suelen ser resistentes y casi no necesitan refuerzo. Estos muros son económicos y es para alturas de 3.0 a 4.0 metros y además se puede hacer uso de hormigón de mala calidad para su construcción.

### ***4.2.1. Principio del muro Cantiléver para este estudio.***

Los muros en cantiléver ponen mucho énfasis en los esfuerzos de tensión en la estructura de relleno, exactamente en el talón del muro para asegurar la óptima estabilidad. La base de este tipo de muro, puede ser entre el 50 y 60 cm de altura, el ancho de la corona debe ser  $1/24$  de la altura o 25cm; se escoge el mayor de los dos para facilidad de la colocación del hormigón. El ancho del muro en la base y el espesor de la misma debe ser  $1/12$  de la altura.

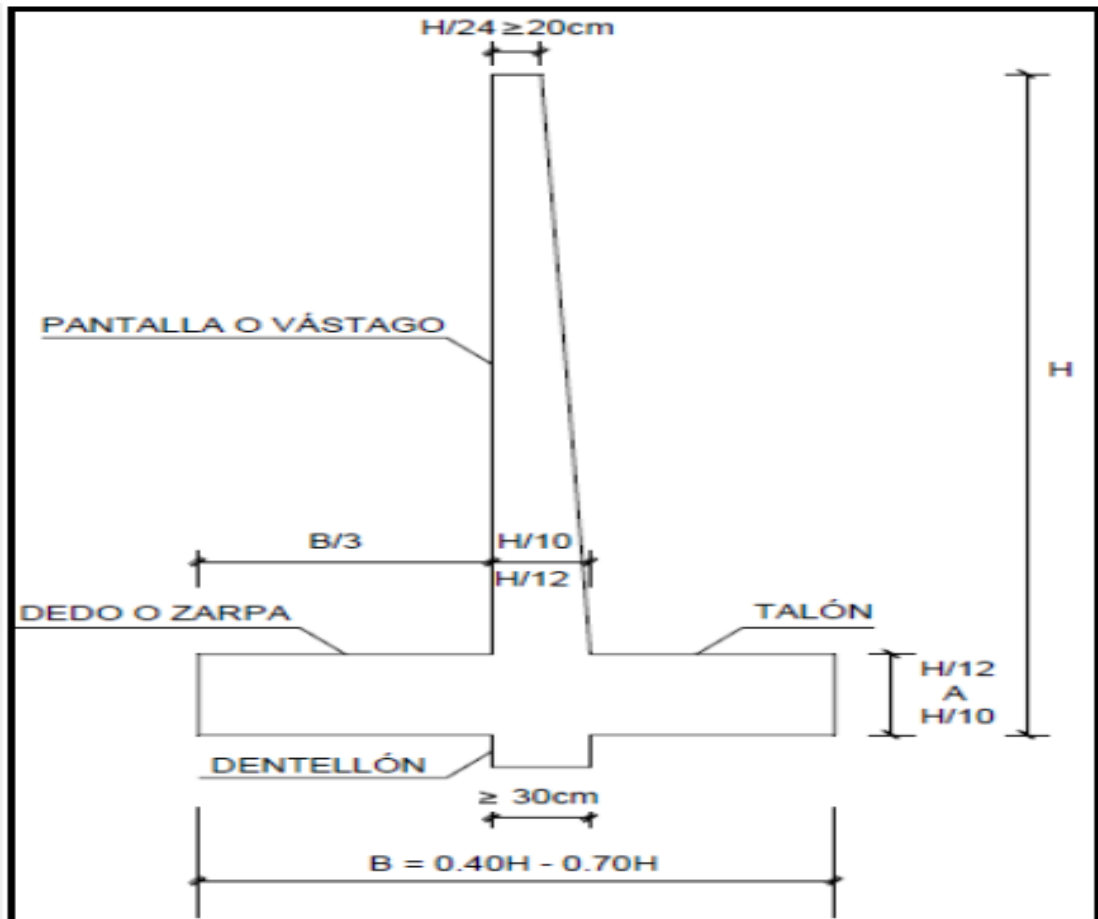
La pantalla va sobre la base haciendo que el cantiléver delantero sea casi  $1/3$  del ancho de la base, con el fin de que la resultante de las fuerzas exteriores caiga dentro de  $1/3$  medio de la base como se muestra en la figura 18. Para su diseño, se incluye las presiones que produce el relleno para determinar la cantidad de refuerzo.

Como requerimiento técnico, la presión máxima se ubica bajo la base y no debe exceder la capacidad portante del suelo. En los muros en

cantiléver se comprueban también los factores de volcamiento y deslizamiento.

**Figura 17.**

*Bosquejo inicial tentativo del muro cantiléver*



*Nota.* En la gráfica nos indica el bosquejo inicial tentativo del muro cantiléver

El Tablazo es una zona elevada con un tipo de subsuelo de arena arcillosa, según las determinaciones del laboratorio. Como la aplicación del muro en cantiléver es convencional, es decir puede ser empleada para casi cualquier tipo de estructuras de contención y evitar problemas de estabilidad por otros tipos de muros menos eficientes.

El procedimiento de diseño de este tipo de muro, así como otros son como una especie de prueba y error en herramientas de cálculo, se comienza con una selección tentativa de las dimensiones del muro en cantiléver después de varias iteraciones y se escogerá la mejor opción que brinde estabilidad, para luego proceder con el requerimiento estructural del muro. Para este trabajo sólo se presentará los resultados de la iteración final.

### 4.3. PREDISEÑO DEL MURO.

Por los datos recabados que se presentan en la tabla 9, es para una estructura de altura variada 4m y 2m. Algunos datos fueron obtenidos desde los ensayos de laboratorio, especialmente por la Norma ASTM D 1586-84 y otros supuestos para iniciar las iteraciones.

**Tabla 9.**

*Data obtenida desde la prueba de laboratorio*

Altura (H)	4.00 m y 2.00m
<b>Suelo de cimentación</b>	
Hf	1.20 m
$\phi$	30.00°
$\delta$	0.00°
$\mu$	0.70
$\gamma$	1.70 t/m <sup>3</sup>
<b>S.C sobre</b>	
qa	10.00 t/m <sup>2</sup>
$\phi$	0.52 rad
f'c	210.00 kg/cm <sup>2</sup>
fy	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota.* En esta tabla se observa los datos que se usaran para el pre diseño del muro. Donde; H es la altura del muro, Hf la altura del desplante,  $\phi$  ángulo de fricción interna del suelo,  $\mu$  coeficiente de fricción,  $\gamma$  es peso específico, SC carga del suelo y qa presión ruptura del suelo.

#### 4.3.1. Pre diseño de la zapata.

##### 4.3.1.1. Para un muro de cota de 4 metros.

Empleando las ecuaciones para delimitar el ancho de zapata (Ht) se adoptó un valor de 5.2 m por la siguiente condición del ancho de zapata  $0.4H < Ht < 0.7H$ .

Para la longitud del dedo de zapata una relación  $H/3 < Hd < H/4$ , adoptando para este cálculo 1.60 m.

Se estimó una longitud de talón de 3.4 m. En el espesor inferior de la pantalla por la relación  $H/12 < B1 < H/10$  siendo 0.30 m el óptimo. Para el espesor de la corona la relación  $H/24$  siendo 0.20 m el recomendado para este caso. Finalmente, la altura de la zapata con un valor de 0.65 m.

Con estos valores se calculó el momento estabilizador del muro:

**Tabla 10.**

*Momento estabilizador del muro de 4 metros*

Figura	Área	W (ton)	X	Mes (ton)
1	0.91	2.18	1.40	3.06
2	0.68	1.64	1.60	2.62
3	0.68	1.16	1.70	1.97
4	2.21	5.30	1.70	9.02
5	7.28	12.38	2.60	32.18
6	0.00	0.00	2.77	0.00
7		1.56	2.45	3.82
		$\sum W = 24.22$	$\sum Mes = 52.69$	

*Nota.* Esta tabla muestra el momento estabilizador del muro.

Donde; W es peso de la estructura, X presiones de contacto por 1 m de muro, Mes es momento estabilizador de sobrecarga.

#### **4.3.1.2. Para un muro de cota de 2 metros.**

Empleando las ecuaciones para delimitar el ancho de zapata (Ht) se adoptó un valor de 3.2 m por la siguiente condición del ancho de zapata  $0.4H < Ht < 0.7H$ .

Para la longitud del dedo de zapata una relación  $H/3 < Hd < H/4$ , adoptando para este cálculo 1.00 m.

Se estimó una longitud de talón de 2.3 m. En el espesor inferior de la pantalla por la relación  $H/12 < B1 < H/10$  siendo 0.10 m el óptimo. Para el espesor de la corona la relación  $H/24$  siendo 0.20 m el recomendado para este caso. Finalmente, la altura de la zapata con un valor de 0.30 m.

Con estos valores se calculó el momento estabilizador del muro:



**Tabla 11.***Momento estabilizador del muro de 2 metros*

Figura	Área	W (ton)	X	Mes (ton)
1	0.58	1.39	1.10	1.53
2	0.15	0.35	1.23	0.43
3	0.15	0.25	1.27	0.31
4	0.69	1.66	1.15	1.90
5	2.90	4.93	1.80	8.87
6	0.00	0.00	1.93	0.00
7		0.90	1.75	1.58
		$\sum W = 9.47$	$\sum X = 14.63$	

*Nota.* Esta tabla muestra el momento estabilizador del muro.

### 4.3.2. *Coefficientes de empuje activo y pasivo.*

#### 4.3.2.1. *Para un muro de cota de 4 metros.*

Empleando las ecuaciones de la teoría de Rankine con un ángulo en radianes de 0,52rad obtenido de los ensayos de laboratorio, se estimaron Ka (coeficiente de empuje activo) y Kp (coeficiente de empuje pasivo), pero este trabajo tomó de mayor importancia el cálculo del empuje activo (E1), siendo esto:

$$E1 = 9.15 \text{ Tn (toneladas)}$$

Con esta variable se pudo estimar una el momento volcador (Mv) para este muro preliminar, mediante la ecuación:

$$Mv = \frac{H}{3} * E_1 = 17.33 \text{ T - m} \quad \text{Ecuación ( 34)}$$

#### 4.3.2.2. *Para un muro de cota de 2 metros.*

El cálculo del empuje activo (E1), es 3.84 Tn y el momento volcador (Mv) de 4.72 T-m.

### 4.3.3. Sobrecarga (q).

La sobrecarga (q) es una relación entre el peso específico y la altura del relleno (se determinó un valor de  $H_s=0.48\text{m}$  para el muro de 4m y 2m). La sobrecarga se obtuvo 16.12 T-m<sup>2</sup> para el muro de 4m y 9.47 T-m<sup>2</sup> para el muro de 2m.

Algunas variables calculadas se resumen a continuación:

**Tabla 12.**

*Modelo de empuje*

a) Muro de 4 metros

Variable	Valor	unidad
Ht	5.20	m
ka	0.33	
Hs	0.48	m
H Empuje	5.68	m
E	9.15	t
<i>M vol</i>	<i>17.33</i>	<i>t-m</i>
<i>F r desl</i>	<i>16.95</i>	
<i>Resultante</i>	<i>1.46</i>	<i>m</i>
q1	16.12	t/m <sup>2</sup>

b) Muro de 2 metros

Variable	Valor	unidad
Ht	3.20	m
ka	0.33	
Hs	0.48	m
H Empuje	3.68	m
E	3.84	t
<i>M vol</i>	<i>4.72</i>	<i>t-m</i>
<i>F r desl</i>	<i>6.63</i>	
<i>Resultante</i>	<i>1.05</i>	<i>m</i>
q1	9.47	t/m <sup>2</sup>

*Nota.* Esta tabla muestra el modelo de empuje del muro.

### 4.3.4. Estabilidad del muro.

Con los datos obtenidos de momento al volcamiento, momento estabilizador de sobrecarga, coeficiente de fricción, empujes tanto activo como de sobrecarga y el peso de la estructura, se puede determinar el modelo de seguridad. Las ecuaciones para esto, fueron descritas en el marco teórico, así que solo se plantea el análisis de las estimaciones:

**Tabla 13.***Estimaciones de la estabilidad del muro de 4 metros*

	<i>Actuantes</i>	<i>Resistentes</i>	<i>factores de seguridad</i>	<i>estado</i>
Volcamiento	17.33	52.66	3.04	ok
Deslizamiento	9.15	16.95	1.85	ok
Esfuerzos	1.13	1.46	2.27	ok
Resultante	16.12	10.00	0.62	Mejorar suelo

*Nota.* Esta tabla muestra los factores de seguridad del muro.

**Tabla 14.***Estimaciones de la estabilidad del muro de 2 metros*

	<i>Actuantes</i>	<i>Resistentes</i>	<i>factores de seguridad</i>	<i>estado</i>
Volcamiento	4.72	14.63	3.10	ok
Deslizamiento	3.84	6.63	1.73	ok
Esfuerzos	0.77	1.05	1.53	ok
Resultante	9.47	10.00	1.06	ok

*Nota.* Esta tabla muestra los factores de seguridad del muro.

Para el análisis se emplea los siguientes criterios;

- a) Si el factor de seguridad para el margen de volcamiento supera el 2.0, no hay riesgo.
- b) Si el factor de seguridad para el margen de deslizamiento supera el 1.5, no hay riesgo.
- c) Si la excentricidad de la fuerza resultante no sobrepasa el 0.7, la estabilidad estará en óptimas condiciones.

Como se observa en la Tabla 13 y 14, las condiciones a evaluar para la estabilidad estuvieron en el rango de aplicabilidad.

#### **4.3.5. Falla por capacidad de carga**

Con las ecuaciones del capítulo 3 para el cálculo de esta variable, se obtuvo:

**Tabla 15.**

***Cálculo de la capacidad de carga para los diseños de muro***

a) Muro de 2 metros				
Excentricidad	0.10	$FS < B/6$	0.38	ok
Capacidad de carga	7.05	$FS > 3$		ok
b) Muro de 4 metros				
Excentricidad	0.20	$FS < B/6$	0.57	ok
		$FS > 3$		
Capacidad de carga	4.00			ok

*Nota.* Esta tabla muestra la capacidad de carga del muro.

Para que el diseño de muro sea aceptado, la capacidad de carga de la estructura debe sobrepasar el factor de seguridad. Como se observa en los resultados de la tabla 15, para ambas alturas variables de muro supuestas, se cumple satisfactoriamente estas circunstancias.

#### ***4.3.6. Diseño Estructural Del Muro***

Una vez obtenido la aceptabilidad en la estabilidad del muro, se procede a su diseño, empezando con la pantalla del muro y luego la zapata, analizando sus comportamientos sometidos a esfuerzos de flexión y corte. Esto se resume a continuación, producto de los cálculos respectivos por las ecuaciones en el marco teórico.

**Tabla 16.***Diseño estructural del muro de 4m para la zona "El Tablazo"*

<i>Diseño estructural</i>					
<i>Pantalla</i>			<i>ZAPATA</i>		
<i>Flexion</i>			<i>Flexion</i>		
Mu	25.99	t-m	Mu	20.43	t-m
d min	0.29	m	d min	0.26	m
d real	0.45	m	d real	0.60	m
ok			ok		
<i>cortante</i>			<i>cortante</i>		
Vu	13.72	t	Vu	31.43	t
d min	0.24	m	d min	0.55	m
d real	0.45		d real	0.60	
ok			ok		

*Nota.* Esta tabla muestra el diseño estructural para el muro de 4m.**Tabla 17.***Diseño estructural del muro de 2m para la zona "El Tablazo"*

<i>Diseño estructural</i>					
<i>Pantalla</i>			<i>ZAPATA</i>		
<i>Flexión</i>			<i>Flexión</i>		
Mu	7.07	t-m	Mu	7.10	t-m
d min	0.15	m	d min	0.15	m
d real	0.25	m	d real	0.25	m
ok			ok		
<i>cortante</i>			<i>cortante</i>		
Vu	5.76	t	Vu	14.20	t
d min	0.10	m	d min	0.25	m
d real	0.25		d real	0.25	
ok			ok		

*Nota.* Esta tabla muestra el diseño estructural para el muro de 2m

Tanto para las condiciones de flexión como de corte, se determinó el óptimo momento “Mu” y el cortante óptimo “Vu”. Como se observa en la Tabla 16 y 17, los diámetros o deslizamientos mínimos estimados no superan al real, significa que el diseño es aplicable.

#### 4.3.7. Condiciones de armado del muro.

**Tabla 18.***Dimensiones estimadas para el armado del muro de 4m*

<b>ARMADO</b>				
<b>ASP1</b>			<b>ASI</b>	
Mu	25.99	t-m	As	11.70 cm <sup>2</sup>
As min	9.00	cm <sup>2</sup>	<b>fi</b>	<b>18 mm</b>
As cal	17.33	cm <sup>2</sup>	<b>AS2</b>	
<b>As def</b>	<b>17.33</b>	cm <sup>2</sup>	As	11.70 cm <sup>2</sup>
fi	22.00	mm	<b>fi</b>	<b>18 mm</b>
sep	22	cm	<b>ArS1</b>	
<b>ASP2</b>			<b>ASI</b>	
Mu	20.43	t-m	As	9.00 cm <sup>2</sup>
As min	11.70	cm <sup>2</sup>	<b>fi</b>	14.00 <b>mm</b>
As cal	10.21	cm <sup>2</sup>	sep	17 cm
<b>As def</b>	<b>11.70</b>	cm <sup>2</sup>	<b>ArS2</b>	
<b>fi</b>	<b>18 mm</b>		As	11.70 cm <sup>2</sup>
			fi	<b>16 mm</b>

*Nota.* Esta tabla muestra las dimensiones del acero para el armado del muro

**Tabla 19.***Dimensiones estimadas para el armado del muro de 2m*

<b>ARMADO</b>				
<b>ASP1</b>			<b>ASI</b>	
Mu	7.07	t-m	As	5.40 cm <sup>2</sup>
As min	5.40	cm <sup>2</sup>	<b>fi</b>	13 <b>mm</b>
As cal	8.49	cm <sup>2</sup>	<b>AS2</b>	
<b>As def</b>	8.49	cm <sup>2</sup>	As	5.40 cm <sup>2</sup>
fi	16.00	mm	<b>fi</b>	13 <b>mm</b>
sep	24	cm	<b>ArS1</b>	
<b>ASP2</b>			<b>ASI</b>	
Mu	7.10	12.00	As	5.40 5.40
As min	5.40	21	<b>fi</b>	12.00 <b>mm</b>
As cal	8.52	cm <sup>2</sup>	sep	21 cm
<b>As def</b>	8.52	cm <sup>2</sup>	<b>ArS2</b>	
<b>fi</b>	16	<b>mm</b>	As	5.40 cm <sup>2</sup>
			fi	12 mm

*Nota.* Esta tabla muestra las dimensiones del acero para el armado del muro

Donde; AS1 es el acero secundario en pantalla y AS2 en la zapata;  
ASP1 acero de reparto en la pantalla y ArS1 es el acero de reparto

secundario, el cual es longitudinal. Estas variables se emplean en el mallado del armado.

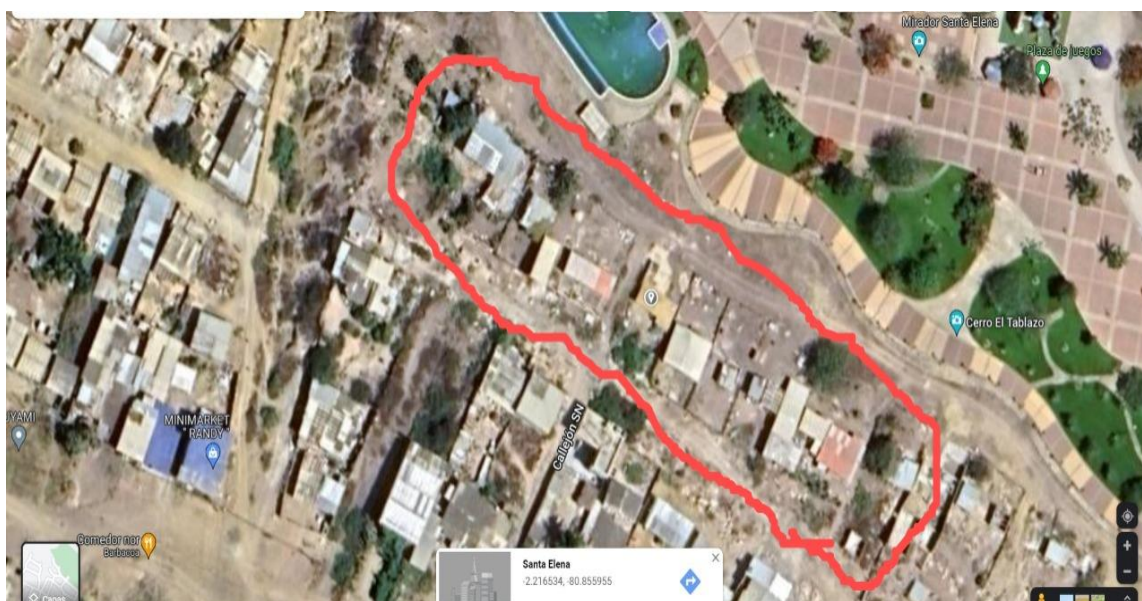
#### 4.4. PLANOS DEL MURO O PROYECTO

Al momento de ir al sitio, algunos moradores se interesaron con cautela por el tema, pero conocen muy bien las circunstancias de sus asentamientos y la irregularidad con la que se construyeron, por lo que algunos mostraron en ser partícipes y brindaron la ayuda necesaria del lugar.

De acuerdo a lo anterior, se estableció el sector donde se recopilaría la información (Figura 18)

**Figura 18.**

*Sector establecido para levantar información de interés*



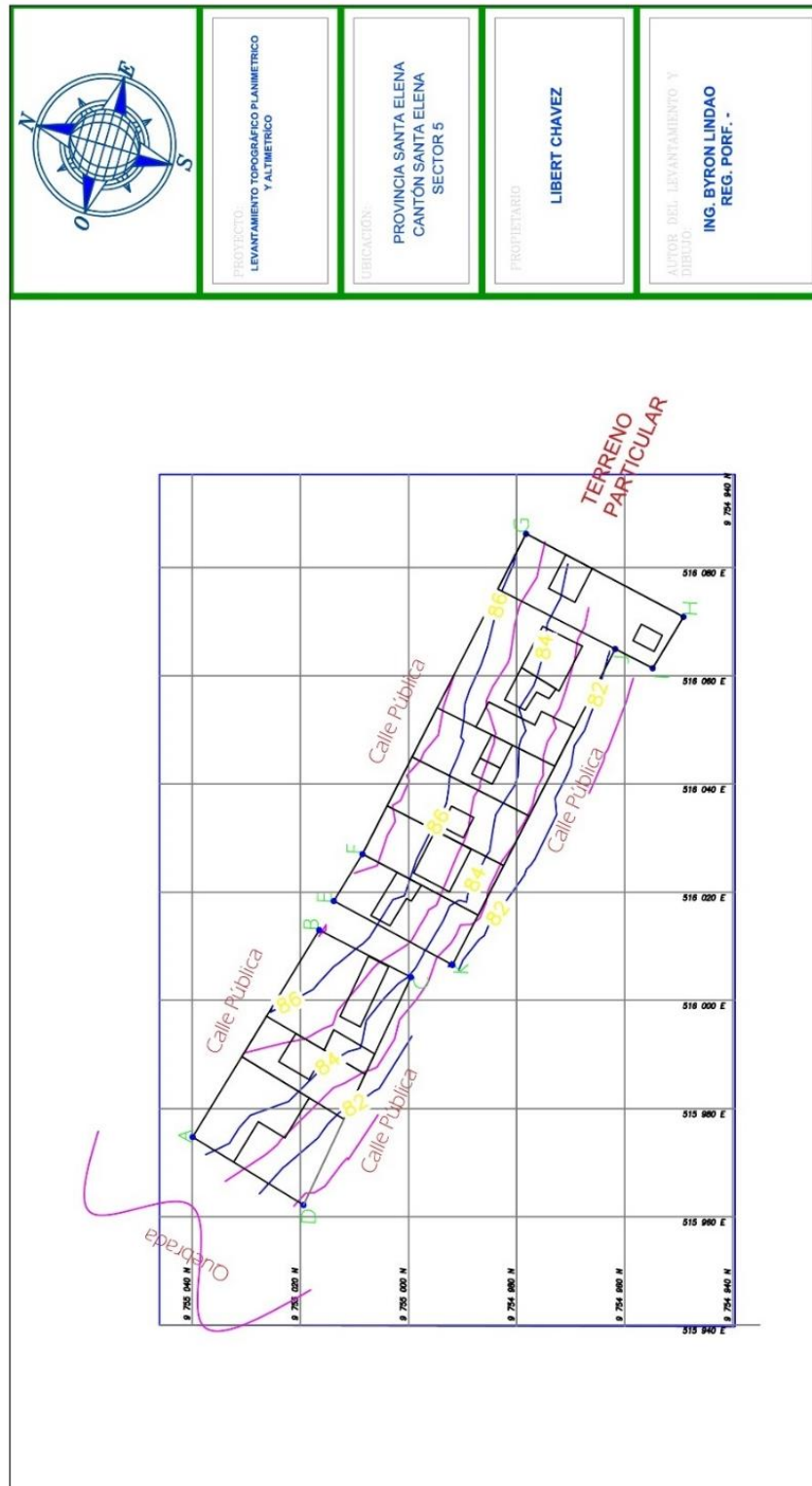
*Nota.* En la gráfica se observa el sitio a realizar el sitio.

Como se observa, las viviendas están cerca de la obra municipal, donde es un suelo no compacto y es cercana al mar, por lo que está constituida de materiales calcáreos o con intercalaciones.

El sector seleccionado lo conforman casi 10 viviendas y conforme a la geoposición se realizó el trazado de planta (Figura 19).

**Figura 19.**

*Trazado de planta del sitio, con la herramienta AutoCAD*



**Nota.** En la gráfica se observa el Trazado de planta del sitio

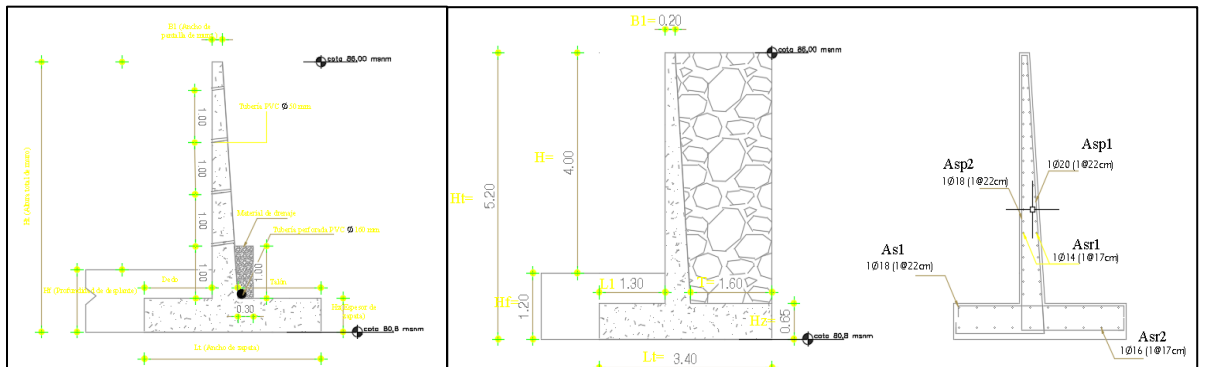
Hay un asunto con la ubicación de las casas, como en otras localidades de la provincia de Santa Elena, y es que algunas son continuas por lo que el material para sus bases es variado para cada una. Esto puede ser un problema para la estabilidad



de las propias casas. Otro defecto es que suelen presentar desniveles entre 3 a 3.5 metros en las periferias de las viviendas, con lo que se debe usar materias de relleno. De acuerdo a las estimaciones de diseño, se presentan los siguientes modelos de muro para alturas variables de 4 y 2 metros.

**Figura 20.**

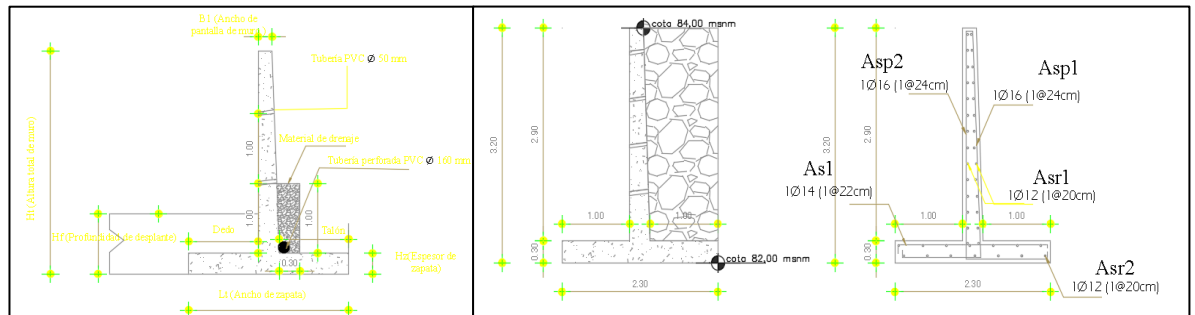
*Vista en elevación y armado de muro de 4 metros*



*Nota.* En la gráfica muestra el diseño elevación y armado de muro de 4 metros

**Figura 21.**

*Vista en elevación y armado de muro de 2 metros*



*Nota.* En la gráfica muestra el diseño elevación y armado de muro de 2 metros

## 4.5. PRESUPUESTO DEL MURO

Como los muros son a base de materiales que pueden presupuestarse en lugares aledaños a la zona de acción, y como es común para este tipo de operaciones, la estimación de costos se lo realiza por metro lineal de muro para acercarse a los costos reales.

**Tabla 20.***Proyección presupuestaria por metro lineal, de muro de altura de 4 metros*

<b>PRESUPUESTO POR METRO LINEAL DE MURO DE MURO</b>				
RUBROS	U	CANT	P. unit (USD)	Valor final
HORMIGON	M3	3.80	280.00	1064.70
ACERO	KG	289.40	1.90	549.87
EXCAVACION	M3	5.30	7.50	39.78
RELLENO	M3	2.43	7.00	17.02
MEJORAMIENTO	M3	1.36	15.00	20.40
Total				1691.76

*Nota.* En la tabla se observa presupuestaria de muro de altura de 4 metros

Los precios unitarios pueden diferir en el tiempo y lugar, pero están basados en operaciones propias por el autor de este trabajo de investigación. Se estima un valor de cerca de 1700 dólares americanos por metro lineal de muro de 4 metros.

**Tabla 21.***Proyección presupuestaria por metro lineal, de muro de altura de 2 metros*

<b>PRESUPUESTO POR METRO LINEAL DE MURO DE MURO</b>				
RUBROS	U	CANT	P. unit (USD)	Valor final
HORMIGON	M3	1.42	280.00	396.20
ACERO	KG	98.29	1.90	186.75
EXCAVACION	M3	3.59	7.50	26.91
RELLENO	M3	2.69	7.00	18.84
MEJORAMIENTO	M3	0.92	15.00	13.80
Total				642.50

*Nota.* En la tabla se observa presupuestaria, de muro de altura de 2 metros

Se proyecta un valor de cerca de 650 dólares americanos por metro lineal de muro de 2 metros.

# **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

Un hecho destacado cuando se hicieron los análisis de laboratorio es que se determinó un tipo de suelo con arena arcillosa que según la teoría y la experiencia puede ocasionar socavación en la base del muro, cuando sea temporal invernal o algún hecho fuera de lo común que incurra en la presencia de agua.

Para este trabajo se seleccionó el tipo de muro cantiléver porque el tipo de suelo es de arena arcillosa, siendo que su diseño cumple con los factores de seguridad para evitar volcamiento, deslizamiento y capacidad portante del suelo. Además, en la estimación del valor de la excentricidad de la resultante de fuerzas o cargas, se pronostica que el suelo debe ser mejorado para un muro de 4 metros de altura.

1. En la visita técnica se realizó una encuesta, en la cual, se determinó que las casas de los alrededores no tenían las condiciones de seguridad para la base de sus casas, de acuerdo con la encuesta, el 100% de los habitantes están en riesgo de un deslizamiento por los bajos ingresos económicos, aunque eso signifique un riesgo estructural y a larga el aspecto económico puede elevarse incluso más de lo que consideran ahorrativo.

Mediante el cálculo de capacidad portante de suelo utilizando la teoría de Meyeroh se pudo comprobar que el muro cumple con todos los requerimientos y no causara fallas al suelo que está bajo este mismo. Entonces, el diseño estructural cumple apropiadamente sus funciones y está dentro de las directrices de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

2. Como resultado general de este diseño se obtuvo las siguientes dimensiones para alturas variadas de muro como el de 4 metros; un ancho de zapata de 3.40 mts y altura de 0.65 mts; y una longitud total de muro de 5.2 mts. Para el muro de 2 metros; un ancho de zapata de 2.3 mts y altura de 0.30 mts; y una longitud total de muro de 3.2 mts

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Aunque la zona no es característica de temporales lluviosos, se debe diseñar el drenaje y subdrenaje para liberar las aguas que puedan generar socavones sobre el muro. Para esto también puede ser de ayuda la selección de un material de relleno adecuado para mitigar la filtración de agua hacia los muros.

1. Para este trabajo se recomienda el diseño de un muro cantiléver (colocar qué tipo de muro) pero por las consideraciones económicas, sería bueno estimar otro tipo de muro con menos carga económica, pero claramente esto disminuirá la permanencia de este tipo de construcciones.
2. Este tipo de construcciones no son generales, donde cualquiera puede incursionar, se requiere de mano de obra especializada que tenga relación directa con el área y así mismo sobre la supervisión de la obra total.

Como el punto de inflexión para los moradores es el costo de estas infraestructuras, debe buscarse valores actuales o proponerles algún tipo de incentivos, puesto que estas infraestructuras no son solo por lo económico sino para evitar riesgos de accidentes e incidentes.

3. Para garantizar la estabilidad de laderas del área estudiada en la que se ha propuesto el diseño de muro de contención, es indispensable que la entidad competente realice los estudio para canalizar las aguas lluvias.

## BIBLIOGRAFÍA

Almorox Alonso, J., López Bermúdez, F., & Rafaelli, S. (2010). *La degradación de los suelos por erosión hídrica : métodos de estimación.*

Barros Peña, J. (2005). *Muros de contención.*

Brooks, H. (2010). *Basics of Retaining Wall Design.* 220.

Diario El Comercio. (2022, March 15). Deslizamiento de tierra en Perú deja desaparecidos y al menos 60 viviendas sepultadas | El Comercio. *Diario “El Comercio.”* <https://www.elcomercio.com/actualidad/desaparecidos-viviendas-deslizamiento-tierra-peru.html>

Diario Expreso. (2021, December 14). Lluvias en Quito provocan deslizamientos de tierra en varios sectores. *JOSÉ DANIEL ACOSTA GUTIÉRREZ.* <https://suscripcion.expreso.ec/?limit=true&msg=adblocker&continue=https://www.expreso.ec/quito/lluvias-provocan-deslizamientos-tierra-sectores-117359.html>

Díaz, G., Herrera, R. F., Muñoz-La Rivera, F., & Atencio, E. (2021). Generative Design for Dimensioning of Retaining Walls. *Mathematics 2021, Vol. 9, Page 1918, 9(16), 1918.* <https://doi.org/10.3390/MATH9161918>

Driscoll, D. D. (1981). *Retaining wall design guide* (F. A. O. of the UN (ed.)). Foundation Sciences, Inc.

Engineers and Geoscientists British Columbia. (2020). *RETAINING WALL DESIGN PROFESSIONAL PRACTICE GUIDELINES.* <https://www.egbc.ca/getmedia/7a51d277-ede4-4e2b-ae58-d390210b6593/EGBC-Retaining-Wall-Design-V1-1.pdf.aspx>

GADMSE. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial-Cantón Santa Elena 2020-2023.* <http://www.gadse.gob.ec/gadse/wp-content/uploads/2020/05/Plan-de-Desarrollo-y-Ordenamiento-Territorial->

Santa-Elena-20192023\_compressed.pdf

GEO. (2020). *Geoguide 1 Guide to Retaining Wall Design* (Second).

Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development  
Department, The Government of the Hong Kong.

[https://www.cedd.gov.hk/filemanager/eng/content\\_106/eg1\\_20200601.pdf](https://www.cedd.gov.hk/filemanager/eng/content_106/eg1_20200601.pdf)

INAMHI. (2016). ANUARIO METEOROLÓGICO. *INSTITUTO NACIONAL DE  
METEOROLOGIA E HIDROLOGIA*.

[https://www.inamhi.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am  
2012.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am2012.pdf)

Lagasca Loaiza, N. J. (2020a). Evaluación de susceptibilidad a amenazas  
geológicas en los asentamientos del cerro “El Tablazo”, del cantón Santa  
Elena [Facultad de Ciencias Naturales.]. In *Tesis*.

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50002>

Lagasca Loaiza, N. J. (2020b). Evaluación de susceptibilidad a amenazas  
geológicas en los asentamientos del cerro “El Tablazo”, del cantón Santa  
Elena. In *Tesis*. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil.

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50002>

Lucero Pardo, F. H., Pachacama Caiza, E. A., & Rodríguez Montero, W. A.  
(2012). *Análisis y diseño de muros de contención* [Universidad Central del  
Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/156>

Ordoñez, M., Jiménez, N., & Suarez, J. (2006). *Micropaleontología Ecuatoriana*.  
[https://es.scribd.com/document/441305919/Micropaleontologia-Ecuatoriana-  
Dra-Ordenez-Suarez-Jimenez-pdf](https://es.scribd.com/document/441305919/Micropaleontologia-Ecuatoriana-Dra-Ordenez-Suarez-Jimenez-pdf)

Ortiz Arciniega, E. M., & Yacchirema Chimbo, J. C. (2013). *Construcción de un  
muro de contención en el sitio del deslizamiento de la plataforma de la vía  
Guaranda - Río Blanco entre el Km 0+910 - Km 0+958 de la Provincia  
Bolívar Cantón Guaranda*. [Universidad Central del Ecuador].

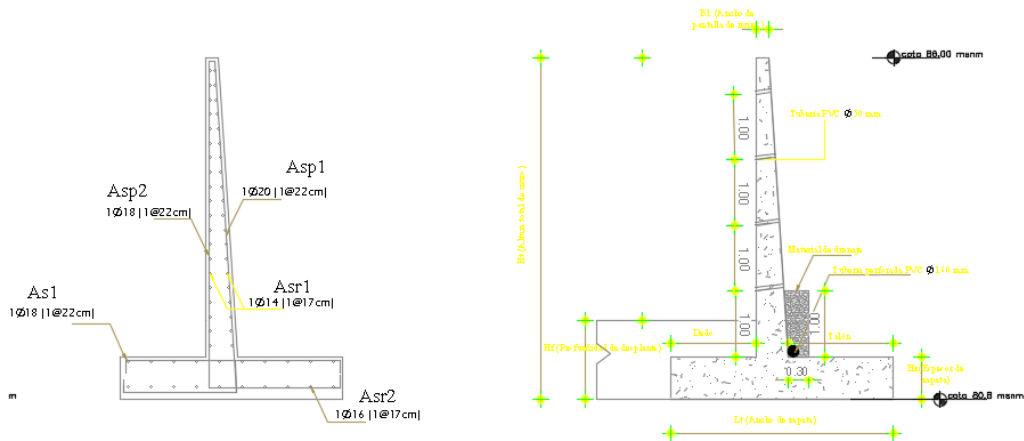
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1784>

- Rincón, M. A., Wilson, V., Vargas, E., Carlos, V., & Vergara, J. G. (2017). *TOPOGRAFIA: Conceptos y Aplicaciones*.  
<https://books.google.com/books/about/Topografía.html?id=3K5JDwAAQBA>  
 J
- Shields, D., Chandler, N., & Garnier, J. (1990). Bearing Capacity of Foundations in Slopes. *Journal of Geotechnical Engineering*, 116(3), 528–537.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1990\)116:3\(528\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1990)116:3(528))
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). *Soil mechanics in engineering practice [2nd ed.]* (2nd ed.). Wiley.
- The Republic of Nepal. (2009). THE STUDY ON DISASTER RISK MANAGEMENT FOR NARAYANGHARH – MUGLING HIGHWAY. *The Department of Water Induced Disaster Prevention, Ministry of Water Resources The Department of Roads, Ministry of Physical Planning and Works The Republic of Nepal* .
- Vitton, S. (2020). *A Practical Review of Earth Pressure Theory and the Factors Affecting Earth-Pressure Retaining Structures*.
- Yap, S. P., Salman, F. A., & Shirazi, S. M. (2012). Comparative study of different theories on active earth pressure. *Journal of Central South University*, 19(10), 2933–2939. <https://doi.org/10.1007/S11771-012-1361-2>

# ANEXOS A

**Figura 22.**

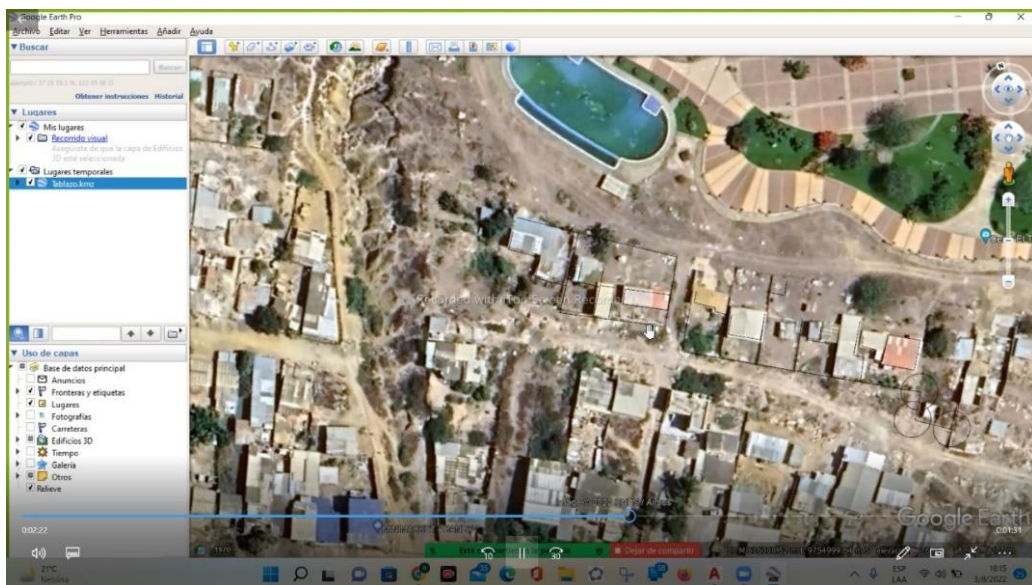
*Bosquejo de diseño del muro de contención*



*Nota.* Esta grafica representa el diseño del muro de contención.

**Figura 23.**

*Geo posicionamiento y delimitación del área de interés "El Tablazo"*

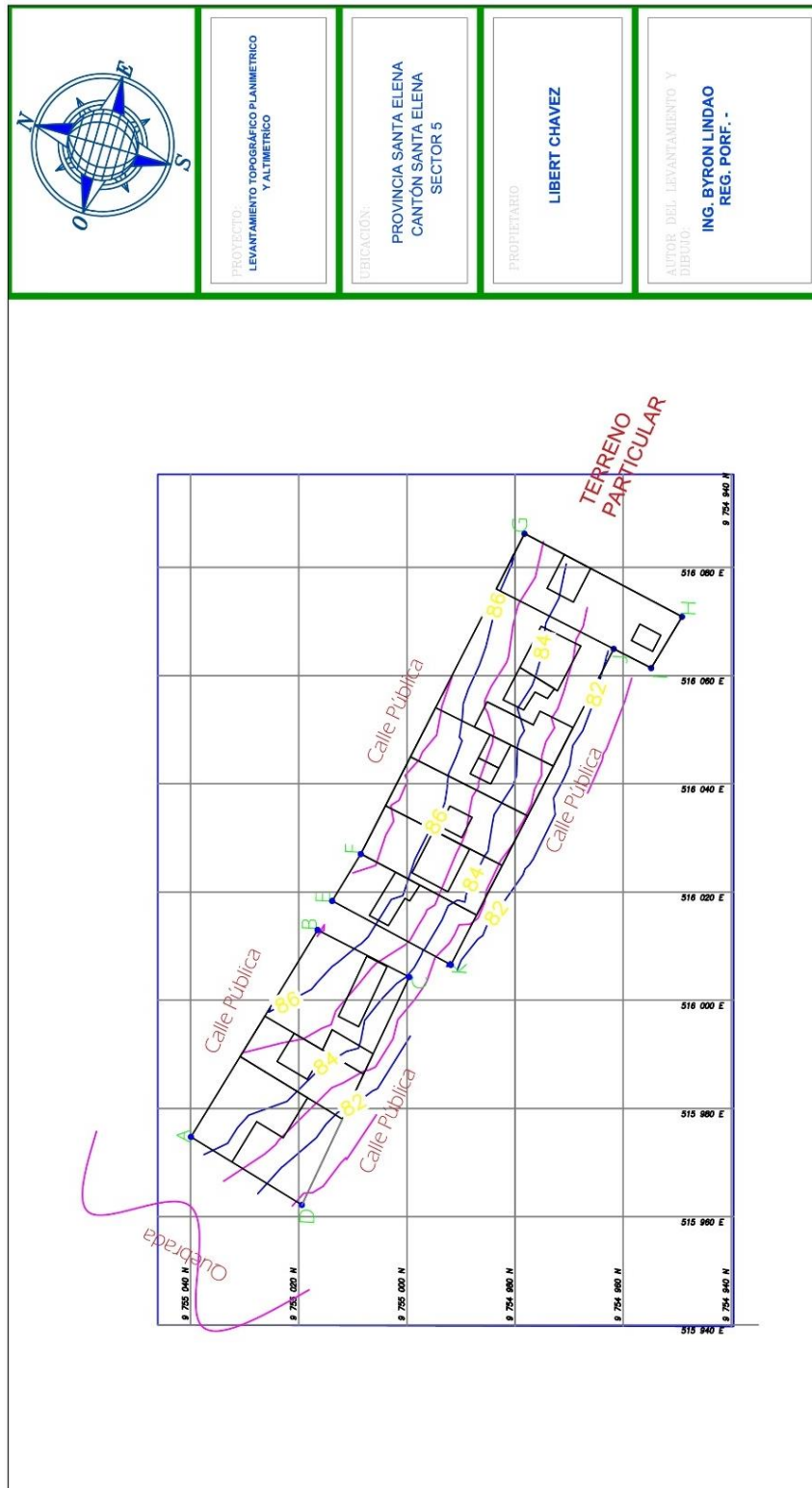


*Nota.* En esta grafica se determina el área de interés.



**Figura 24.**

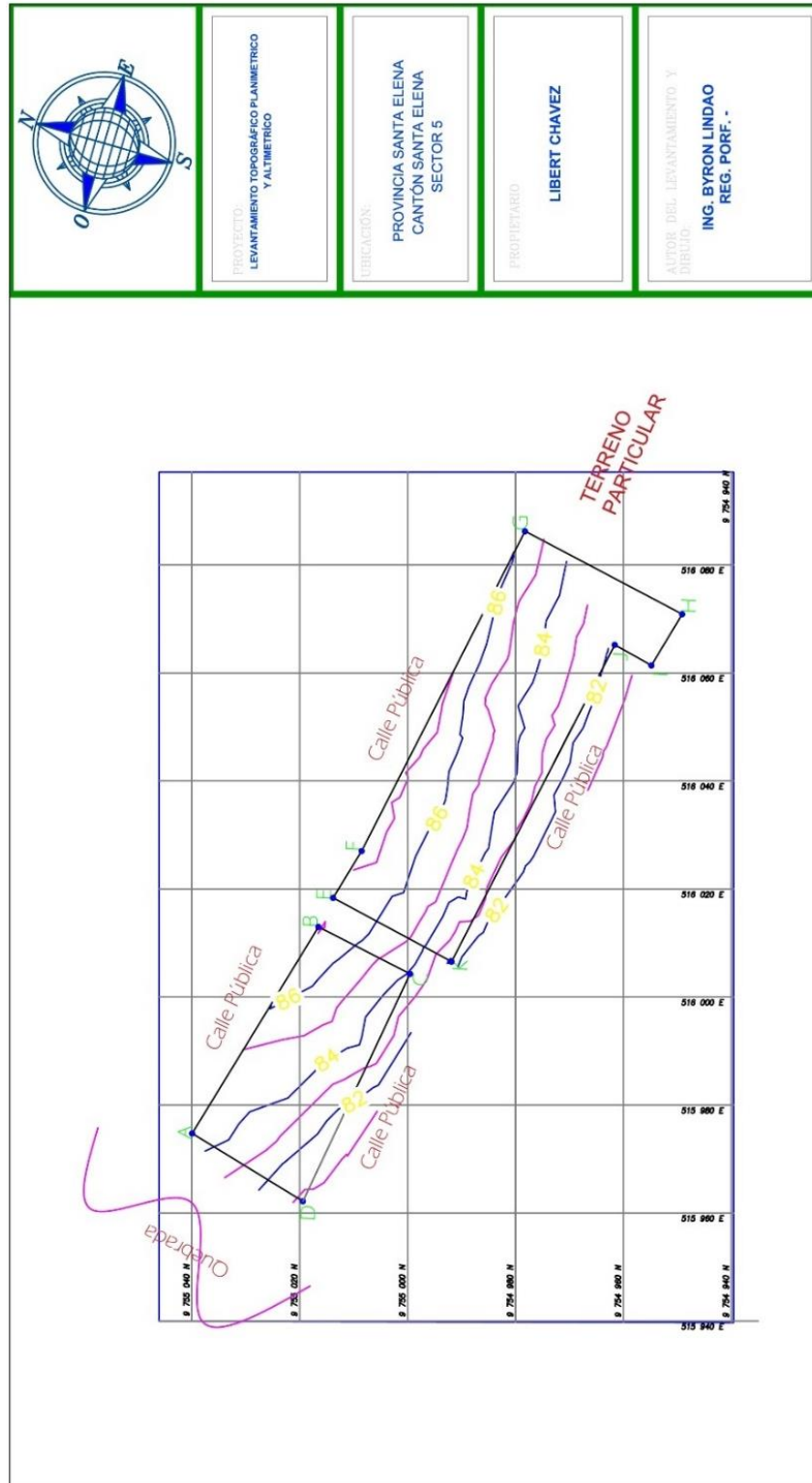
*Curvas 1 de nivel del área "El Tablazo"*



*Nota.* Esta grafica se aprecia el levantamiento topográfico área "El Tablazo"

**Figura 25.**

*Curvas de nivel descritas para el área "El Tablazo"*



*Nota.* Esta grafica se aprecia el levantamiento topográfico área "El Tablazo"

**Figura 26.**

*Visita técnica del área de interés*



*Nota.* Esta grafica se aprecia la visita técnica 1 del área de interés

**Figura 27.**

*Visita técnica del área de interés*



*Nota.* Esta grafica se observa Visita técnica del área de interés

**Figura 28.**

*Visita técnica del área de interés*



*Nota.* Esta grafica se observa Visita técnica del área de interés

**Figura 29.**

*Evidencia de la construcción irregular de las casas en "El Tablazo"*



*Nota.* En esta grafica se observa una construcción irregular de las casas en "El Tablazo"

**Figura 30.**

*Evidencia de la construcción irregular de las casas en "El Tablazo"*



*Nota.* Esta grafica se observa Evidencia de la construcción irregular de las casas en "El Tablazo"

**Figura 31** *Evidencia de la construcción irregular de las casas en "El Tablazo"*



*Nota.* Esta grafica se observa Evidencia de la construcción irregular de las casas en "El Tablazo"

**Figura 32.**

*Construcción irregular de las casas en "El Tablazo"*



*Nota.* Esta grafica se observa Evidencia de la construcción irregular de las casas en "El Tablazo"

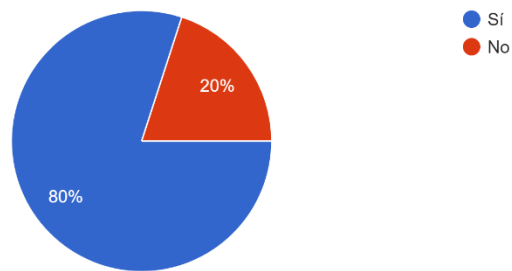
# ANEXOS B

## Anexo 1

Tomada de la encuesta realizada, donde determina que el 80% posee un terreno propio.

¿Posee actualmente un solar?

10 respuestas

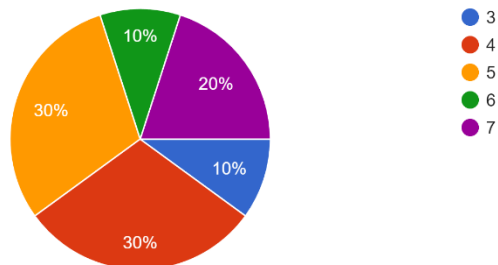


## Anexo 2

Tomada de la encuesta realizada, donde determina el número de miembros familiares que existe en cada hogar.

¿Cuántos miembros conforman su familia?

10 respuestas

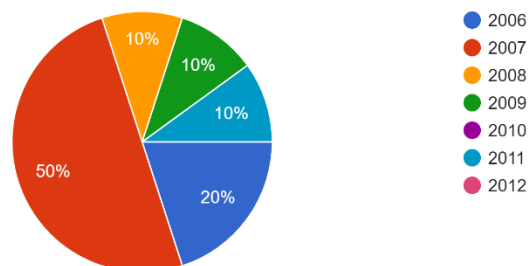


## Anexo 3

Tomada de la encuesta realizada, donde determina desde que año las familias se encuentran en ese previo.

¿Desde que año se encuentra en ese previo?

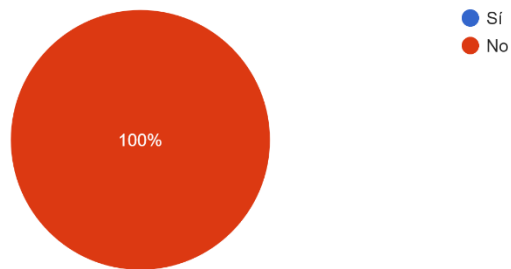
10 respuestas



#### Anexo 4

Tomada de la encuesta realizada, donde determina si las familias estuvieron ubicadas en el sector durante el fenómeno del niño.

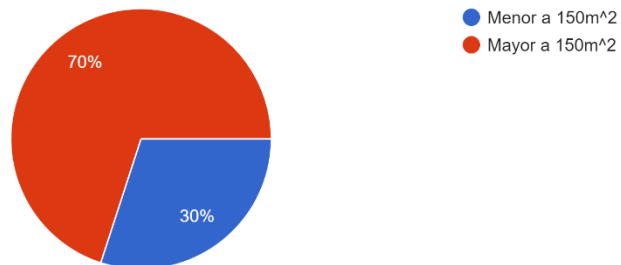
¿Estuvo usted en este solar desde el fenómeno de 1997?  
10 respuestas



#### Anexo 5

Tomada de la encuesta realizada, donde determina el área del solar en el cual se encuentran.

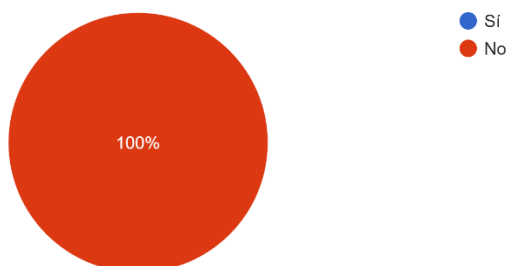
¿De que área es su solar?  
10 respuestas



#### Anexo 6

Tomada de la encuesta realizada, donde determina si el terreno ha sufrido algún deslizamiento.

¿Ha sufrido su terreno algún deslizamiento?  
10 respuestas



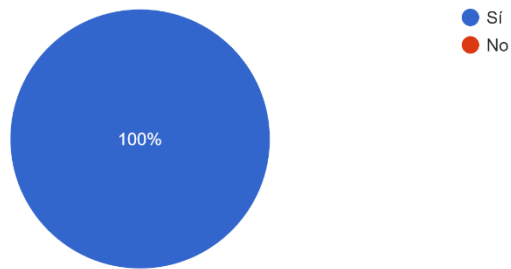


## Anexo 7

*Tomada de la encuesta realizada, donde determina si la localidad posee alcantarillado.*

¿En su sector existe alcantarillado?

10 respuestas



## Anexo 8

*Tomada de la encuesta realizada, donde determina que porcentaje del sector posee aguas lluvias.*

¿Existe en su sector aguas lluvias?

10 respuestas

