



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO

Tema General:

**EVALUACIÓN DE INESTABILIDAD DE LADERA EN EL BARRIO ORO
VERDE, CIUDAD SANDINO MUNICIPIO DE MANAGUA.**

Integrantes:

Br. Ena Margarita Merlos Silva.
Br. María Alejandra Chavarria Estrada.

Tutor: Msc. Gema Velásquez.
Asesor: Msc. Horacio Ulloa.
Asesor metodológico: Msc. Karen Mena.

16/01/2020

DEDICATORIA

“... Todo lo puedo en Cristo que me fortalece...”

Filipense 4: 13

Primeramente a Dios, que con la ayuda de él fue posible todo esto, medio las fuerzas, sabiduría y paciencia para realizarlo con mucho amor, sin el nada de esto fuese posible.

A mis padres que con mucho esfuerzo, cariño y dedicación, me dieron su apoyo incondicional, económico y emocional: Francisco Daniel Merlos Espinoza y Sila María Silva Artola, a quienes amo y me ayudaron a seguir adelante y culminar este gran logro en mi vida.

Mis hermanos los cuales amo mucho y siempre me apoyaban y mis familiares en general quienes siempre me apoyaron y ofrecían su ayuda incondicional, quienes siempre me ayudaron en distintas circunstancias por las que pase y ellos tuvieron para mí.

“...Porque para Dios no hay nada imposible...”

Isaías 1.37

A Dios, por ser el protagonista de la vida, ser la razón de mi existencia y ensueños, dador del don de entendimiento y la razón por los cuales podemos enriquecer nuestro intelecto y espíritu; por su amor incondicional, por ser mi motor y mi fortaleza a lo largo de este arduo camino.

A mi padre, el esfuerzo y metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que invierten los padres en sus hijos. Gracias a mi padre soy quien soy, orgullosamente y con la cara muy en alto agradezco a **José Sebastián Chavarria Martínez**, mi mayor inspiración; gracias por su amor incomparable y fuerza interminable, por su apoyo incondicional, por haberme enseñado el camino del bien y de los principios y valores morales, por acompañarme en mis triunfos y apoyarme en mis derrotas, por darme una carrera profesional y por la confianza depositada en mí y finalmente, por haber recorrido conmigo el camino de realización de este trabajo.

A mis abuelos paternos, **José De Jesús Chavarria Mota y Leonor Martínez Moreno**; por ser fuertes pilares en mi vida, por su amor, por su apoyo incondicional en cada momento, por compartir sus vidas conmigo y por estar presentes en los momentos más importantes de mi vida, en los felices y en los tristes y por acompañarme en otro momento tan importante de mi vida.

A mi esposo y amigo **Carlos Leonel Cano Ruiz**, quien me brindo su amor, su cariño, comprensión, apoyo constante y paciente espera para que pudiera terminar mi carrera; son evidencia de su gran amor. En el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas, a través de sus consejos, de su amor, y paciencia me ayudo a concluir esta meta. Y a mi familia en general, regalo maravilloso de Dios, tesoro valioso de la vida, a la que amo de principio a fin, sin medida, porque donde sea que voy siempre seré parte de ella y ella será parte de mí, por ser una base importante en mi vida y por estar presentes siempre.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecemos a Dios que sin el nada de esto hubiera sido posible, por darnos la inteligencia y paciencia para culminar, a nuestros padres quienes nos aman y nos brindaron su amor y apoyo incondicional, dándonos el impulso para continuar cada día y con el apoyo económico, a nuestra tutora Msc. **Gema Velázquez** que siempre contamos con su ayuda y apoyo, a nuestro asesor Msc. **Horacio Ulloa** quien siempre nos brindaba su ayuda, al maestro **Dorwin Altamirano** y Msc. **Karen Mena** por su ayuda y dedicación.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

2019: "AÑO DE LA RECONCILIACIÓN"

Managua 10 de diciembre, 2019

MSc. Elim Campo

Director
Departamento de Tecnología
Presente

Estimado Msc. Campo

El motivo de la presente es para comunicarle que he dirigido y revisado el trabajo de Seminario de Graduación elaborado por las Brs.: Ena Margarita Merlos Silva y María Alejandra Chavarría Estrada de la carrera de Ingeniería Geológica de la UNAN-Mangua. Dicho trabajo lleva por título "**Evaluación de inestabilidad de ladera en el barrio Oro Verde, Ciudad Sandino, Municipio de Managua**".

Dado lo anterior, ratifico que el trabajo realizado contiene conocimientos que son científicamente aceptados y técnicamente prácticos, enmarcados en el tema.

Sin más a que referirme, me despido deseándole éxito en sus labores diarias.
Atentamente

MSc. Gema Velásquez Espinoza
Docente de la carrera de Ing. Geológica
Departamento de Tecnología/Facultad de Ciencias e Ingeniería

¡A la libertad por la Universidad!

RESUMEN

El presente trabajo se enfocó en el análisis de la inestabilidad de ladera en el barrio Oro Verde, ciudad Sandino municipio de Managua localizado entre Mateare y Managua. El objetivo principal fue realizar el análisis de la ladera en base a las condiciones geológicas y geotécnicas presentes, en la etapa de campo se determinó que la litología, la precipitación, y la explotación de arena, son el factor detonante que favorece a la inestabilidad de ladera en el sitio de estudio.

Las condiciones geotécnicas se evaluaron mediante el análisis de los parámetros físico-mecánicos de las muestras recolectadas en campo, estos parámetros fueron obtenidos mediante los análisis realizados en el laboratorio de mecánica de suelos, una vez obtenidos estos parámetros se empleó el análisis de la inestabilidad de la ladera mediante el Software GeoStudio que permitió modelar la geometría de la ladera y tener simulaciones de las superficies de deslizamientos así como obtener el Factor Seguridad.

Es necesario recalcar la presencia de carga muerta que posee la ladera, son las inertes que no poseen movimientos, pero si un peso considerado a la ladera. En nuestro sitio de estudio tenemos como cargas estáticas: las viviendas, y dos tanques de almacenamiento de agua con los cuales se abastece la población, ambos con una capacidad de 500 mil galones cada uno, y las cargas dinámicas: que son la posibilidad de ocurrencia de un sismo debido a la cercanía a fallas activas como: falla Nejapa, Mateares, y el volcán Apoyeque.

INDICE

I. CAPITULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.5 OBJETIVOS	7
1.6 LOCALIZACION DEL ÁREA DE ESTUDIO	8
II. CAPITULO II	11
2.1 FUNDAMENTACION TEÓRICA.....	11
2.1.1 Talud.	11
2.1.2 Partes de un Talud.	11
2.1.3 Deslizamiento	13
2.1.4 Partes de un deslizamiento	15
2.1.5 Tipos de movimientos de ladera	16
2.1.6 Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes.....	20
2.1.7 Medidas o métodos de estabilización en taludes	20
2.1.7.1 Método de Fellenius	23
2.1.7.2 Método de Bishop.....	24
2.1.7.3 Método de Jambu Simplificado	25
2.1.7.4 Método de Spencer	26
2.1.7.5 Método de Morgenstern- prices	27
2.1.8 Tectónica y geología regional de Centro América y Nicaragua	28
2.1.9 Geología Regional de Nicaragua	31
2.2 HIPÓTESIS	34
I. CAPITULO III	35
3.1 DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
3.1.1 Tipo de estudio:	35
3.1.2 Tipo de la investigación	35
3.1.3 Universo y muestra	35
3.1.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.1.5 Plan de procesamiento y análisis	39

IV. CAPITULO IV	44
4.1 <i>ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	44
4.1.1 <i>Análisis geológico</i>	44
4.1.2 <i>Análisis geotécnico</i>	58
V. CAPITULO V	69
5.1 <i>CONCLUSIONES</i>	69
5.2 <i>RECOMENDACIONES A LA ALCALDÍA</i>	70
5.3 <i>BIBLIOGRAFIA</i>	71
ANEXOS	73

I. CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Los procesos de remoción en masa son aquellos que involucran el movimiento de los materiales formadores de las laderas bajo la influencia de la gravedad (Brunsden, 1979). (También se les conoce como procesos gravitacionales) y sin la asistencia primordial de algún agente de transporte fluido. Estos procesos geológicos son unos de los más peligrosos, causando gran cantidades de pérdidas económicas en infraestructuras, destrucción de viviendas, puentes, cambios a la morfología, daños ambientales y las pérdidas humanas, durante estos acontecimientos (Brunsden, 1979).

La importancia del estudio de estas laderas es para prevenir desastres a la población, como son los daños y pérdidas de infraestructuras y de vidas humanas, la mayoría de estos eventos son de origen antropogénicas a los que se ve expuesta, como son las distintas construcciones de carretera o de nuevas infraestructuras, alterando su naturaleza y modelando una situación más crítica a la inestabilidad de la ladera.

Nicaragua es uno de los principales países que se ve afectado por los diferentes procesos geológicos como deslizamiento, inundaciones, sismicidad y vulcanismo, esto debido a la ubicación tectónica en la que se encuentra, la cual presenta una mayor actividad en lo que conlleva a diferentes procesos geológicos (UNISDR, 2013). También es uno de los principales afectados de mayor cantidad de pérdidas y daños debido a fenómenos hidrometeoros lógicos y climáticos. En nuestro país las diferentes causas frecuentemente son ocasionadas por erupciones volcánicas, terremotos, fuertes precipitaciones de lluvia, crecimiento de carga de los acuíferos, socavamientos de ríos, mal uso de suelo, y es donde entran las causas antrópicas (UNISDR, 2013).

En este trabajo el factor detonante a la inestabilidad de ladera es de origen antropogénico, debido a la actividad de explotación en el sitio de estudio, donde existe el principal objetivo

de investigación, conocer la inestabilidad de la ladera en el barrio Oro Verde el cual se considera que tiene las condiciones naturales y detonantes para desencadenar este deslizamiento, así como tener el modelamiento de esta, para así tener las medidas necesarias para la seguridad de la población.

1.2 ANTECEDENTES

El Sistema de Información Geológica de Nicaragua (SIG-Georriesgos), en el año 2011. Realizó un estudio el cual tenía por nombre Amenaza por inestabilidad de taludes del área de Managua y sus alrededores, el estudio presenta 20 puntos con probabilidades de inestabilidad en la capital, uno de los puntos más relevante es El Crucero, ubicada en la parte sur de Managua.

Avellán D. (2009). Elaboró un estudio de la Tefro estratigrafía de la parte occidental de Managua, Nicaragua, evaluación de las estructuras volcánicas de Ticomo, Nejapa y Asososca. Definiendo tres estratos característicos en la cuesta el plomo un estrato superior como tefra cuesta el plomo superior (T-cps), tefra Apoyeque superior (TaqS), tefra cuesta el plomo inferior (T-cpi).

Espinoza F., (2007). Realizó un estudio del Lineamiento Nejapa, en el cual definió su cinemática y geometría y dividió las estructuras volcánicas en tres zonas diferenciándolas según dimensión, morfología y forma de emplazamiento, los cuales se subdividen en:

- 1- Campo Volcánico Apoyeque-Xiloá.
- 2- Campo Volcánico Cuesta de El Plomo.
- 3- Campo Volcánico Ticomo.

INETER, (2006). Plasmó que, el problema de inestabilidad es un fenómeno el cual ocurre principalmente en la época de invierno, donde el uso inadecuado del suelo genera procesos de erosión, transportación y depositación de grandes cantidades de sedimentos en el sistema de drenaje de la ciudad de Managua.

Las autoridades de la Alcaldía de Ciudad Sandino, elaboraron el plan maestro de desarrollo urbano de ciudad Sandino, (2005-2025). Estos rasgos prominentes de este sector geográfico de Managua denotan la presencia alineada de Cerros Volcánicos pequeños, los cuales se incluyen cráteres, lagunas y materiales volcánicos que se localizan en la Cordillera de los Maribios y Cuestas de Diriamba.

La Cordillera de los Maribios se extienden entre Chiltepe (península de 512 metros de altura) hasta el Cerro Motastepe (de 860 metros de altura), entre los Cerros de Bella Vista, San Carlos y Los Martínez; entre todos ellos se intercalan algunas depresiones y Lagunas cratéricas como la misma Apoyeque, Xiloá, Asososca y Nejapa.

Según Segura Mojica, (2005). Del Apoyeque está por debajo de una de las fallas geológicas, del sistema de fracturas volcánicas de La Cordillera de los Maribios. Esta falla, existente hace tal vez 22 mil años, es ancha y se prolonga desde el Apoyeque, y sigue hacia el Este del casco urbano de Mateare y al Oeste de Ciudad Sandino. Pasa, por debajo de Cuajachillo y de una parte de los Filones de El Crucero y sigue hasta Masachapa.

Presuntamente, esta falla no se ha movido en los últimos miles de años como ha ocurrido con parte de las 32 fallas que afectan por debajo a la capital Managua. El INETER, (2005). En sus estudios señala que Apoyeque "está en reposo" y lo mismo podría decirse de la falla mencionada.

Apoyeque forma parte de volcanes antiguos como Xiloá, Ticomo, Nejapa, Asososca y Tiscapa, que se supone hicieron erupciones violentas hace unos seis mil años. Las Huellas de Acahualinca, son una prueba de la actividad volcánica en estos tiempos que habitaban los indígenas González S., (2005).

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los deslizamientos de ladera son comunes en terrenos con mayor ángulo de inclinación, propensos a colapsar por diferentes agentes desencadenantes y condicionantes.

La población del barrio Oro Verde es vulnerable a diferentes fenómenos geológicos, recalando su cercanía al volcán Apoyeque, también la proximidad de falla activa Mateares y principalmente la explotación de arena en la parte norte inferior del barrio, que debido a esta actividad presenta un riesgo a esta población, perjudicial para la salud, y daños en las viviendas.

¿El deslizamiento de ladera está ocasionando riesgo en la población del barrio Oro Verde?

1.4 JUSTIFICACIÓN

La importancia de efectuar esta investigación es con el propósito de prevenir posibles desastres que impliquen pérdidas humanas y económicas a los habitantes de este lugar, de tal modo que se puedan brindar herramientas y recomendaciones necesarias a las autoridades encargadas de velar por la seguridad y bienestar de la población, para la toma de medidas de protección y mitigación de la zona afectada.

Cabe mencionar que dicho informe beneficiara a la población del barrio Oro Verde y zonas aledañas, siendo una de las principales zonas afectadas por lo antes mencionado, lo que implica que la realización de este estudio hará un aporte en la caracterización geológica y geotécnica del área para tomar medidas de prevención y mitigación antes desastre de inestabilidad y evitar grandes pérdidas humanas y económicas.

1.5 OBJETIVOS

Objetivo general:

- ❖ Evaluar la inestabilidad de ladera en el barrio Oro Verde, Ciudad Sandino municipio de Managua.

Objetivos específicos:

- ❖ Caracterizar las condiciones geológicas de la ladera.
- ❖ Determinar los parámetros geotécnicos (físico- mecánico) de la ladera.
- ❖ Definir factores condicionantes y desencadenantes presentes en la ladera.
- ❖ Calcular la inestabilidad de la ladera mediante los métodos de equilibrio límite para poder obtener el factor de seguridad de la ladera.
- ❖ Proponer medidas de mitigación para la seguridad de la población.

1.6 LOCALIZACION DEL ÁREA DE ESTUDIO

Oro verde es un Barrio ubicado en Ciudad Sandino, municipio perteneciente al departamento de Managua en la República de Nicaragua, a 13.78 km de la ciudad capital, nuestra zona de estudio está ubicada en la hoja topográfica de Mateares 2952 – I, a escala 1:50,000 editada por el Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER). La principal vía de acceso es la carretera panamericana Norte.

Tabla de coordenadas de ubicación del sitio

puntos	coordenadas	
	X	Y
1	0571765	1346278
2	0571752	1346277
3	0571757	1346272

Tabla 1. Coordenadas del lugar de estudio.

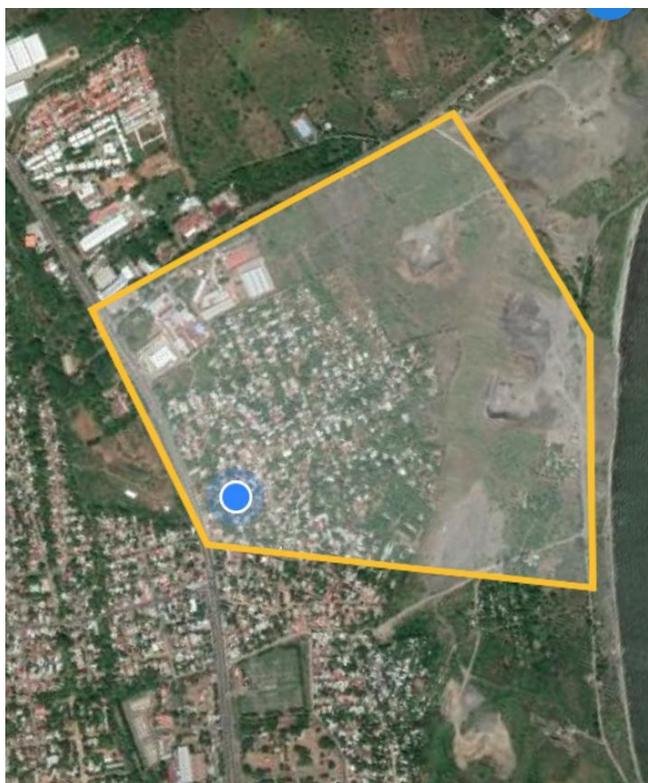


Figura 1. Polígono de área de estudio.

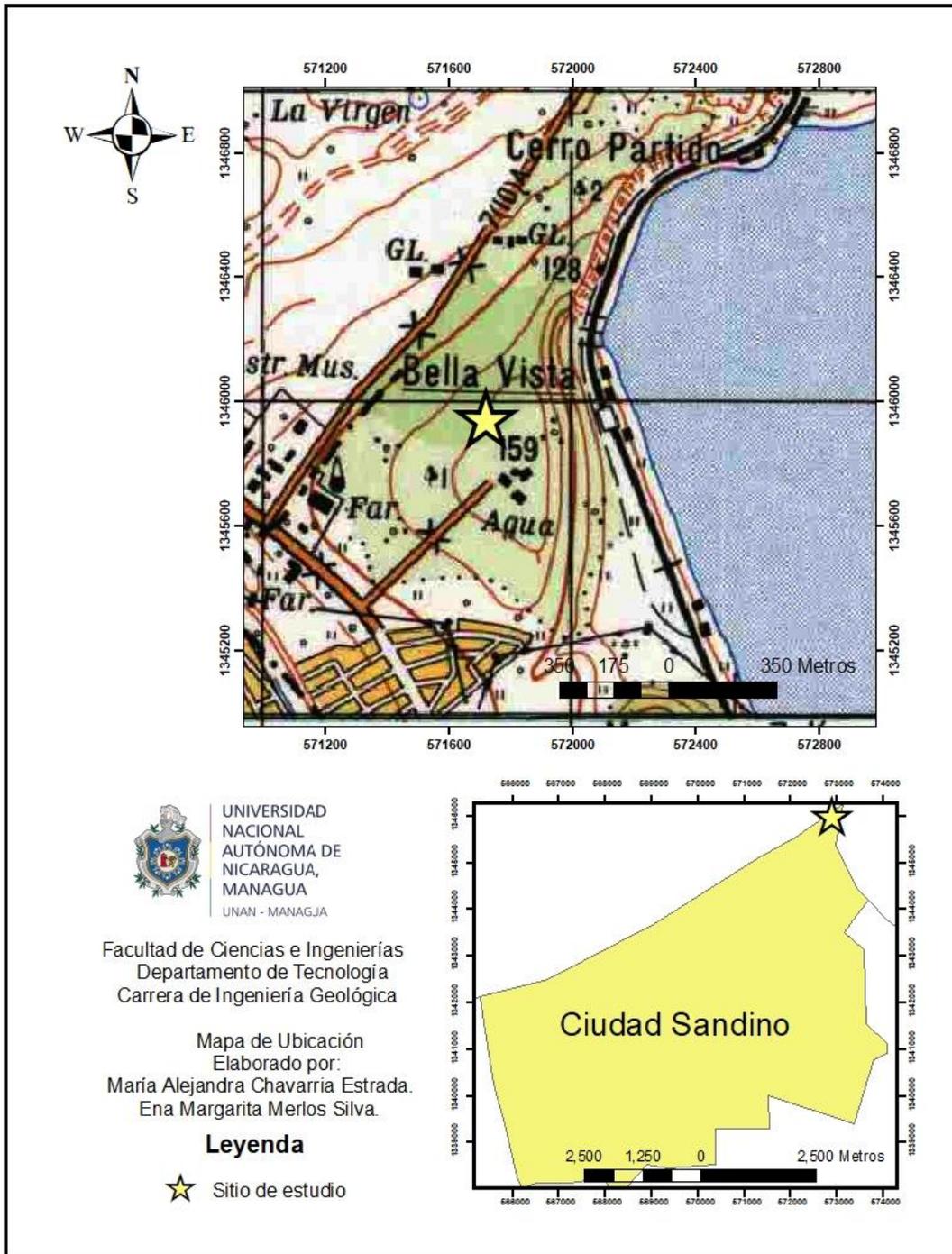


Figura 2. Mapa de ubicación.

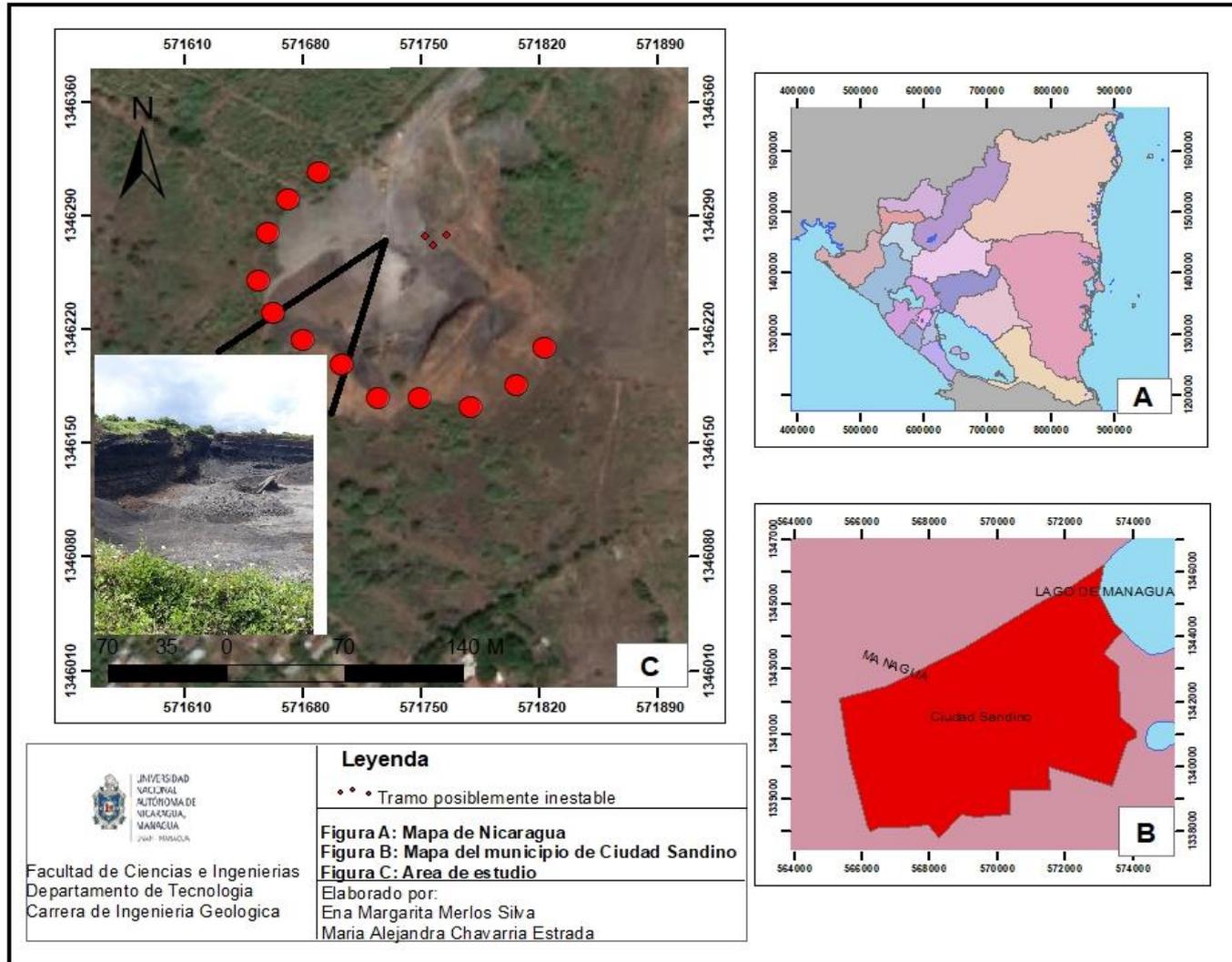


Figura 3. Mapa de localización.

II. CAPITULO II

2.1 FUNDAMENTACION TEÓRICA

Es necesario conocer los riesgos que contrae los deslizamientos de ladera, y más cuando existe un factor que aumenta la inestabilidad del talud, es por ello que es necesario conocer los diferentes términos:

2.1.1 Talud.

Según Suarez, 1998, un Talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura.

En la literatura técnica se define como Ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y Talud cuando se conformó artificialmente (Figura 2). Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas (Suárez, 1998).

Las laderas o taludes que han permanecido estables por muchos años, pueden fallar debido a cambios topográficos, sísmicos, a los flujos de agua subterránea, a los cambios en la resistencia del suelo, la meteorización o a factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. Un talud estable puede convertirse en un Deslizamiento (Suárez, 1998).

2.1.2 Partes de un Talud.

Existen algunos términos para definir las partes de un talud. El talud comprende una parte alta o superior convexa con una cabeza, cima, cresta o escarpe, donde se presentan procesos de denudación o erosión; una parte intermedia semi-recta y una parte baja o inferior cóncava

con un pie, pata o base, en la cual ocurren principalmente procesos de depositación (Figura 2) Suárez, (1998).

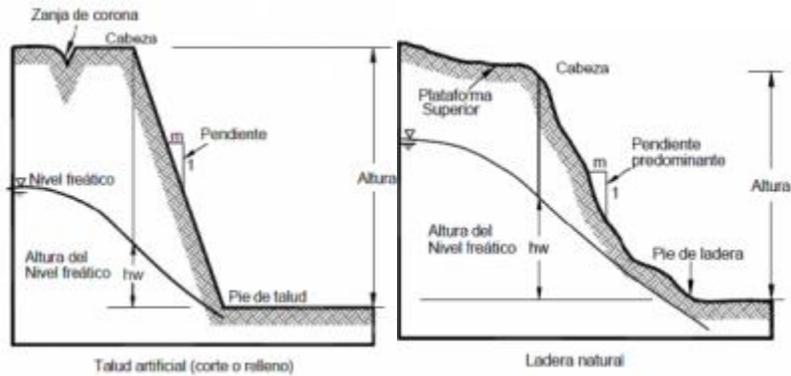


Figura 4. Talud a) Artificial (Suarez, 1998). b) Natural Suarez, (1998).

En un talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

Pie, pata o base.

El pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud o ladera. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava.

Cabeza, cresta, clima o escarpe.

Cabeza se refiere al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte superior del talud o ladera. Cuando la pendiente de este punto hacia abajo es semi- vertical o de alta pendiente, se le denomina Escarpe. Los escarpes pueden coincidir con coronas de deslizamientos. La forma de la cabeza generalmente es convexa.

Altura.

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza generalmente no son accidentes topográficos bien marcados.

Altura de nivel freático.

Es la distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático se acostumbra medirla debajo de la cabeza del talud.

Pendiente.

Es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m:1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: $45^\circ = 100\% = 1H:1V$. Los suelos o rocas más resistentes generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos, tienden a formar laderas de baja pendiente.

El termino deslizamiento ha sido definido por diferentes autores “slope movement” (Varnes, 1978) o “landslide” (Sharpe, 1938). Por otra parte (Cruden D, 1991) lo define como el movimiento de una masa de roca, suelo o derrubios, de una ladera en sentido descendente. Otra definición considera. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad (Corominas & Yagüe, 1997).

2.1.3 Deslizamiento

Son desplazamientos de masas de tierra o rocas (o ambos), por una pendiente abajo en forma súbita o lenta, el deslizamiento o derrumbe, es un fenómeno de la naturaleza que se define como “el movimiento pendiente abajo, lento o súbito de una ladera, formado por materiales naturales: roca ,suelo, vegetación o bien de rellenos artificiales”. Los deslizamientos o derrumbes se presentan sobre todo en la época lluviosa o durante períodos de actividad sísmica Suárez, (1998).

Los deslizamientos pueden ser lentos, los cuales dependen de las características del terreno por donde se deslizan, la velocidad del movimiento es tan lenta que no se percibe, este tipo

de deslizamiento genera unos pocos centímetros de material al año. Se identifican por medio de una serie de características marcadas en el terreno.

Pueden ser rápidos, los cuales son movimientos bruscos, varios metros en pocos minutos. La velocidad del movimiento es tal que la caída de todo el material puede darse en pocos minutos o segundos. Son frecuentes durante las épocas de lluvias o actividades sísmicas intensas. Como son difíciles de identificar, ocasionan importantes pérdidas materiales y de vidas.

Los deslizamientos ocurren por lluvias torrenciales, por la erosión de los suelos y por los temblores de tierra, pudiendo producirse también en zonas cubiertas por grandes cantidades de nieve (avalanchas) y actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.).

Suárez, (1998) Refiere que depende de las siguientes variables: Clase de rocas y suelos; Topografía (lugares montañosos con pendientes fuertes); Cantidad de lluvia en el área; Actividad sísmica de la zona; Actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.); Erosión (por actividad humana y de la naturaleza).

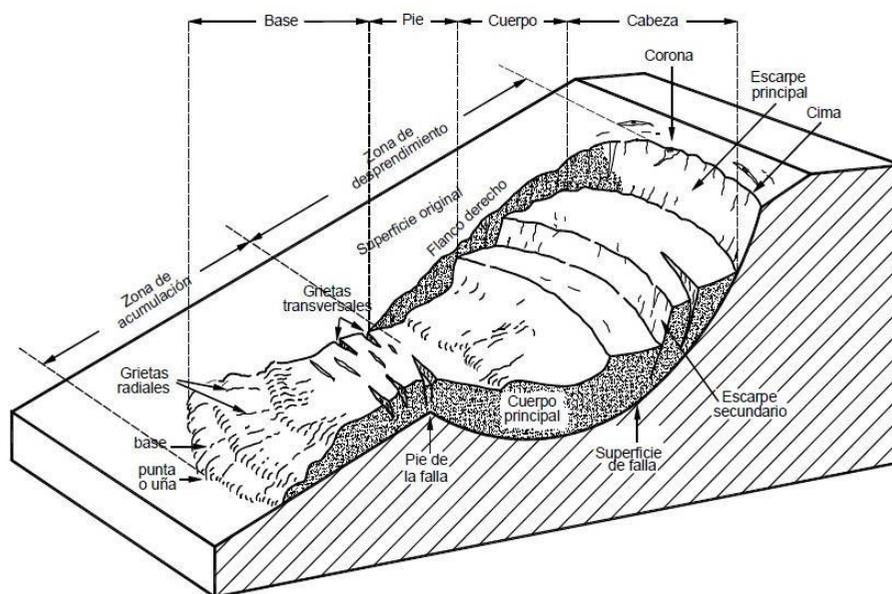


Figura 5. Partes de un deslizamiento (Suárez, 1998).

2.1.4 Partes de un deslizamiento

En la (Figura 2), se muestra un deslizamiento típico o desplazamiento en masa. Las partes principales son las siguientes:

- ❖ **Cabeza.** Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.
- ❖ **Cima.** El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- ❖ **Corona.** El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.
- ❖ **Escarpe principal.** Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material.
- ❖ La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.
- ❖ **Escarpe secundario.** Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- ❖ **Superficie de falla.** Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de esta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.
- ❖ **Pie de la superficie de falla.** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

- ❖ **Base.** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- ❖ **Punta o uña.** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- ❖ **Cuerpo principal del deslizamiento.** El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.
- ❖ **Superficie original del terreno.** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- ❖ **Costado o flanco.** Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.

Derecha e izquierda. Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie.

2.1.5 Tipos de movimientos de ladera

2.1.5.1 Desprendimientos

Un desprendimiento puede definirse como un tipo de inestabilidad de ladera que tiene lugar cuando una porción de la misma ladera se desprende de un escarpe a lo largo de una superficie en la que el desplazamiento por cizalla es nulo o muy escaso y los fragmentos descienden en caída libre hasta alcanzar el pie de la ladera donde pueden fragmentarse en porciones menores o experimentar otros movimientos como la rodadura o los rebotes (Elorza G. 2008).

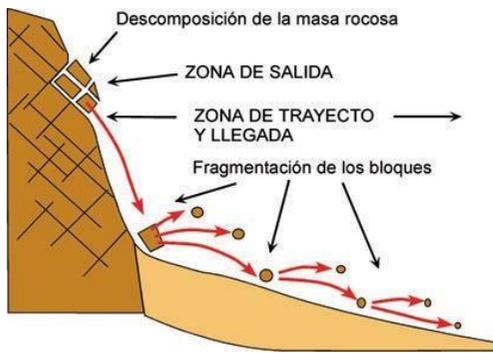


Figura 6. Esquema de un desprendimiento en donde se define: la zona de salida de la masa rocosa, la posterior fragmentación a lo largo de la zona de trayecto y la acumulación de bloques rocosos en la zona de llegada (Elorza G. 2008).

2.1.5.2 Vuelcos

Consiste en la rotación hacia la zona libre de material tipo suelo, roca o derrubio en torno a un eje de giro horizontal situado por debajo del movimiento (Elorza, G. M. 2008).

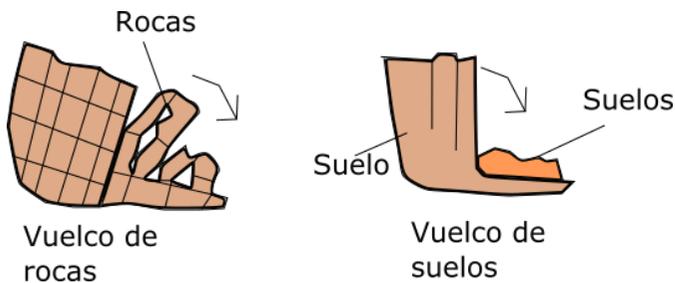


Figura 7. Esquema de vuelco de una masa rocosa desprendida del sustrato rocoso Esta masa pivota sobre un eje (punto rojo) hasta caer al suelo por gravedad donde los diferentes fragmentos se acumulan o ruedan ligeramente vertiente abajo (Elorza, G. M, 2008).

2.1.5.3 Flujos

Para empezar los flujos o coladas se caracterizan por ser movimientos en masa que involucran alto porcentaje de agua en el proceso, por lo tanto la masa se comporta como un fluido que se desliza a lo largo de superficies de falla poco definidas.

Como características principales se tiene: alto porcentaje de agua, suelen ser poco profundos pero alcanzan grandes extensiones, el deslizamiento alcanza grandes velocidades, incluso de metros por segundo (Elorza, G. M, 2008).

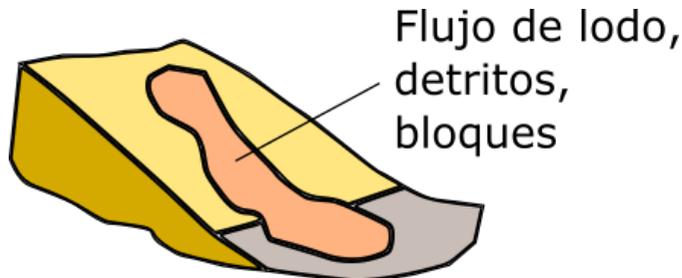


Figura 8. Esquema de una colada fangosa (Elorza, G. M, 2008).

2.1.5.4 Deslizamientos

2.1.5.4.1 Deslizamientos rotacionales

Con respecto a los deslizamientos rotacionales son frecuentes en suelos homogéneos (cohesivos), se caracterizan por que la superficie de falla tiene forma curva o forma de cuchara, en este deslizamiento la masa deslizada se acumula al pie de la ladera así como un lóbulo (Elorza, G. M, 2008).

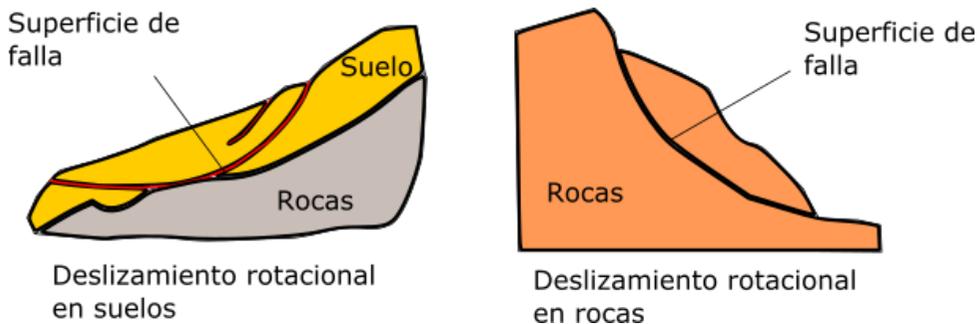
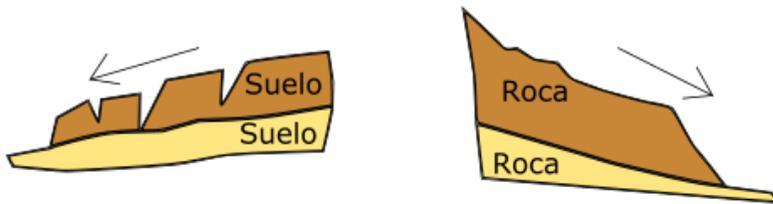


Figura 9. Esquema de deslizamiento rotacional (Elorza, G. M, 2008).

2.1.5.4.2 Deslizamientos traslacionales

Con respecto a los deslizamientos traslacionales pueden generarse en suelos y rocas, la rotura se da a través de una o varias superficies de falla (estratificación, contacto entre rocas, planos de debilidad) que son planas y se orientan a favor del talud (Elorza, G. M, (2008).



Deslizamiento traslacional en suelos

Deslizamiento traslacional en rocas

Figura 10. Esquema de deslizamiento traslacional donde se puede apreciar el desplazamiento de la masa inestabilizada a través de una superficie de rotura neta (Elorza, G. M, 2008).

2.1.5.5 Expansión lateral

Este tipo de movimiento en masa suele ser regional, se origina debido a que un tipo de roca masivo y competente se encuentra sobre un material blando y deformable, lo que permite desplazamientos laterales lentos y constantes (Elorza, G. M, 2008).

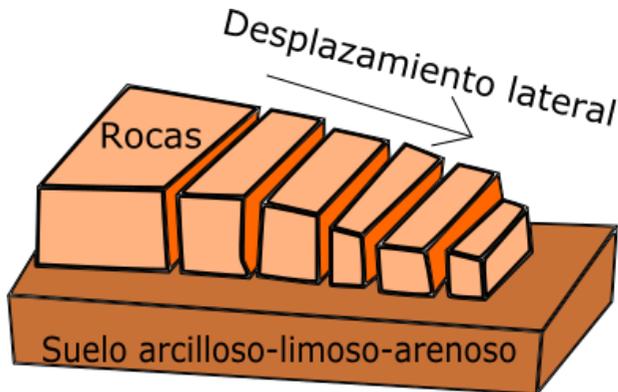


Figura 11. Esquema simplificado de una expansión lateral. La coloración más oscura representa una capa dura fragmentada por la inestabilidad, y la coloración más clara la capa licuefactada subyacente (Elorza, G. M, 2008).

Los desplazamientos laterales también pueden ser provocados por licuefacción del material infrayacente, o por procesos de extrusión lateral de arcillas blandas y húmedas, bajo el peso de las masas superiores.

2.1.6 Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes

2.1.6.1 Factores condicionantes

Son aquellos que se relacionan con los factores geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos, además se considera que son intrínsecos a los materiales naturales, estos factores son:

- ❖ Estratigrafía y litología.
- ❖ Estructura geológica y discontinuidades.
- ❖ Condiciones hidrogeológicas y comportamiento hidrogeológico de los materiales.
- ❖ Propiedades físicas, resistentes y deformaciones.
- ❖ Tensiones naturales y estado tenso-deformacional.

2.1.6.2 Factores desencadenantes

Se considera que son factores externos que actúan sobre los suelos o macizos rocosos, cambiando las características, propiedades y condiciones de equilibrio del talud, estos factores son:

- ❖ Sobrecargas estáticas.
- ❖ Cargas dinámicas.
- ❖ Cambios en las condiciones hidrogeológicas.
- ❖ Factores climáticos.
- ❖ Variaciones en la geometría.
- ❖ Reducción de parámetros resistentes.

2.1.7 Medidas o métodos de estabilización en taludes

Cuando un talud implica riesgo de inestabilidad, es necesario realizar diferentes métodos o medidas de estabilización, el objetivo de las medidas de estabilidad de un talud conlleva al aumento del factor de seguridad, esto se consigue al disminuir las fuerzas desestabilizadoras o también aumentando las fuerzas estabilizadoras.

Para ello se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El comportamiento y propiedades geomecánicas del terreno.

- Los mecanismos y tipos de roturas, se debe incluir la velocidad, dirección del movimiento y la geometría que tenga la rotura.
- Todos los factores geológicos, hidrogeológicos y otros tipos de factores influyentes en la estabilidad de talud.
- Además, se debe definir las propiedades y parámetros geotécnicos de los materiales.

Métodos de equilibrio limite

Métodos de Equilibrio de Limite	Superficie de falla	Equilibrio	Características
Ordinario o de Fellenius (Fellenius, 1927)	Circulares	De fuerzas	No considera fuerzas entre las dovelas
			No satisface equilibrio de fuerzas
			El procedimiento del método es simple
			Impreciso para taludes planos
			Factores de seguridad bajos
Bishop Simplificado (Bishop, 1955)	Circulares	De momento	Las fuerzas de cortante entre dovelas son=0
			Reduce número de incógnitas
			No se establecen condiciones de equilibrio para una dovela.
Jambu Simplificado (Jambu, 1968)	De cualquier de las superficies de falla	De fuerzas	Las fuerzas de cortante entre dovelas son=0
			No satisface equilibrio de momentos
			Utiliza un factor de corrección F_0 para tener en cuenta este posible error.
			Los factores de seguridad son bajos
Spencer, (1967)	De cualquier de las superficies de falla	Momento y fuerzas	Inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada
			Satisface el equilibrio estático
Morgenstern y Price, (1965)	De cualquier de las superficies de falla	Momento y fuerzas	Fuerzas laterales siguen un sistema predeterminado
			El método es muy similar al método Spencer

Tabla 2. Método más importante para estabilidad de taludes (Abramson & Boyce, 2002).

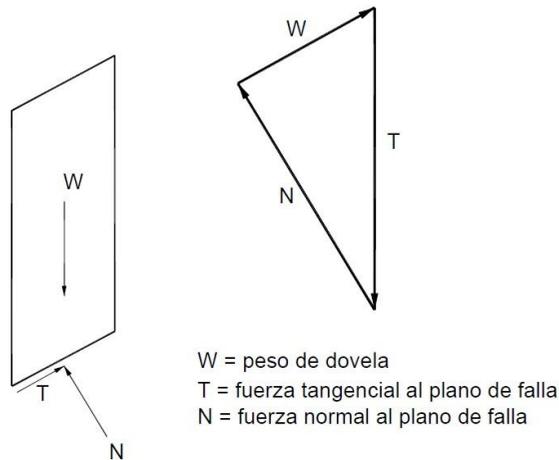
Los métodos de equilibrio limite (los más utilizados) analizan el equilibrio de una masa potencialmente inestable, y consisten en comparar las fuerzas tendentes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una determinada superficie de rotura. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002), tabla 2.

2.1.7.1 Método de Fellenius

El análisis de estabilidad de deslizamientos en terrenos homogéneos se hace comúnmente por el llamado método de las fajas o tajadas, llamado por muchos, en forma incorrecta, método de las dovelas. Este es una forma simple que idearon los ingenieros de la Comisión geotécnica sueca que es conocido como el método sueco o el método de Fellenius.

Para aplicar este método se toma una sección del terreno que se desea analizar, en su interior se escoge una superficie curva se divide la sección, delimitada por la superficie "la curva seleccionada, en un conjunto de tajadas de ancho, como se ilustra en la para evaluar la fuerza total por cortante se compara con la resistencia total a lo largo de ella. Todas las fuerzas que intervienen en el análisis son calculadas en cada uno de los elementos o tajadas en las que se divide la masa evaluada, finalmente, se hace una sumatoria tanto de fuerzas de cortante o motrices como de fuerzas resistentes.

A relación entre estas dos magnitudes permite establecer un factor de seguridad para esa superficie en particular. Luego se selecciona otra superficie " se analiza de igual manera hasta que puede considerarse que se cuenta con un número suficiente de posibles superficies de rotura o falla " le asigna al talud o ladera en consideración el menor factor de seguridad que ha calculado de esta manera. Normalmente se considera que la sección tiene un espesor unitario " que ha sido trazada por el centro de la masa potencialmente inestable. Sin embargo estas no son hipótesis necesarias del procedimiento de análisis.



El factor de seguridad está definido como

$$F_s = \frac{\sum(c\beta + N \tan\phi)}{\sum W \sin\alpha} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde

C Cohesión del ángulo

Φ Ángulo de fricción del suelo

β Ángulo de inclinación del talud

N Fuerza normal ()

W Peso de la dovela

α Ángulo de inclinación de la superficie de falla.

2.1.7.2 Método de Bishop

El método modificado (o simplificado) de Bishop¹ es una extensión del método de las rebanadas. En este método se realizan varias suposiciones que permiten hacer cálculos más fáciles:

Considerando que se establece el equilibrio vertical de todas las fuerzas que actúan sobre cada dovela, y que el factor de seguridad es la relación entre la sumatoria de los momentos resistentes y la sumatoria de los momentos actuantes, se tiene:

$$FS : \frac{1}{\Sigma (W \text{Sen}\alpha)} (c\beta + W \text{Tan}\phi \left(\text{Cos}\alpha + \frac{\text{Sen}\alpha \text{Tan}\alpha}{FS} \right)) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde

C Cohesión del suelo ϕ

Ángulo de fricción del
suelo

β Longitud de la superficie
de falla

W Peso de la dovela

Como el factor de seguridad está implícito en la ecuación, el método se reduce a una solución mediante tanteos. Con la aplicación de la informática esta acción se puede resolver de manera sencilla. Kering (1995), propuso una gráfica que auxilia en la solución al asignar valores al coeficiente:

$$\text{Cos} + \frac{\text{Sen}\alpha \text{Tan}\phi}{FS} \quad \text{Ecuación 3}$$

2.1.7.3 Método de Jambu Simplificado

El método de Jambu simplificado, (Fredlund & Krahn, 1977) similar al de Bishop modificado, con la diferencia de que toma en cuenta el equilibrio de fuerzas horizontales, mientras que Bishop modificado considera el equilibrio de momentos.

El método toma en cuenta las fuerzas normales generadas entre las dovelas, sin considerar las fuerzas de fricción generadas entre estas:

$$FS : \frac{(\Sigma c_i (\text{Cos}\alpha) + (P - u_i) \text{Tan}\phi \text{Cos}\alpha)}{\Sigma P (\text{Sen}\alpha) + \Sigma k W \pm A - L \text{Cos}\alpha} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde

FS Factor de seguridad

C Cohesión del suelo

Φ Ángulo de fricción del suelo

- I Longitud de superficie de falla
- W Peso de la Dovela
- α Inclinación de la superficie de falla
- P Fuerza normal total en base de las dovelas
- U Presión de poro
- A Carga uniforme en la superficie del talud
- K Coeficiente sísmico
- L Carga uniformemente repartida

2.1.7.4 Método de Spencer

Es un método que satisface totalmente el equilibrio tanto de momentos como de esfuerzos. El procedimiento de Spencer (1967), se basa en la suposición de que las fuerzas entre dovelas son paralelas unas con las otras, o sea, que tienen el mismo ángulo de inclinación. La inclinación específica de estas fuerzas entre partículas, es desconocida y se calcula como una de las incógnitas en la solución de las ecuaciones de equilibrio. Spencer inicialmente propuso su método para superficies circulares pero este procedimiento se puede extender fácilmente a superficies no circulares. Spencer plantea dos ecuaciones una de equilibrio de fuerzas y otra de equilibrio de momentos, las cuales se resuelven para calcular los factores de seguridad F y los ángulos de inclinación de las fuerzas entre dovelas θ .

Para resolver las ecuaciones F y θ , se utiliza un sistema de ensayo y error donde se asumen los valores de estos factores (en forma repetitiva) hasta que se alcanza un nivel aceptable de error.

Una vez se obtienen los valores de F y θ se calculan las demás fuerzas sobre las dovelas individuales. El método de Spencer se considera muy preciso y aplicable para casi todo tipo de geometría de talud y perfiles de suelo y es tal vez, el procedimiento de equilibrio más completo y más sencillo para el cálculo del factor de seguridad.

2.1.7.5 Método de Morgenstern- prices

(Morgenstern & Price, 1965): Propusieron un método que satisface el equilibrio estático de fuerzas y momentos en forma rigurosa. Considera que la fuerza resultante entre dovelas varía con respecto a un porcentaje de una función arbitraria y por una constante λ . Estos factores permiten utilizar superficies de falla curvas que no necesariamente sean cilíndricas. Las ecuaciones () y () presentan el cálculo del factor de seguridad con respecto al equilibrio de fuerzas y de momentos, respectivamente.

$$FS_m : \frac{\sum \{c \beta + (N - uL) R \tan \phi\}}{\sum W_x - \sum N_f \pm \sum D_d} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$FS_F : \frac{\sum c \beta + (N - U) \tan \phi \cos \alpha}{\sum N \sin \alpha - \sum D \cos \alpha} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde

FS_m Factor de seguridad con respecto al equilibrio de momentos,

FS_F Factor de seguridad con respecto al equilibrio de fuerzas,

C Cohesión de del suelo

ϕ Angulo de fricción del
suelo

β Longitud de la superficie
de falla,

W Peso de la dovela, α
Inclinación de la superficie de
falla

N Fuerza normal entre
dovelas

X Fuerza tangencial entre dovelas

2.1.8 Tectónica y geología regional de Centro América y Nicaragua

Se define al istmo Centroamericano como la plataforma continental que se extiende desde el istmo de Tehuantepec en México, hacia el Este y Sur-Este, hasta las tierras bajas de Atrato en Colombia. Se encuentra localizada en el frente de un borde convergente destructivo, formado por la subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe. En su extremo norte se ubica la placa de norte América, separada de la placa Caribe por el sistema de falla Polochic-Motagua y separado al sur con la placa de Nazca por el sistema de fractura de Panamá (Dengo, 1985)

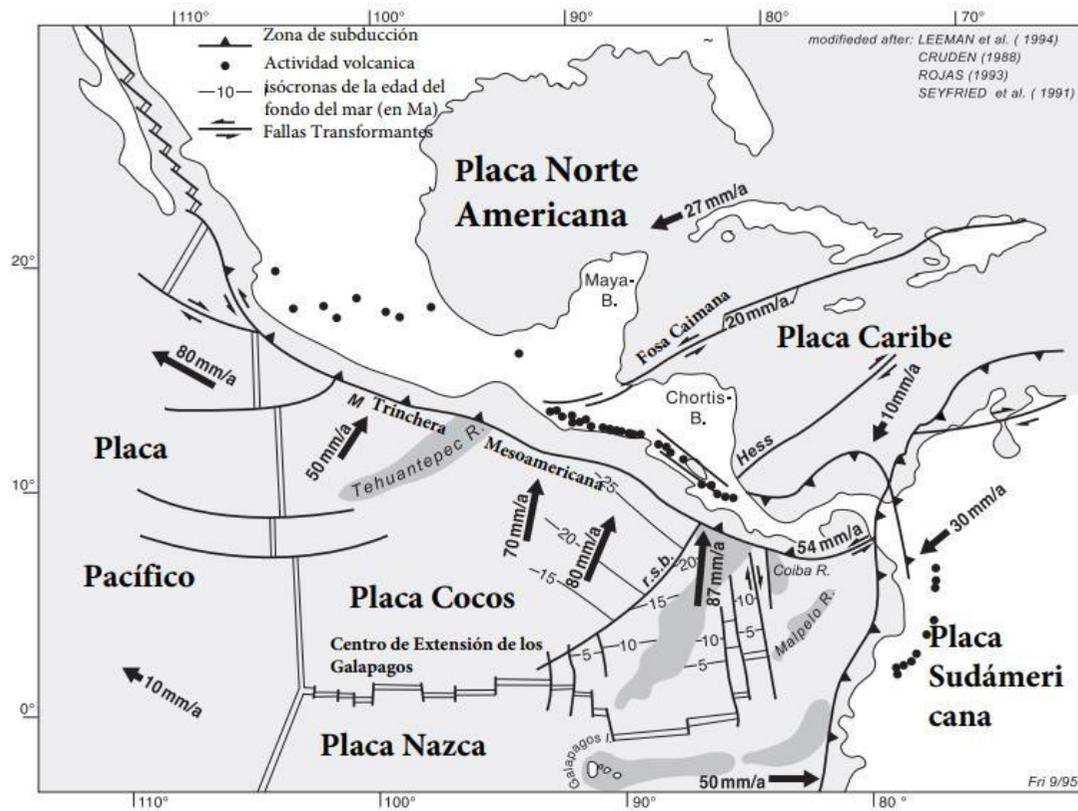


Figura 12. Tectónica regional de América Central (Frischbutter, 2002).

El istmo Centroamericano ocupa la parte occidental de la placa Caribe, la parte Norte de Centroamérica fue un margen continental compresivo activo y la parte Sur un sistema de arcos de islas volcánicas que fueron formando basamento de roca sólida hasta unirse con Sudamérica en el periodo del Terciario.

Desde el punto de vista geológico estructural, presenta dos partes, una Septentrional y una Meridional (Dengo, 1968). América central se divide en tres grandes bloques y un micro bloque. Esta división se basa en la composición del basamento y rasgos morfológicos, así como tectónicos de cada uno de ellos (Dengo, 1973). La región septentrional se divide en los bloques Maya y Chortis, cuyo límite es el sistema de fallas Polochic-Motagua y la meridional que comprende el bloque Chorotega.

Los estudios geológicos y sísmicos indican que la placa Caribe tiene un movimiento relativo hacia el Este de las Américas y que es controlado por el fallamiento lateral izquierdo en su frontera Norte continental. La litósfera oceánica de las placas de Norte América y Sudamérica se consume a lo largo del eje Este de la placa Caribe en la zona de subducción de las Antillas Menores y también se consume litósfera oceánica de la placa Cocos a lo largo del eje Oeste en la zona de subducción de América Central.

2.1.8.1 Bloque Maya

El bloque Maya se encuentra ubicado al Norte de América Central en lo que conocemos como la península de Yucatán, parte de Guatemala, Belice y México al Oeste del istmo de Tehuantepec, (Donnelly, G.S, Horne, 1990). En la parte Sur de este bloque afloran rocas ígneas y metamórficas del Paleozoico temprano, incursionados por plutones pérmicos Triásicos de arco.

2.1.8.2 Bloque Chortis

El bloque Chortis incluye todo el Salvador, Honduras, el Sur de Guatemala, la parte oceánica al Noreste de Nicaragua y la parte Norte de Nicaragua, en esta última no se encuentra muy bien definido ya que no hay discontinuidad que lo separe del banco de Nicaragua.

Este bloque consiste en un basamento rocoso metamórfico de edad paleozoica – precámbrica. La estratigrafía cenozoica es dominada por rocas volcánicas, donde la formación Matagalpa y Morazán compuestas por lavas andesíticas tobas y brechas son del

Oligoceno y Eoceno probablemente. También representado por el complejo metamórfico de Nueva Segovia. Estas rocas fueron agrupadas en la formación Palacagüina y Esquistos de Nueva Segovia (Zoppis, 1957). Tectónicamente ha sido muy activo desde el Cretácico Temprano y puede dividirse en 5 diferentes regiones morfológicas: Sierras del Norte, Región montañosa central, basamento del Este, mesetas del Sur y cadena volcánica del Pacífico (Donnelly et al, 1933).

2.1.8.3 Bloque Chorotega

El bloque Chorotega está formado por la parte sur de Nicaragua, Costa Rica y Panamá, es un basamento de secuencia ofiolítica de origen oceánico, el cual se extiende hasta el Norte de Sur América. Se ha postulado que el escarpe de Hess, marca el límite entre el Bloque Chortis y el Bloque Chorotega (Dengo, 1962).

Este bloque está formado por un basamento del cretáceo con espesores de sedimentos marinos y volcánicos depositados durante el terciario. Esta región fue denominada "corteza tectónica" (McDonald 1972) por ocupar una posición entre una corteza de origen oceánico y una de origen continental.

Desde el punto de vista geotectónico, el elemento estructural más relevante de Centroamérica es la depresión nicaragüense, de rumbo Noroeste-Sureste. Según McBirney and Williams 1965, la depresión de Nicaragua comenzó su formación a finales del Cenozoico a partir de esfuerzos de tensión local producidos por la compresión regional creada entre las placas Cocos y placa Caribe.

En cambio, la formación de la Cadena Volcánica Cuaternaria da comienzo a finales del Plioceno, extendiéndose desde Guatemala hasta Costa Rica a lo largo del eje de la depresión nicaragüense, en dirección Noroeste-Sureste (McBirney, A & Williams, H., 1965).

2.1.9 Geología Regional de Nicaragua

Hodgson G., en 1976, dividió Nicaragua en 5 provincias geológicas estructurales (ver Fig. No. 11), diferenciadas por su geomorfología, su estratigrafía, geología tectónica, geología histórica y geología económica (depósitos minerales metálicos y no metálicos), concluyendo así con:

2.1.9.1 Provincia Geológica de Las Planicies de la Costa del Pacífico.

Esta provincia incluye la cuenca Sandino, y se localiza en el margen pacífico de Nicaragua, en la parte occidental de la placa Caribe en el área de ante arco del pacífico y se extiende costa adentro hasta el graben, donde se localiza el arco volcánico activo. Se destacan dentro de esta provincia 6 formaciones sedimentarias (Rivas, Brito, Masachapa, El Fraile, El Salto, Sapoá) y las formaciones volcánicas Las Sierras y Tamarindo.

Provincia Geológica Central de Nicaragua.

Está caracterizada por el predominio de rocas volcánicas del terciario que se han dividida en dos grandes unidades principales: Grupo Matagalpa y Grupo Coyol. En esta provincia se encuentra el área de estudio.

Provincia geológica del Norte.

Esta provincia está caracterizada por el predominio de rocas metamórficas, consideradas como las más antiguas de Nicaragua la cual ha sido instruida por un gran batolito granítico de Nueva Segovia. También se señala la existencia de rocas sedimentarias como Calizas, lutitas y conglomerados, agrupados en las formaciones Metapan y Totogalpa. Dentro de esta provincia se encuentra también la existencia de rocas volcánicas Cretácica – Terciarias.

Provincia de los llanos de la Costa Atlántica.

Esta provincia está caracterizada por el predominio de rocas sedimentarias recientes del Pleistoceno, los sedimentos recientes están representados por las gravas, arenas y arcillas bajo la formación Bragman's Bluff y aluvionales recientes.

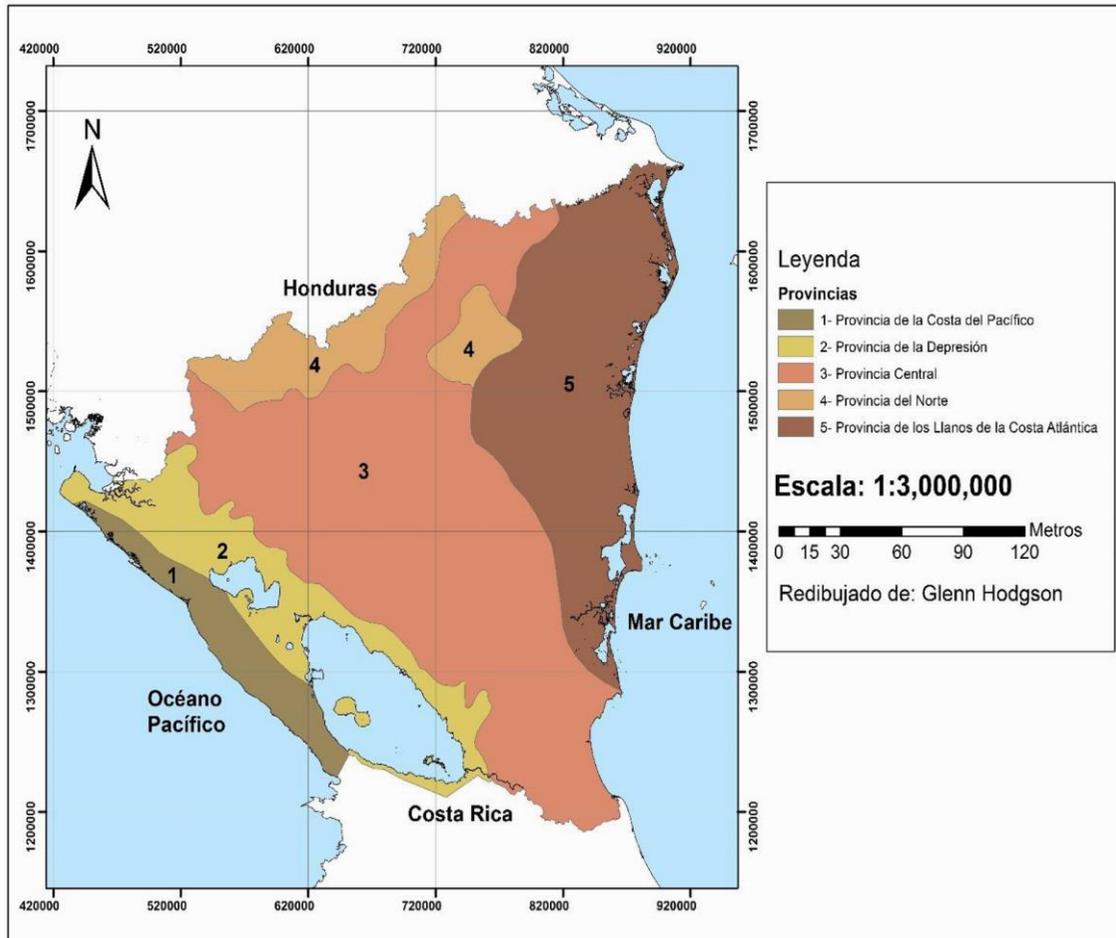


Figura 13. Mapa de Provincias Geológicas (Hodgson, 2002).

Nuestra área de estudio está ubicada en:

Provincia Geológica de La Depresión de Nicaragua.

El termino de Depresión es el más apropiado para asignar a la estructura de este macro rasgo morfológico que el concepto estrictamente definido en un graben. La depresión del graben de Nicaragua, forma parte de la zona marginal del Pacífico de América Central, la cual está

caracterizada por presentar fosa de mar profunda, regiones de plataformas, cadenas de arcos de islas activos y rasgos tectónicos activos.

Está caracterizada por el predominio de rocas volcánicas, depósitos piroclásticos y sedimentos del Plioceno y reciente. Las Rocas más características están comprendidas en la serie piroclástica de la Formación Las Sierras y el grupo Managua. Pero también hay flujos lávicos de actividad reciente. También dentro de la depresión existe la presencia de ventanas de ignimbritas y lavas básicas del grupo Coyol. Todo el conjunto de roca de la depresión tiene un espesor de 900 m. (perforaciones en el graben, señalan un espesor de 200 m de piroclastos).

2.1.10 Volcán monogenético.

Volcán construido por el o los productos de una erupción o una fase eruptiva. Esta puede durar desde semanas hasta varios años, pero es esencialmente una erupción prolongada involucrando un tipo de magma, la cual suele ocurrir a través de un único conducto de salida a partir de un sistema alimentador simple. Generalmente estos centros corresponden a conos, anillos o depresiones de dimensiones pequeñas y pueden tener asociados flujos de lava

Corradine.L, (2018)

“Antes de hacer erupción, el volcán monogenético no existe”, explica la geóloga experta en volcanes María Luisa Monsalve. “Existe en el momento que hace erupción, expulsa sus productos y forma su montaña”, continúa, y agrega que otra de las características de estos volcanes es que están muy cerca unos a otros.

Luego de hacer erupción, quizá después de miles de años, los monogenéticos buscan otro conducto para salir a varios kilómetros de distancia, y así sucesivamente. Como son varios en una misma región, se habla de campos volcánicos, Monsalve.L.M, (2018).

2.2 HIPÓTESIS

La realización del estudio sobre la evaluación de inestabilidad de la ladera en el barrio Oro Verde podría aportar a disminuir los riesgos que presentan los pobladores de esta comunidad.

I. CAPITULO III

3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1 Tipo de estudio:

Enfoque de la investigación

La investigación contiene un enfoque mixto consiste en la integración de los métodos cuantitativo y cualitativo. Cuantitativo porque a partir del levantamiento de ladera se obtuvieron valores numéricos de sus dimensiones los cuales en completo con los datos geotécnicos ayudaron a realizar el modelamiento a través del software Geostudio y obtener un valor de factor de seguridad y cualitativo porque se hizo la descripción litológica de la ladera en campo, se determina el tipo de movimiento de la ladera que está presente y la descripción geotécnicas e las muestras recolectadas y analizadas en el laboratorio.

3.1.2 Tipo de la investigación

El tipo de estudio se define como descriptivo. Descriptivo porque implica la descripción de las rocas, identificando su color, textura, composición, clasificación, así como la evaluación del tipo de movimiento en que se encuentra la ladera y la descripción geotécnica que determina propiedades física- mecánicas de los suelos y rocas.

3.1.3 Universo y muestra

Como universo se considera el barrio Oro Verde, Ciudad Sandino municipio de Managua. Y la muestra el tipo de roca y suelo que conforman la ladera inestable en el barrio Oro Verde.

Matriz de Operacionalización de Variables (MOVI)

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariables o Dimensiones	Variable Operativa o Indicador	Técnicas de Recolección de Datos e Información
Caracterizar las condiciones geológicas de la ladera	Condiciones geológicas	1. 1. Condiciones litológicas. 1.2. Condiciones de composición mineralógica.	1.1.1 Posición de los estratos. 1.2.1 Alteraciones encontradas.	-Observación. -Consulta al léxico.
Identificar los parámetros geotécnicos (físico- mecánico) de la ladera.	Parámetros geotécnicos (físico- mecánico)	1.1. Analisis granulométrico 1.2. Límites de consistencia 1.3. Gravedad específica. 1.4. Humedad. 1.5. Clasificación de suelo AASHTO. 1.6. Clasificación de suelos SUCS.	1.1.1. Granulometría 1.2.2. Consistencia. 1.3.3 Gravedad específica. 1.4.1. Humedad. 1.5.1. AASHTO M 145. 1.6.1. SUCS, ASTM D 2487.	-Muestreo. -Laboratorio.
Definir factores condicionantes y desencadenantes presentes en la ladera.	Factores condicionantes y desencadenantes.	1.1. Factores propios del área. 1.2. Factores detonantes del área.	1.1.1. Naturales del área. 1.2.2. Naturales detonantes. 1.2.3. Antropogénicas.	-Revisión de documentación. -Observación.
Calcular la inestabilidad mediante los métodos de equilibrio límite y elementos finitos	Factor de seguridad.	1.1. Método de Fellenius. 1.2. Método de Bishop. 1.3. Método de Jambu. 1.4. Método de Spencer. 1.5. Método de Morgenstern.	❖ Estable seguro. ❖ Inestable. ❖ Estable inseguro.	-Resultado del laboratorio y correr el programa slide.
Proponer medidas de mitigación para la seguridad de la población	Medidas de mitigación.	Seguridad a la población.	Protección a los afectados.	-Entrevista a la población. -Revisión de documentos.

Tabla 3. Matriz de operación (movi).

3.1.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

En esta etapa se realizó la recopilación, análisis y selección de todos los estudios realizados en la zona a nivel local en el área de estudio. De igual manera se adquirió documentación referente a los procesos de inestabilidad de ladera, mediante artículos científicos, monografías, informes, libros, etc. El material a utilizar fueron los mapas topográficos y geológicos de la zona de estudio.

Toda la recopilación se realizó mediante consulta al léxico, muestreo en el sitio, laboratorio, procesos en el laboratorio de las muestra, revisión de documentación, interpretación de resultado de laboratorio para proceder a correr el programa slide, entrevista a la población, y revisión de documentación.

Para obtener estos datos se utilizaron las siguientes herramientas:

- ✓ Brújula
- ✓ Piqueta
- ✓ Lupa
- ✓ GPS
- ✓ Pala
- ✓ Bolsas
- ✓ Acido
- ✓ Libreta de campo

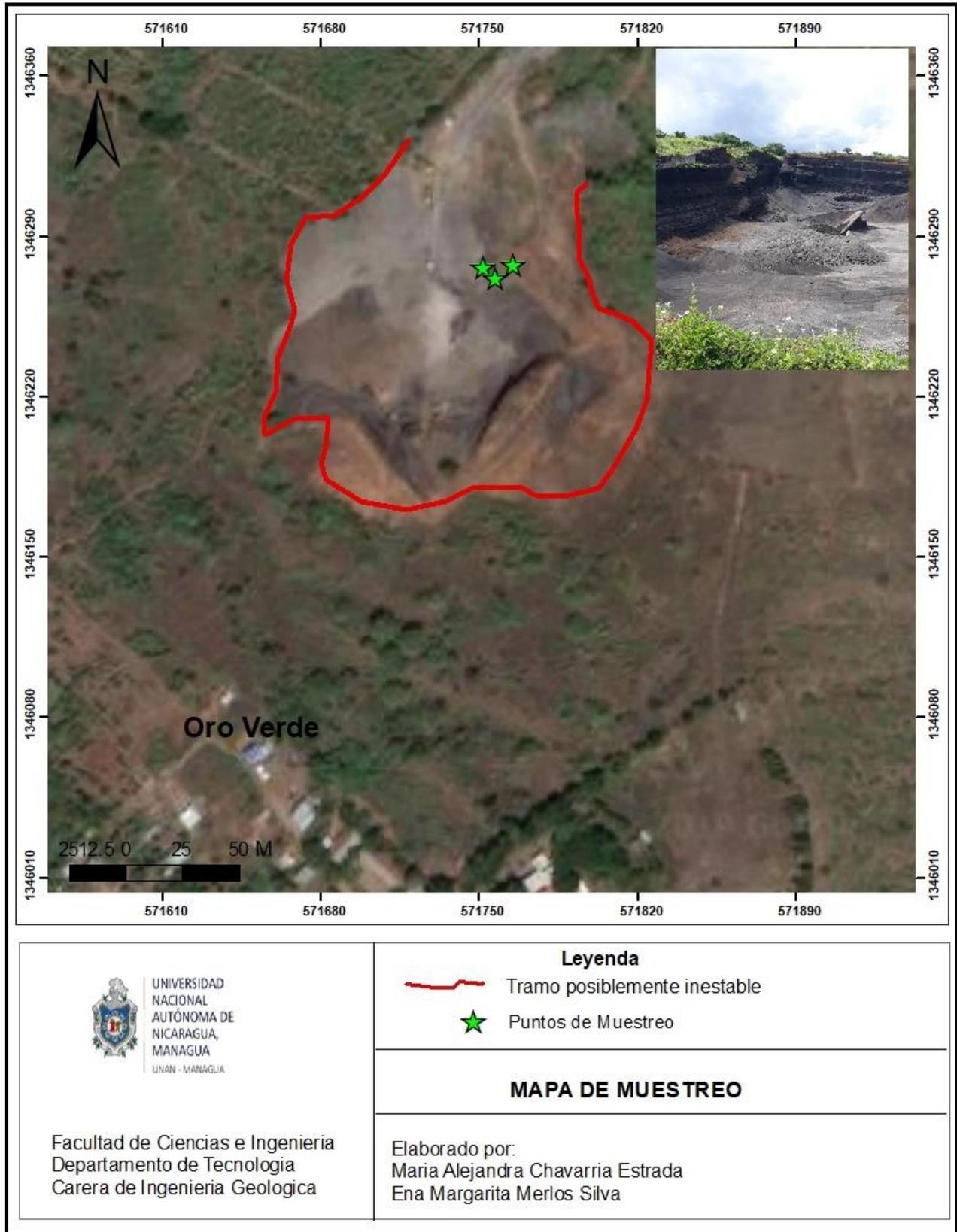


Figura 14. Mapa de muestreo.

3.1.5 Plan de procesamiento y análisis

Obtenidos los datos y muestras se hizo el análisis geológico, determinando a detalle los estratos que conforman la ladera por medio del software ArcGis 10.5 y AutoCad 2018.

Para el análisis geotécnico de las muestras recolectadas en campo se sometieron a pruebas en el laboratorio, serán caracterizadas siguiendo los procedimientos establecidos en las normativas ASTM. Los ensayos estándar de mecánica de suelos a realizar serán los siguientes:

- Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T27.
- Determinación de límites de consistencia ASTM D 4318.
- Gravedad específica de suelos AASHTO T100.
- Determinación de contenido de humedad ASTM D 2216.
- Clasificación de suelos HRB, ASHTO M 145.
- Clasificación de suelos SUCS, ASTM D2487.

Análisis granulométrico

A través del método de cuarteo el cual consiste en mezclar bien el material y dividirlo en 4 partes, se toman 2 porciones diagonales esto con el propósito de homogenizar e igualar la humedad del material y garantizar la efectiva distribución de todos los diámetros de partículas. Posterior a esto se toma parte de la muestra aproximadamente 250 g para pesarlo y obtener peso húmedo + tara, la otra parte del material (aproximadamente 2500 g) es pesada junta con la tara que lo contiene y el resultado es el peso inicial de la muestra humedad.

El material es lavado con abundante agua por un periodo aproximado de 60 minutos y se criba por el tamiz número 200 hasta eliminar lo más fino. Una vez lavado es puesto en la estufa con el objetivo de secar el material y poder pasar al procedimiento de cribado.



Foto 1. Lavado constante de material

Cuando el material está seco se procede a pesarlo y obtener la masa de muestra lavada, una vez obtenido los parámetros se pasa el tamizado el cual se agita hasta lograr que el material atraviese todas las mallas, que van desde la malla 3" hasta la numero 200.

Se pesan las cantidades retenidas en cada tamiz hasta el fondo y se realizan los cálculos correspondientes para determinar los posibles parámetros de graduación, curva granulométrica y clasificación del suelo.

Gravedad específica de los suelos

La gravedad específica de un suelo se toma como el valor promedio para granos del suelo. El valor de la gravedad específica es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, la gravedad específica de cualquier sustancia se define como el peso unitario del material en cuestión dividido por el peso unitario del agua destilada.

El material se cribó por el tamiz número 4, luego se procedió al secado del suelo, se pesó el matraz, luego se colocó el material (60 ± 10) y se pesó despreciando el peso del matraz a esto se le agrego una considerada cantidad de agua y se empezó agitar por 15 minutos con el objetivo de eliminar todos los vacíos en el material.

El recipiente fue llenado de agua y se enrazo con una placa de vidrio para descartar burbujas de aire, luego este se pesó en la balanza, por último se llenó el matraz solamente con agua y

se enraza despreciando burbujas de aire para ser pesado, con estos datos se realizaron los cálculos correspondiente para obtener la gravedad específica con el mínimo error permisible.



Foto 2. Enraze de matraz con placa de vidrio

Debido a que la mayoría de nuestras muestras era arena no tiene plasticidad, por ende no se procedió a realizar límite de consistencia, este solo se realizó a nuestro suelo Holocénico que pertenece a nuestra primera capa.

Límites de consistencia

El primer paso a realizar fue secar parcialmente el material utilizando el calor natural del sol, después se cribó el material a través del tamiz n° 40 y se procedió a la determinación del límite líquido el cual consistió en:

Se tomó una porción de aproximadamente 100 g del material que paso por el tamiz n°40 y se colocó en un recipiente mezclador (pana plástica), se agregó un contenido de humedad arbitrario para poder mezclar y homogenizar el material.

Con la ayuda de la espátula se procedió a tomar del material húmedo y se colocó en la copa de Casagrande ejerciendo una pequeña presión para extender el material en la copa, luego con la misma espátula se enraza el exceso de material hasta dejarlo a una altura máxima de

1 cm. Se dividió el material en 2 porciones con la ayuda de un equipo ranurador. Se ejecutaron los golpes de caída libre de la copa para hacer fluir las dos porciones al rango necesario para cada prueba.

Se tomó una porción del material ensayado en la copa y se procedió a determinar su contenido de humedad, este procedimiento se realiza para los diferentes rangos de humedad. Con los distintos porcentajes de humedad que se obtuvieron se realiza una suma y un promedio de los resultados para obtener el límite líquido.

Para determinar el límite plástico se tomó una porción de aproximadamente 20 g del material que sobro del ensayo de límite líquido y se sometió a un proceso de secado con ayuda de un ventilador y amasado con las manos.

Se estuvo probando el material en una placa de vidrio mediante la fabricación de rollitos con el material hasta alcanzar un diámetro aproximado de 3 mm y garantizar la fracturación natural de estos. Cuando se alcanza esta condición se procede a determinar el contenido de humedad de los rollitos, el cual se reportara como límite plástico.

Los parámetros de determinación de contenido de humedad ASTM, clasificación de suelos ASHTO y clasificación de suelos SUCS, se obtuvieron a partir de los resultados de los análisis granulométricos.

Uso del software GeoStudio

En el presente trabajo se utilizó uno de los programas de computación más conocidos para el análisis de estabilidad de taludes: GeoStudio. La formulación comprensible del GeoStudio permite el análisis de estabilidad usando los siguientes métodos: método ordinario de Fellenius, el método de Bishop simplificado, el método Jambu simplificado, el método de Spencer, el método Morgenstern Price, El programa calcula el factor de seguridad para todas las posibles superficies de falla.

Para lograr un correcto análisis de inestabilidad del talud mediante el uso del programa GeoStudio fue imprescindible poder determinar los parámetros que caracterizan la ladera en estudio como la geometría y los estratos que lo componen.

Es este estudio la configuración geométrica fue analizada mediante la división transversal en 3 partes de la ladera, según los datos del levantamiento geotécnico en el que se consideraron las dimensiones de esta más los parámetros obtenidos en el laboratorio para clasificar el suelo, con estos datos se corrió el programa hasta simular todas las superficies de fallas posibles, se tomaron tres modelaciones por punto con el valor del factor seguridad más crítico, más inestable y más inseguro. Para cada modelación se presenta un ejemplo.

IV. CAPITULO IV

4.1 ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 Análisis geológico

4.1.1.1 Factores condicionantes y desencadenantes de la inestabilidad de la ladera

Geología

La zona de estudio pertenece a la provincia geológica de la depresión de Nicaragua, que está dentro de la Provincia Meridional de América Central, que a su vez gran parte está dentro del Bloque Chortis y una pequeña porción dentro del Bloque Chorotega. El material del área de estudio pertenece al grupo Managua, la secuencia Miraflores- Nejapa.

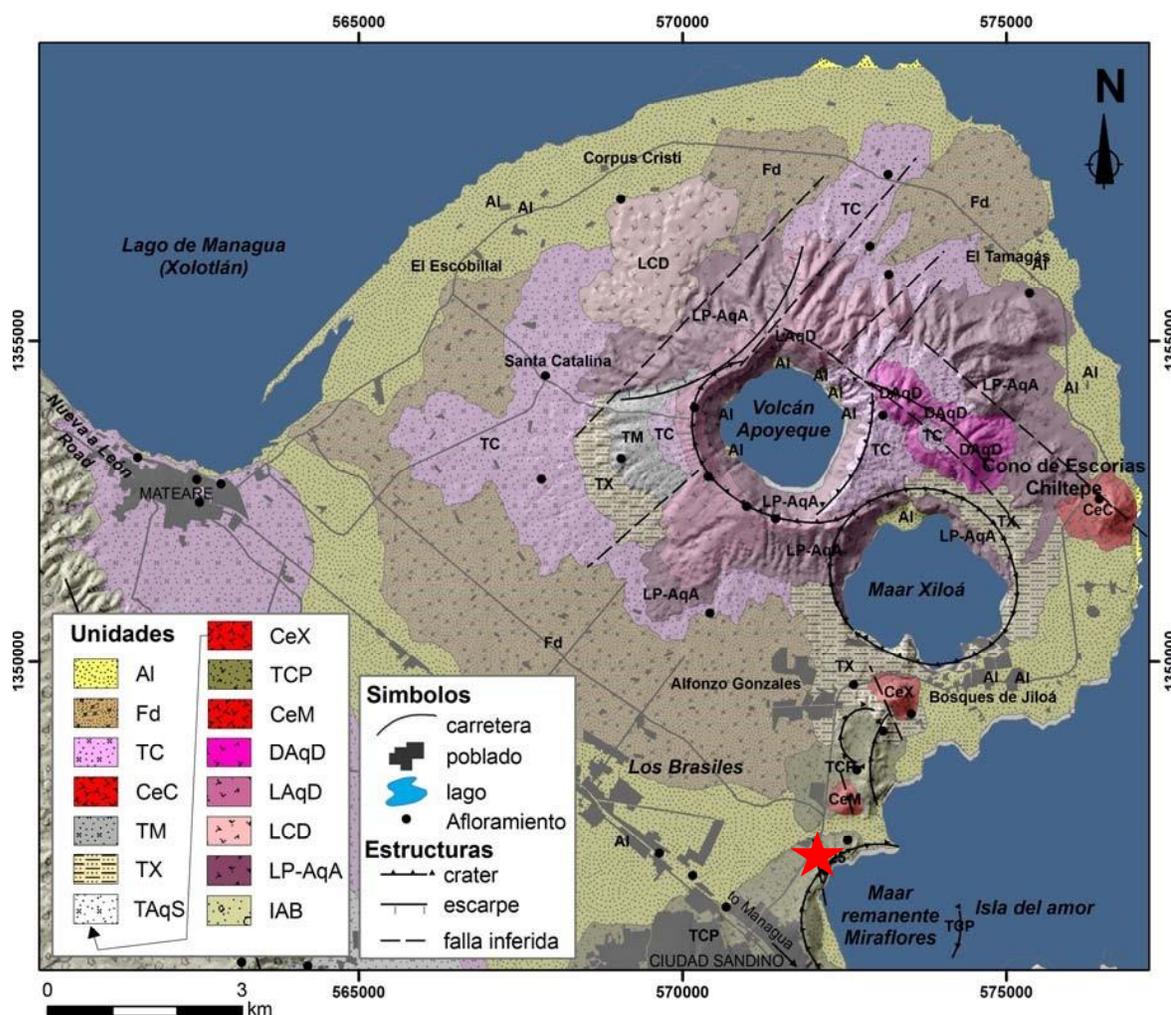


Figura 15. Mapa geológico del Complejo Volcánico Chiltepe. Avellán, D. (2014).

Note el volcán Apoyeque y la distribución de las principales unidades litológicas identificadas. Al sur del volcán el terreno está cubierto por depósitos piroclásticos del Holoceno. Las carreteras e infraestructura están ubicadas encima de estos depósitos. Llave para la litología: IAB, Ignimbritas Andesita Basáltica; LP-AqA, Lavas Pre-Apoyeque Andesítica; LCD, Lava Corpus Dacítica; LAqD, Lava Apoyeque Dacítica; DAqD, Domos Apoyeque Dacíticos; CeM, Cono de escorias Miraflores; TCP, Toba Cuesta El Plomo; CeX, Cono de escorias Xiloá; TAqS, Tefra Apoyeque Superior; TX, Tefra Xiloá; TM, Tefra Mateare; CeC, Cono de escorias Chiltepe; TC, Tefra Chiltepe; Fd, Flujos de detritos; Al, Aluvial. Avellán, D. (2014).



Figura 16. Mapa topográfico del área de estudio. Martínez, M. (2012).

Unidades litológicas del área de estudio

Los productos que conforman esta secuencia provienen de conos cinderíticos, maares, y algunos volcanes extintos, como son: cráter Santa Ana a 2 km SW de Nejapa, cráter explosivo de Asososca, volcán Chiltepe y Motastepe, generalmente están asociados con el lineamiento tectónico- volcánico de Miraflores- Nejapa, extendiéndose desde el volcán Chiltepe en el norte, hasta el sur de la estructura Nejapa.

Estas estructuras han depositado: lapilli, ceniza, con lentes de aglomerados gruesos y flujos de lava basáltica, toleíticos con alto contenido de aluminio, aglomerados y escorias gruesas, toba intercalada y arena- grava. Se presume que la actividad volcánica en este alineamiento comenzó en el pleistoceno.

Miembro ceniza de Motastepe (HPma)

Se trata de varias unidades individuales de tefra de ceniza- lapilli fina de color típico gris claro, con la presencia a veces de bloques erráticos. El depósito generalmente se encuentra un kilómetro este de la caldera de Nejapa. Se cree que proviene probablemente de conductos a lo largo de la caldera de Nejapa.

Formación Chiltepe: Se trata de una secuencia de depósitos volcanoclásticos, que está separada de la subyacente formación Mateare, por una discordancia regional de más de ~ 17 mil años y que está dividida en seis unidades principales.

Tefra de Apoyeque Inferior (LAq): Consiste en un depósito de pómez de caída de color blanco de composición dacítica que se localiza al oeste y noroeste de la Península de Chiltepe.

Tefra de Apoyeque Superior (UAq): Es un depósito de caída de pómez, tamaño lapilli, inversamente clasificado, su edad a través del método C14 es de $12,400 \pm 100$ años.

Tefra de Xiloá (XT): Es un depósito de caída de pómez, vesicular y de color blanco. La edad de este depósito por medio del método de C14 aplicado a troncos de árbol carbonizado es de $6,105 \pm 30$ años.

Tefra Mateare (MaT): Consiste en intercalaciones de pequeñas capas formadas por fragmentos de tamaño lapilli, cuya composición varía de dacítica en la base a andesítica en la parte superior.

Tefra Los Cedros (CdT): Es un depósito de pómez de caída recientemente identificado de 15 cm de espesor que se localiza entre Mateare y el occidente de Managua. La composición global de este depósito es dacítica.

Tefra Chiltepe (CT): Está compuesta por pómez de caída de composición dacítica, que fueron producto de la erupción más joven y violenta del complejo volcánico Chiltepe.

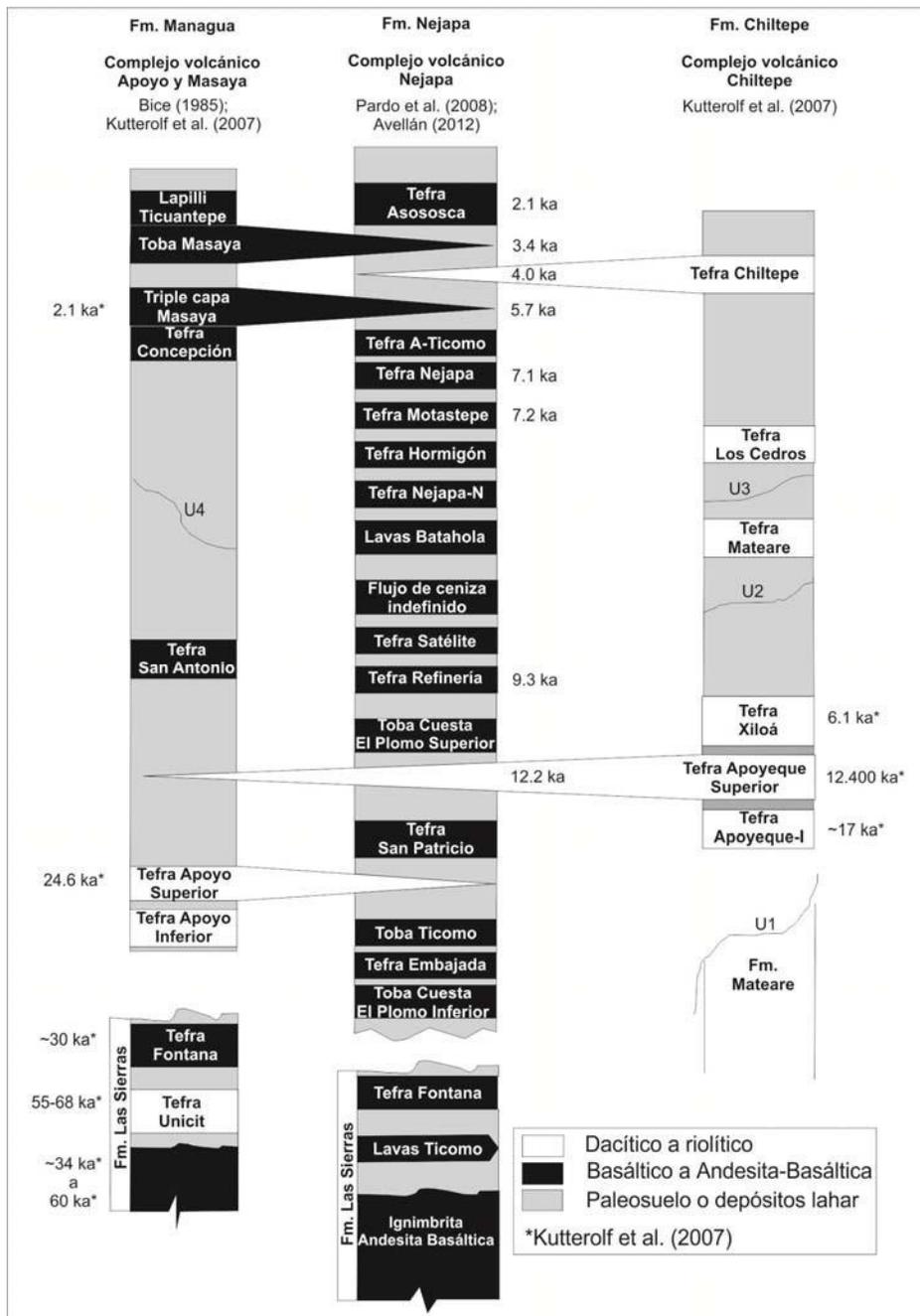


Figura 17. Correlación estratigráfica de la sucesión de tefra en el Graben de Managua producida por los complejos volcánicos Apoyo, Masaya, Nejapa y Chiltepe. Avellán, D. (2014).

Bloque Tectónico Mateare

Este bloque constituye el límite oeste del Graben de Managua, se encuentra basculado hacia el oeste. El extremo oeste del bloque está delimitado por la Falla Mateare. Litológicamente está constituido por ignimbritas pertenecientes a la Formación Las Sierras de edad Terciaria, las cuales se encuentran recubiertas por depósitos piroclásticos de caída, pertenecientes a la Formación Managua de edad Cuaternaria, intercalados por suelos fósiles. Espinoza. F., (2007),

Falla Mateare

Esta falla no ha sido estudiada a detalle, sin embargo autores como Martínez. W. (1994) y Cowan. H, et al (2000), la definen como un segmento de falla de alrededor de 52 km de longitud. En esta investigación se pudo constatar que esta falla consiste en una estructura lineal localizada al oeste, del mapa estructural del Graben de Managua, la cual atraviesa toda Las Sierras de Mateare, lugar de donde toma su nombre.

Mediante la interpretación de fotografías aéreas y datos observados en el campo se determinó que la Falla Mateare está constituida por una serie de pequeñas fallas discontinuas que poseen geometría en échelon derecho, la longitud de estos segmentos varía de 1 a 3.5 km; afectando rocas ignimbriticas que pertenecen a la Formación Las Sierras, de edad Terciaria y depósitos piroclásticos de caída, pertenecientes a las Formaciones Managua y Chiltepe ambas de edad Cuaternaria, que constituyen la litología del bloque Mateare; el extremo norte de esta falla posee terminación bifurcada o cola de caballo.

Bloque Tectónico Nejapa

Este bloque se encuentra limitado al oeste por la Falla Mateare, descrita anteriormente; al este por la Falla Nejapa y al sur por la Falla Las Nubes, esta última será descrita dentro del bloque tectónico Managua. En base a la diferencia de alturas se observa que el bloque Nejapa se encuentra basculado hacia el este. Espinoza. F. (2007), define a este bloque con una longitud de 27 km y un ancho de 6 km al sur y 10 km al norte.

Según Espinoza. F. (2007) y en base al levantamiento y análisis de campo realizado en esta investigación, se puede afirmar que la característica más importante que posee este bloque, es que en él alberga 25 estructuras volcánicas monogenética (domos, conos de escoria, anillos de toba y maares) y un volcán compuesto (Apoyeque), alineados todos en dirección NS; también dentro de él se encuentra la Fractura Wheelock. Litológicamente el basamento de este bloque está constituido por ignimbritas de la formación Las Sierras de edad Terciaria, las cuales están recubiertas por depósitos piroclásticos de caída de la Formación Managua de edad Cuaternaria.

Falla Nejapa

McBirney (1955), fue el primero en denominarla con el nombre de falla Nejapa, posteriormente otros autores la han denominado de diferentes maneras por ejemplo; Frischbutter, A., (2002), se refiere a ella como el lineamiento Nejapa-Miraflores y Girard, G., and van Wyk de Vries, (2005), la denominan como Falla Nejapa-Miraflores.

El estudio más completo realizado en esta falla es el de Espinoza. F., (2007), quien caracterizó su cinemática y geometría, definiendo que esta falla posee una geometría en échelon derecho con zonas de relevo de 0.8 km en la parte sur y 0.9 km en la parte norte; un ángulo de apertura de aproximadamente 20°, con su ápice en la parte sur y la mayor apertura en la parte norte; también define que se encuentra conformada por tres segmentos: norte, central y sur, cada uno de estos generados bajo régimen de esfuerzos diferentes.

Las rocas que afecta esta falla son ignimbritas de la Formación Las Sierras, de edad Terciaria y depósitos piroclásticos de caída pertenecientes a la Formación Managua y Formación Chiltepe ambas de edad Cuaternaria.

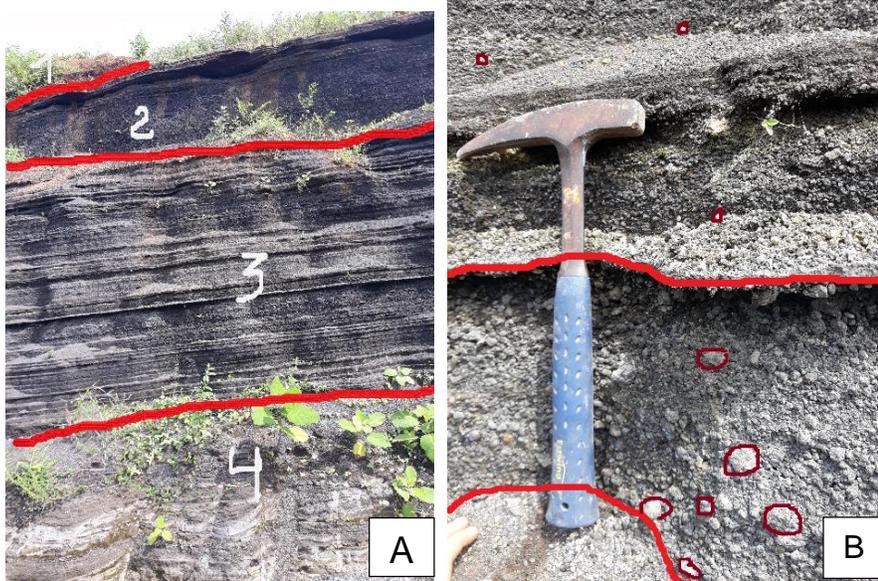


Foto 3. A) Descripción litológica: 1. Suelo Holocénico: suelo reciente de color café de granos gruesos.

2. Escoria volcánica: escoria color gris oscuro, con alteraciones de color blanco debido a una mínima porción de pumita o ceniza, presentaba clastos angulosos con gradación mixta, debido a presencia de clastos de diferentes tamaños en la parte superior e inferior en la capa.

3. Flujo piroclástico de lapilli gris.

4. Flujo piroclástico de lapilli inferior solidificada debido a la temporada de lluvia.

B) Flujo piroclástico de lapilli de color gris con gradación normal, los clastos grandes en la parte inferior y los clastos pequeños en la parte superior, los clastos semi-redondeados.

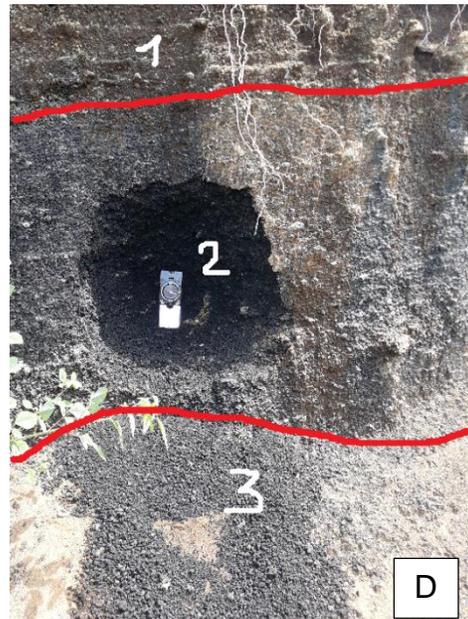


Foto 4. C) Flujo piroclástico de lapilli solidificado, debido a la temporada de lluvia, posee colores de gris oscuro a gris claro, esto debido a la humedad contenida en cada uno, posee clastos angulosos en la parte superior.

D) Aquí se encuentran tres contactos, el número 1 representa nuestro suelo reciente, el número 2 representa nuestra escoria volcánica gris oscura, y en la parte inferior tenemos la arena gris claro.

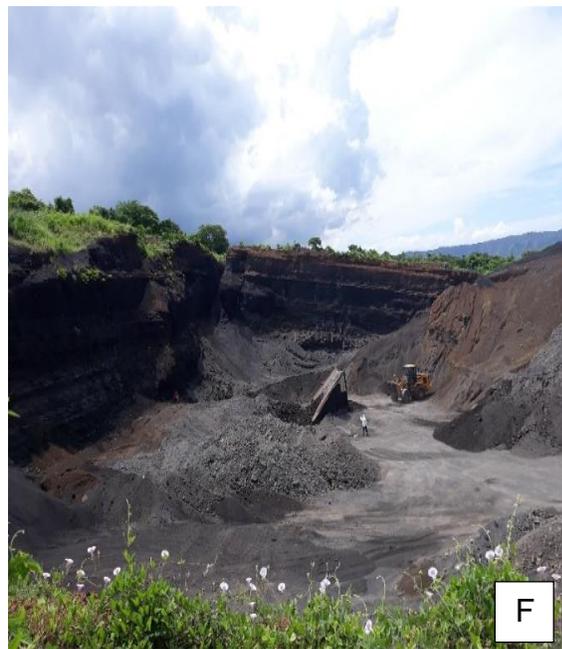


Foto 7. E) En esta imagen se representan un contacto donde la parte superior representada por el número 1 es nuestro suelo Holocénico o suelo reciente de color café y la parte inferior representada por el número 2 es la escoria volcánica de color gris oscuro.

F) Esta es la única mina a la cual tuvimos acceso y permiso para muestrear, tomar fotografía, y estudiar. Esta mina está en la parte NW del volcán monogenético. Ya que todo nuestro volcán extinto está siendo explotado actualmente en toda la parte inferior de ambos flancos. La fotografía fue tomada desde donde tomamos nuestras muestras.



Foto 9. G) Esta es la siguiente mina en la cual no tuvimos acceso, ni el permiso, pero alcanzamos a tomar una fotografía, siempre la litología es igual, ya que existen 4 minas de diferentes dueños, pero mismas características ya que es el mismo volcán ya extinto.

H) Esta imagen es en la parte norte inferior del volcán monogenético, donde se puede apreciar la secuencia litológica, y su cercanía al lago de Managua.



Foto 10. I) Vista desde el colegio al lago y en la parte inferior lugar donde se explota la arena (Marenco H. 2018).

J) Equipos de explotación activa (Marenco H. 2018).

K) Vista desde el cerro Bella Vista, área del colegio al cerro San Carlos, otra área de explotación (Marenco H. 2018).

Características que demuestran que es un volcán monogenético

Es importante conocer las características principales que poseen estos volcanes, para conocer estos parámetros:

- Principal característica es la extinción de este, es decir no habrá más actividad volcánica.
- Se encuentra en secuencia o lineamiento, es decir varios de ellos; y tenemos, Bella hermosa (sitio de estudio), cerro San Carlos, cerro los Martínez, cerro Motastepe, cerro Talpetate, entre otros.
- Composición de origen volcánica, debido a violenta erupción: la composición de Bella Vista es: arena, escoria, toba, pumita, lapilli, cenizas, flujos de lava basáltica.
- Bella Vista es parte del lineamiento tectónico- volcánico de Miraflores- Nejapa.
- Son formados a partir de inmensas y violentas erupciones, que su magma emigra a las partes más débil de la corteza, sobre fracturas, dejando así el lineamiento de edificios volcánicos.

4.1.1.4. Clima

El régimen de precipitación lluviosa es estacional, la cual se inicia, como en la mayor parte del territorio nacional, en mayo y concluye a finales de octubre. Ciudad Sandino se ve afectado climáticamente por el fenómeno meteorológico llamado "canícula o veranillo", el cual se registra entre julio y agosto de cada año.

La temperatura mínima media corresponde al mes de diciembre con valores que oscilan entre los 24.7 y 25.3 grados. Cuando se inicia el mes de enero, la temperatura vuelve a elevarse.

Es necesario recordar que al estar ubicado en la zona del graben, se ve mayor afectado por las precipitaciones, ya que provocan inundaciones, y estas son un factor que aumenta la inestabilidad en la ladera, tomando en cuenta su composición.

4.1.1.5 Hidrografía

El drenaje superficial de las cuencas hidrográficas de Ciudad Sandino forma parte de la cuenca sur de Managua y corresponde a La Cuenca No. 69, la cual viene de la parte más alta de La Cordillera y da origen a dos torrentes efímeros, que juntan para formar el Cauce de Miraflores.

Las corrientes de estos cauces va desde los Filones de El Crucero gran velocidad a la planicie, do provocan inundaciones y erosión de desechos de todo tipo, incluyendo sedimentos, árboles arrancados, piedras, arena y arrastrada desde los Filones mencionados.

De acuerdo con Catastro del Instituto de Estudios Territoriales (INETER), los 45 kilómetros cuadrados de Ciudad Sandino tienen uno de los mantos acuíferos más portentosos de Managua, alojados entre las llamadas cuencas subterráneas de Chiltepe y Los Brasiles. Afirma Catastro que este manto subterráneo de agua está bajo todo el territorio de Ciudad Sandino.

Señala que actúan como esponja acumuladora de agua los Filones de El Crucero, La Península de Chiltepe y todos los Cerros y colinas mencionadas. La cuenca superficial para la acumulación subterránea de este acuífero es de 160 kilómetros cuadrados, según Catastro, porque se trata de que la cuenca acumulativa viene desde el sur de Managua, del lado de Mateare, de toda Chiltepe, del lado del Motastepe y parte del Municipio de Managua.

Este acuífero tiene una disponibilidad de 30 MMC. La profundidad varía entre los 20 y los 30 metros y la transmisibilidad entre los 20,000 gpd/ft y los 127,000 gpd/ft. El rendimiento del agua está siendo explotada en un 90% del volumen estimado actualmente. Sin embargo, a estas aguas se les han detectado presencia de boro, cloro y sulfatos, debido a lo cual no se usa en gran escala para riego. Para riego agrícola se han perforado 100 pozos manualmente, de los cuales se extraen 28 MMC al año.

4.1.2 Análisis geotécnico

4.1.2.1 Análisis físico- mecánico del suelo

El análisis geotécnico se llevó a cabo a partir de la realización de las pruebas físico-mecánicas de las muestras recolectadas en campo en el laboratorio de mecánica de suelos del recinto RURMA. (Recinto Universitario Ricardo Morales Avilés).

La ladera se caracteriza por estar compuesta en su totalidad de arena, escoria y toba, la cual la primera se encuentra en paredes o bancos de arena, la segunda mencionada se encuentra poco meteorizada y la toba se encuentra masiva y meteorizada.

Las muestras se identificaron como: suelo 1, suelo 2, y suelo 3.

Análisis granulométrico

El análisis granulométrico consiste separar las partículas de un suelo en sus diferentes tamaños Se lleva a cabo utilizando tamices en orden decreciente. La cantidad de suelo retenido indica el tamaño de la muestra, se toman los pesos de cada muestra y a partir de esto se realizan diferentes cálculos que al final nos determina el tipo de suelo.

Una vez realizados los cálculos se obtuvo, conforme el Sistema Unificado De Clasificación De Suelos SUCS la muestra suelo 1 corresponde a una arena limosa (SM), por otra parte en la clasificación AASHTO se determinó que el suelo se encuentra en el grupo (A-2-4) (0) Correspondiente al material compuesto por arena limosa.

La muestra suelo 2 conforme al Sistema Unificado De Clasificación De Suelos SUCS corresponde a una arena mal graduada SP, encontrándose un coeficiente de uniformidad de 3.92 y coeficiente de curvatura de 1.36, la clasificación AASHTO determina que el suelo se encuentra en el sub grupo (A-1-a) (1) correspondiendo a material compuesto arena mal graduada SP.

La muestra suelo 3 conforma al sistema unificado de clasificación de suelos SUCS, corresponde a arena mal graduada SP, con un coeficiente de uniformidad de 4.24 y el

coeficiente de curvatura de 1.00, la clasificación AASHTO determina que el suelo se encuentra en el grupo (A-1-b) (1) correspondiendo a material compuesto de arena mal graduada SP.

Prueba de gravedad específica

La gravedad específica de un suelo se toma como el valor promedio para granos del suelo. El valor de la gravedad específica es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, la gravedad específica de cualquier sustancia se define como el peso unitario del material en cuestión dividido por el peso unitario del agua destilada

La gravedad específica fue calculada por medio de la ecuación:

$$\text{Gravedad específica} = \text{Masa de muestra seca} / \text{Volumen}$$

El resultado obtenido para la muestra suelo 1 fue 2.252, para la muestra suelo 2 fue 2.269 y para la muestra de suelo 3 fue 2.466.

Pruebas de límite de plasticidad

Para la determinación del índice de plasticidad se realiza una operación aritmética, la que incluye restar el límite plástico del límite líquido. Realizado los procedimientos se obtuvo que el material de la muestra suelo 1 fue de 10. El material de las muestras suelo 2 y suelo 3, los resultados que se obtuvieron de las dos muestras analizadas indicaron que ambas muestras se encuentran dentro del mismo rango de clasificación por la clasificación SUSC en la clasificación AASHTO si varia, pero ambas muestras no poseen plasticidad, es decir es de 0.

Resultados de pruebas de laboratorio para las tres muestras analizadas.

Muestra	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3
Identificación de campo	Suelo Holocénico	Escoria	arena
Procedencia	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua		
Humedad In-situ (%)	25.16	14.03	10.61
Limite liquido (LI)	38	NP	NP
Limite plástico (Lp)	28	NP	NP
Índice de plasticidad (Ip)	10	NP	NP
Tamaño máximo (mm)	19	19	19
Tamaño máximo nominal (mm)	4.75	4.75	4.75
Porcentaje que pasa <0.075 (mm)	22	1	1
Cu	-----	3.92	4.24
Cc	-----	1.36	1.00
Clasificación SUCS	Arena arcillosa (SM)	Arena mal graduada (SP)	Arena mal graduada (SP)
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	A-1-a (1)	A-1-b (1)
Gbs	2.52	2.269	2.466

Tabla 4. Propiedades geotécnicas, obtenidas del laboratorio, RURMA.

4.1.2.2 Análisis de inestabilidad mediante el Software GeoStudio.

El análisis de inestabilidad se basó en determinar el factor de seguridad que posee la ladera el cual es empleado en la práctica para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle a las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña.

En el presente trabajo utilizamos uno de los programas de computación más conocidos para el análisis de estabilidad de taludes: GeoStudio. Para lograr un correcto análisis mediante el uso de la interface SLOPE/W. Es necesario recordar que en toda la parte inferior de nuestro volcán extinto se encuentran aproximadamente cuatro minas de arena, nosotras solo tuvimos acceso y permiso a una, la cual fue donde realizamos muestreo, fotografías, observaciones litológicas de la región, pero toda la litología es igual en todos los sectores de las otras minas, compuesta de suelo Holocénico, escoria y arena, en su mayor parte arena.

Para ejecutar el programa se identificaron los parámetros de resistencia del suelo a partir del criterio de falla Mohr – Coulomb los cuales se determinaron en base a la clasificación granulométrica realizada en laboratorio que indico que se trata de Arena con limo (SM) En base a esto se utilizó la biblioteca de suelos de programa GEO5 la cual da una aproximación de las propiedades del suelo en base a la clasificación SUSC.

Propiedades geotécnicas de cada muestra

Material	Cohesión C'(KN/m2)	Angulo de fricción Φ(°)	Peso específico γ (KN/m3)
Suelo 1 (SM)	0	28	18.0
Suelo 2 (SP)	0	34	18.5
Suelo 3 (SP)	0	34	18.5

Tabla 5. Obtenida de los ensayos realizados en RURMA.

También se consideran las cargas a las que está sometida la ladera, estas son dinámicas y estáticas, las primeras son los sismos que puedan presentarse y las segundas son el peso de las casas y el del tanque de abastecimiento de la población.

Con toda la información antes mencionada se procedió a correr el programa y obtener los modelos del talud se utilizó el método de Bishop el que se caracteriza por ser de los más utilizados para estos cálculos, es un método fácil de desarrollar considera suelos homogéneos y superficies de falla circulares.

El análisis se basó en el modelamiento de las secciones que de la ladera, para cada sección geométrica se obtuvo el rango de factores de seguridad. El factor más crítico será aquel que con el menor valor arrojado por el programa en el momento del modelamiento, el factor más inestable será por convención inmediatamente el menor que 1 puesto que desde un punto de vista matemático 1 representa estabilidad mas no seguridad y por último el factor más inseguro será inmediatamente el menor que 1.5 puesto que por convención se establece que 1.5 es un factor aceptable para la mayoría de las obras civiles según la matrices de planeamientos internacionales, es por ello que la masa que presente un F.S menor a 1.5 debe ser considerada como amenaza.

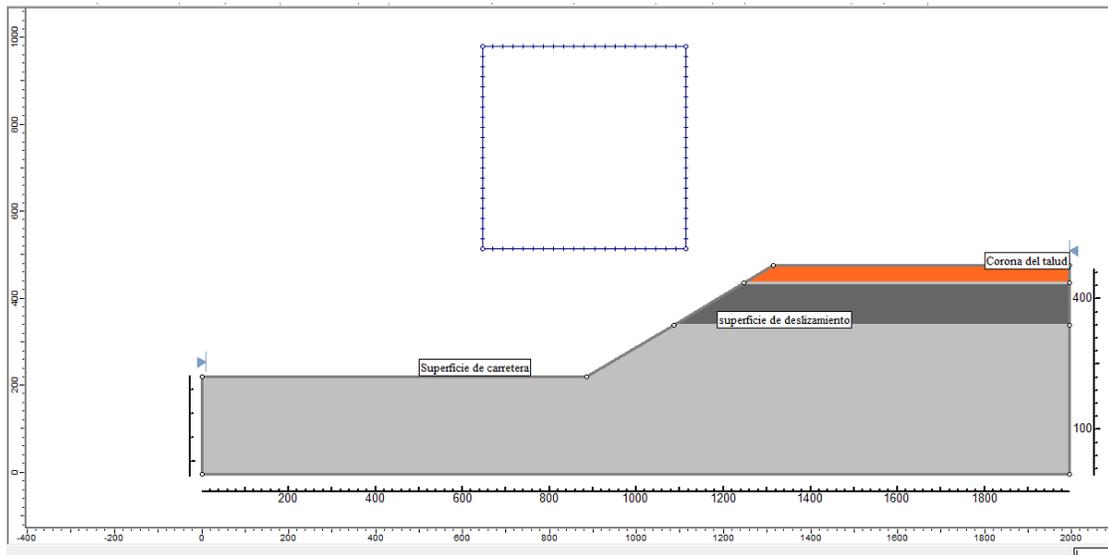


Figura 17. Perfil de ladera no modelado (software Slide).

Modelación.

Para realizar la modelación se consideró la configuración geométrica en este punto de la ladera, específicamente la altura del talud que corresponde a 480 metros y nuestra base de talud que equivale a 2 km, es decir 2000 metros.

Tomando en cuenta las cargas del talud, carga dinámicas se refiere a las que está expuesta ante un sismo y carga estática, las cuales son la presencia de dos tanques de almacenamiento para el abastecimiento de la población.

Método de Fellenius

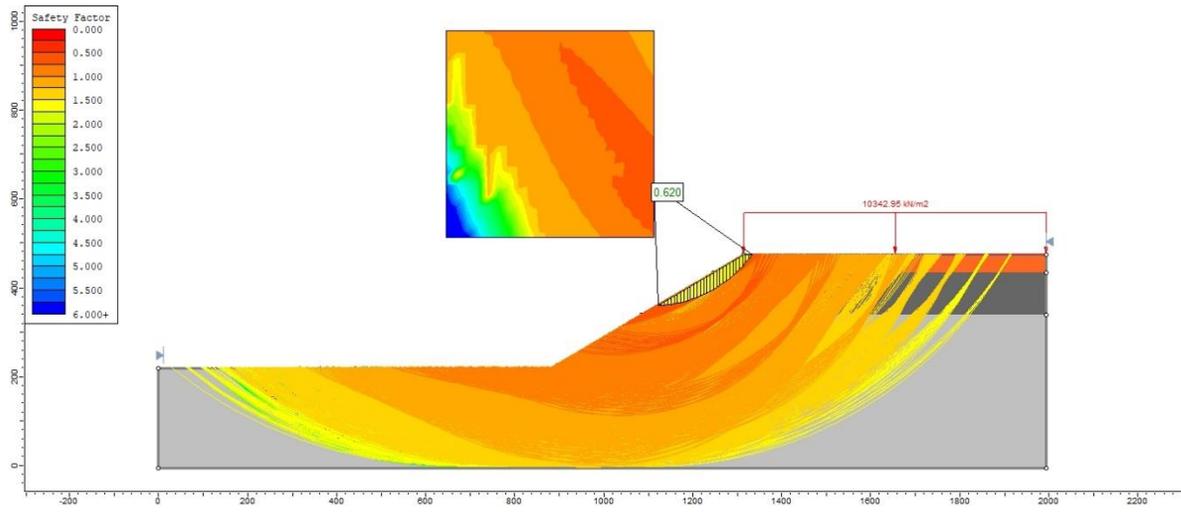


Figura 18. Al interpretar nuestro talud con el método de Fellenius tenemos un factor de seguridad de 0.620, es decir inestable y por lo tanto inseguro. Nuestra leyenda nos da de manera descendente su seguridad, de rojo- azul, es decir las partes de color rojo son las más críticas.

Método de Bishop modificado

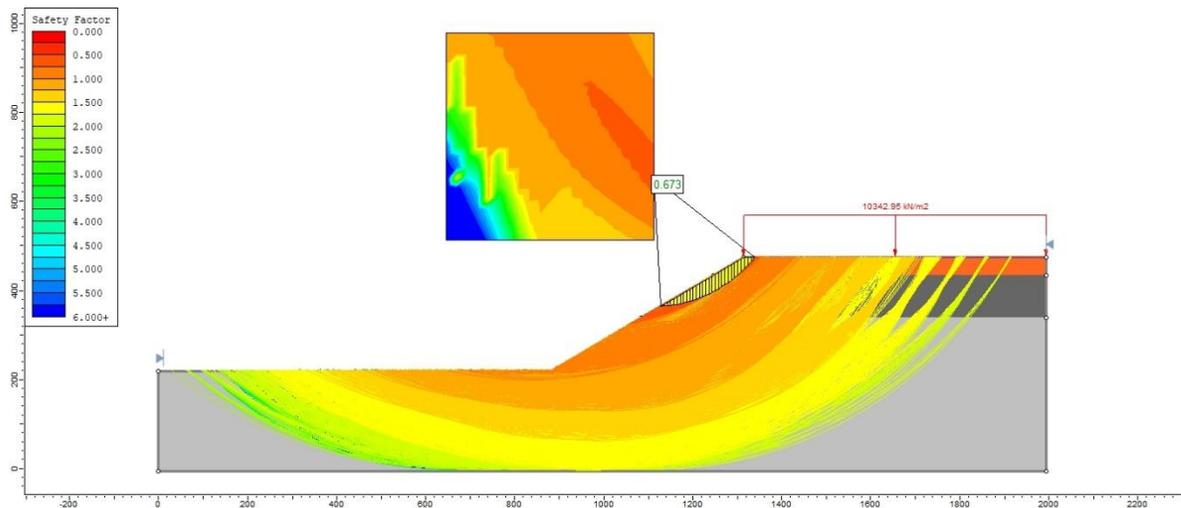


Figura 19. Al interpretar nuestra ladera con el método de Bishop modificado, nos da un factor de seguridad de 0.673 lo cual nos dice que es sumamente inestable e inseguro, las partes rojo nos muestran las situaciones más críticas, y las azules las estables, es decir de manera descendente.

Método de Jambu simplificado

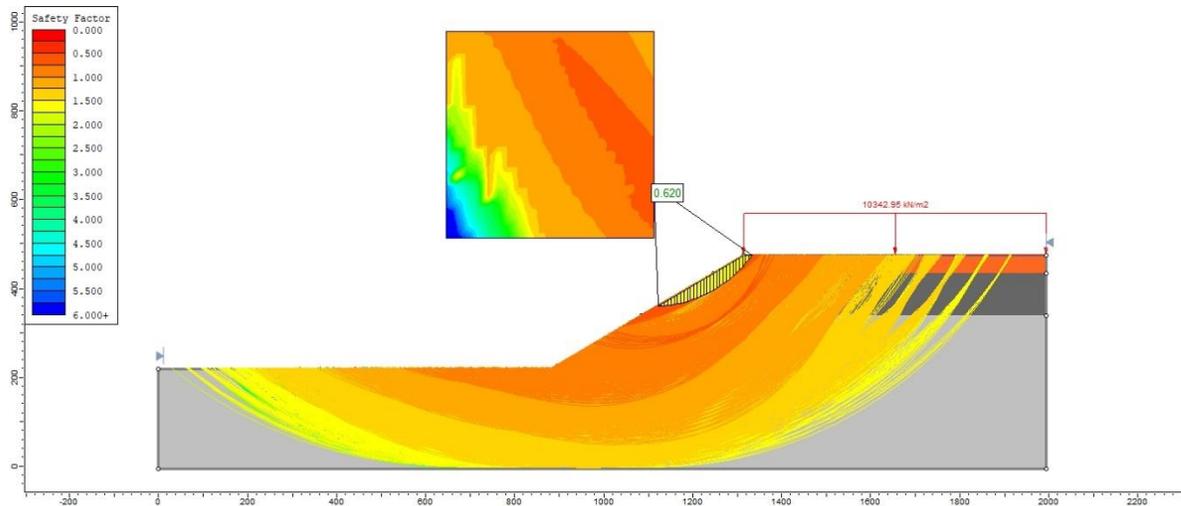


Figura 20. La interpretación con este método nos da un factor de seguridad de 0.620, el cual quiere decir inestable e inseguro, en la leyenda los colores de rojo- azul, nos indica de la situación más crítica a la más estable.

Morgenstern- Price

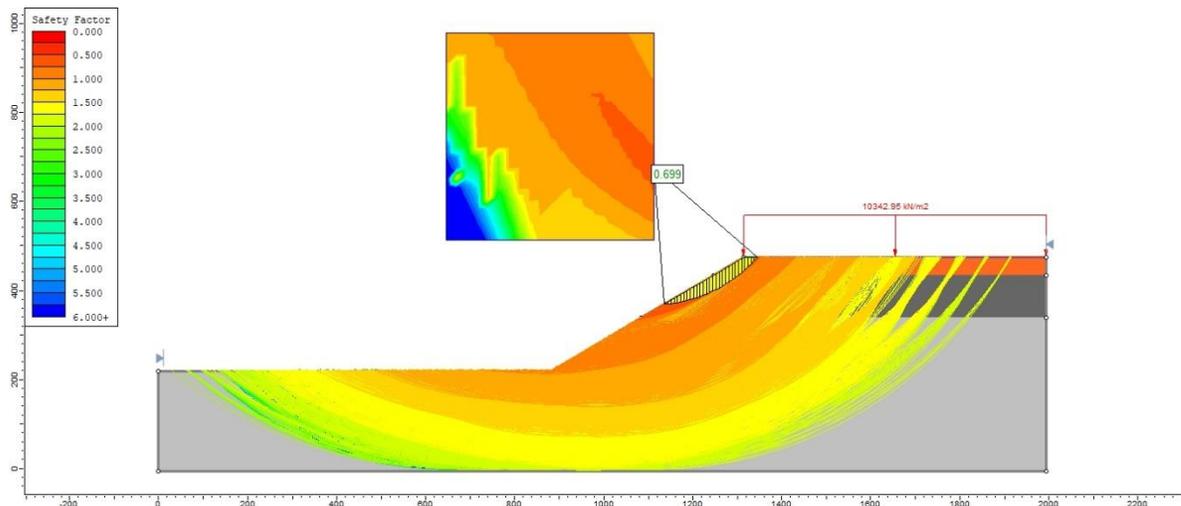


Figura 21. En la interpretación del método de Morgenster nos da un factor de seguridad de 0.699, al igual que los anteriores muy inestable e inseguro, en la leyenda presenta de manera descendente de lo más crítico a lo más seguro, de rojo- azul.

Método de Spencer

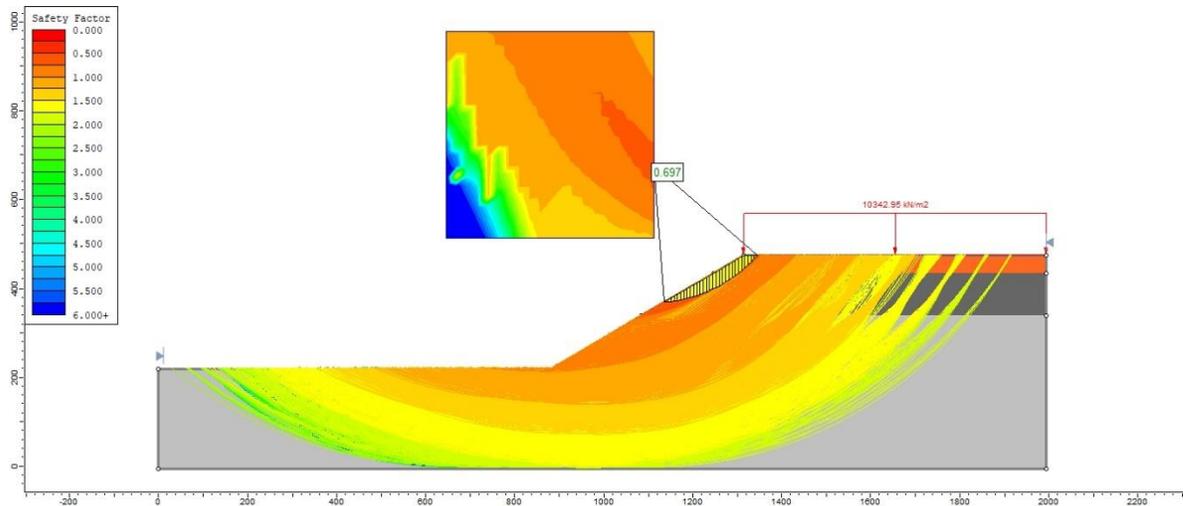


Figura 22. Nuestro factor de seguridad es de 0.697 con el método de Spencer, la mayor concentración esta de color naranja que en este el factor es de 1 pero siempre inestable e inseguro, la tabla va de manera ascendente de lo as crítico a lo menos riesgoso, rojo- azul.

Todos los métodos

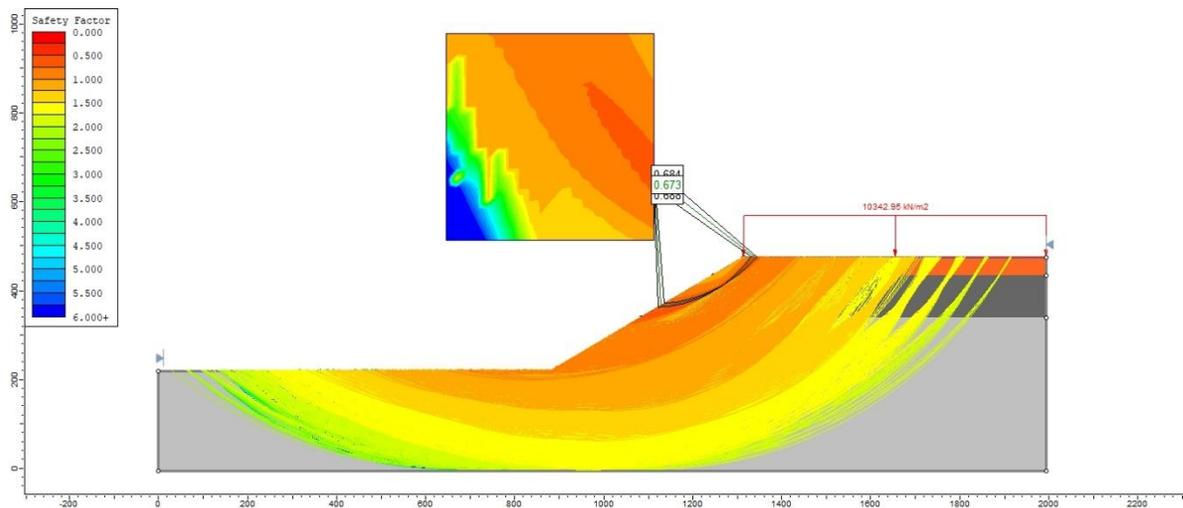


Figura 23. Es esta última interpretación se evalúan los 5 métodos utilizados en uno solo, donde se puede apreciar el factor de seguridad de cada uno de ellos, siempre la leyenda de manera descendente de rojo- azul, quiere decir de lo más crítico hasta lo estable.

4.1.2.3 Medidas de mitigación para la población

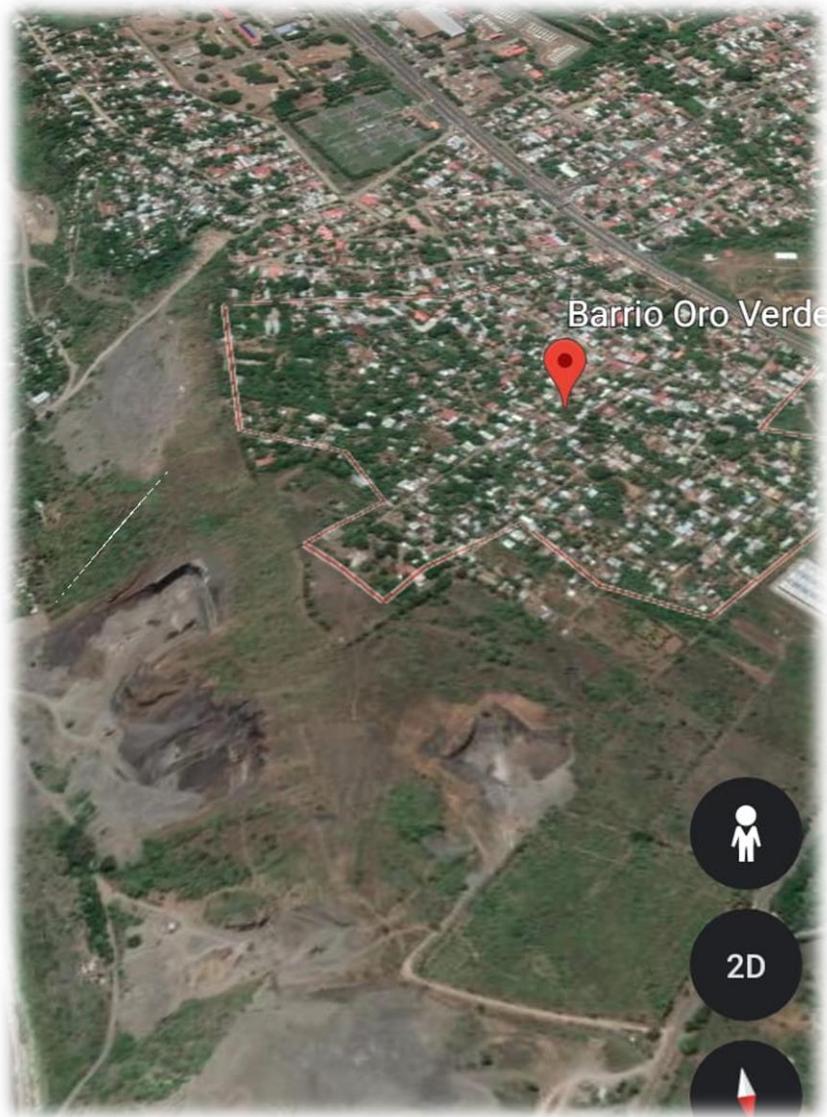


Figura 24. Barrio Oro Verde 3D, google earth.

Primeramente enfatizar la preservación del bello mirador en la parte superior de nuestro volcán monogenético, es decir en la corona de nuestro talud, este lugar se puede preservar para el interés turístico al barrio, tiene una bella vista tal y como lo dice su nombre, se aprecia la belleza de nuestro lago Xolotlán, lago de Managua y la vista hacia la isla del amor, se

puede invertir en la imagen del lugar para un mejor aprovechamiento turístico a esta belleza natural.

Se realizó entrevista al director del colegio sendero de luz, uno de los que se ve afectado debido a la arena que causa desaseo y daños perjudiciales a los niños que asisten a este centro.

Las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Cuál sería su recomendación para solución a esta problemática?

El cierre total a las minas de arena, o por lo menos a las que afectan más a la población y las causantes de mayor riesgo.

- ¿Qué es lo que usted ha hecho para dar una solución, como poblador del barrio?

En el 2017 se mandó cartas a las diferentes instituciones del medio ambiente, MARENA, SINAPRED, MEM y otras las cuales no daban una respuesta o una solución y se hizo carta a la vicepresidenta de la república para solicitar ayuda.-

- ¿Dieron resultado sus esfuerzos a resolver la problemática de esta situación?

Supuestamente acabaron la explotación en el flanco inferior de la norte, debajo del colegio, pero siempre siguen explotando, solo que se ha visto menos afectada con la arena, pero igual el peligro sigue para todos los habitantes.

V. CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

La metodología que se empleó para este estudio brindó pasos necesarios que facilitaron la obtención de datos y la interpretación de resultados por tanto concluimos en lo siguiente:

1. El análisis granulométrico dio como resultado que el primer estrato es arena con limo (suelo Holocénico), le subyace la escoria que esta dió como resultado arena mal graduada que pertenecía a la escoria y por último la arena que dió como resultado igual a la anterior arena mal graduada. Todo esto según la clasificación granulométrica SUCS.
2. Según los resultados geotécnicos obtenidos en los laboratorios, se procedió a correr el programa con las propiedades físicas- mecánicas de las muestras, para obtener el factor de seguridad, el cual estaba en un rango de 0.620- 0.699, por lo que se puede concluir que la ladera está propensa a un deslizamiento sumándole siempre la continua actividad de explotación a los bancos de arena.
3. Según los factores condicionantes y desencadenantes aumenta el riesgo de la ladera, por ende es necesario dar un buen manejo a los que son de origen antropogénico.
4. Recalcar la necesaria preservación del bello mirador en la parte superior norte, con vista a nuestro bello lago Xolotlán, para promover el turismo en esta zona, y generar ingresos.

5.2 RECOMENDACIONES A LA ALCALDÍA

- Uso correcto del suelo, no realizar actividades de proyectos de infraestructura en las zonas más propensas a este riesgo.
- Explotación adecuada de la arena y solo en zonas en donde no existe población que se pueda ver afectada.
- Preservación del mirador, Bella Vista, para mayor atracción turística, que genere mayores ingresos económicos.
- Cancelación de permiso de las minas, ya que toda la población se vería afectada.
- Evacuación de la población de este volcán monogenético, debido al tiempo para realizarse un deslizamiento, ya que recordemos este factor disminuye, a menudo que sigue activa la explotación de minas, por ende aumentan la inestabilidad de la ladera.
- Alertar a los pobladores del riesgo al que están propensos, para evitar tragedia.
- Se recomienda a la verificación y evaluación de las autoridades correspondiente de cada una de las minas que se encuentran activas.
- Campañas de sensibilización a los pobladores para que hagan conciencia del riesgo en el que se encuentran y evitar por mayores
- Considerar la intensidad y duraciones de lluvia concentradas en la parte superior del talud.
- Animar a la alcaldía a la preservación, limpieza y mejor mantenimiento al mirador, para mayor atracción turística.

5.3 BIBLIOGRAFIA

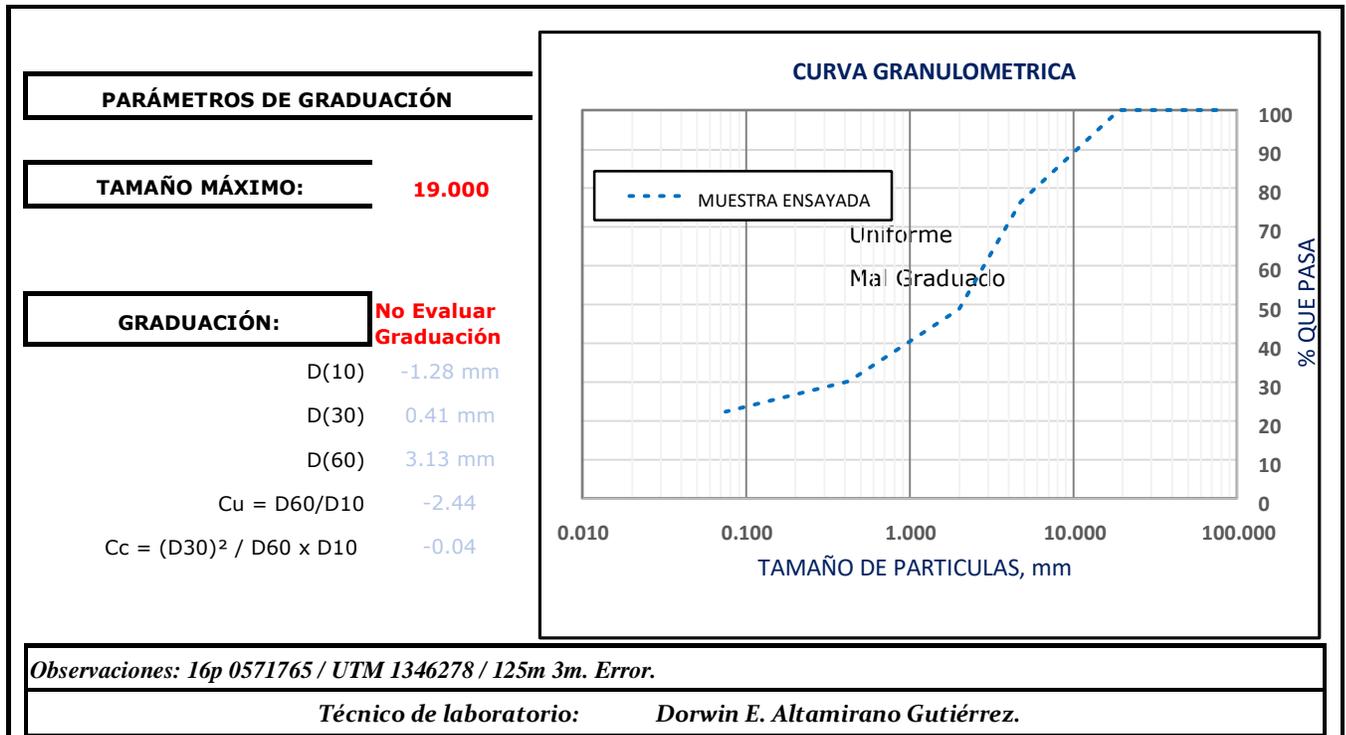
- Avellán D, & Velásquez, G. (2013). Stratigraphy, chemistry, and eruptive dynamics of the 12.4 ka plinian eruption of Apoyeque volcano, Managua, Nicaragua.
- Avellán, D. (2014). Reconstrucción de la erupción pliniana que dio origen a la tefra Apoyeque superior, volcán Apoyeque Managua, Nicaragua en condiciones pre-eruptivas.
- Avellán, D. (2009). Tefroestratigrafía de la parte occidental de Managua, Nicaragua: Evolución de las estructuras volcánicas de Ticomo, Nejapa y Asososca.
- Alcántara Ayala, I. (2000). Índice de susceptibilidad a movimientos del terreno y su aplicación en una región semiárida. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 66-75.
- Ayala Carcedo, F, & Andreu, F. (1987). Manual de Taludes. Serie Geotecnia. Madrid.
- Copons Llorens, R., & Tallada, A. (2009). Movimientos de Ladera "LandsLides". *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 284-294.
- Corominas, J., & Yagüe, A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. Actas del IV Simposio nacional sobre taludes y laderas inestables.
- Dengo, A. (1983). Mid America: Tectonic Settings For The Pacific Margin From Southern México to Northwestern Colombia. City Guatemala. Centro de Estudios Geológicos de América Central. Guatemala.
- Espinoza, F. (2007). Neotectónica de la Falla Nejapa, porción Oeste del Graben de Managua Nicaragua. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 2007.
- Ehrenborg, J. (1996). A new stratigraphy for the Tertiary Volcanic rocks of the Nicaraguan.
- Freundt, A. & Kutterolf, S. & Wehrmann, H. & Schmincke, H. & Strauch, W. (2005). Eruption of the dacite to andesite zone Mateare tephra, and associated tsunamis in lake Managua, Nicaragua.

- Gutiérrez Herrera, J., & Vélez Villamizar, m. (2016). Análisis probabilístico y de sensibilidad en la estabilidad de taludes utilizando la aplicación slope/w. ocaña, Colombia.
- González, S. (2005). Plan maestro de desarrollo urbano.
- Hodgson, G. (2002). Geología general de Nicaragua *"Introducción al léxico geológico de Nicaragua"*. Managua.
- Hodgson, G. (2002). Geología Histórica de Nicaragua. Managua.
- Juárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*.
- Kutterolf, S. & Freundt, A. & Burkert, C. (2009). Eruptive history and magmatic evolution of the 1.9 kyr plinian dacitic Chiltepe tephra from Apoyeque volcano in west central Nicaragua.
- Marshall, J. (1876). *La geomorfología y las provincias fisiográficas de Centroamérica*.
- McBirney, A. (1965). Volcanic History of Nicaragua. Bekeley and Los Angeles.
- Martínez, M. (2012). Analisis morfoestructural del Graben de Managua y sus alrededores.
- UNISDR. (2013). Informe Nacional sobre Gestión Integral del Riesgo de Desastres, Nicaragua 2013. Managua.
- Vélez, M., & Gutiérrez, J. (2016). Análisis probabilístico y de sensibilidad en la estabilidad de taludes utilizando la aplicación slope/w. Colombia.

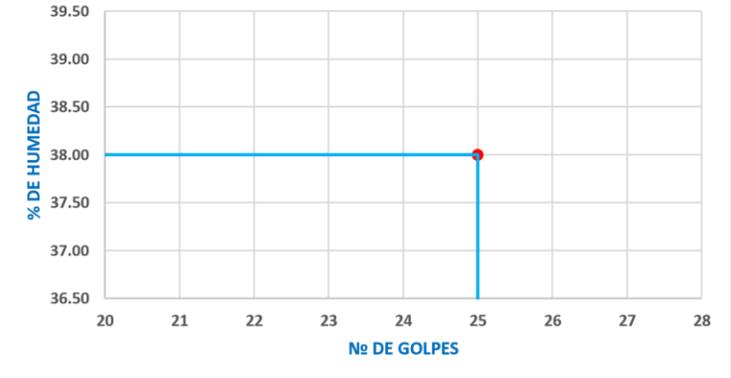
ANEXOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA							
UNAN - MANAGUA							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							
CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA		AÑO: V		PROPOSITO:	MONOGRAFIA	
ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO D E AGREGADOS FINOS Y GRUESOS						
NORMA:	AASHTO T 27			CÓDIGO:	Nº1		
BANCO:	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua.						
Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO		Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:	
Arena Arcillosa (SC)		A-2-4 (0)		Lunes, 04 de Nov. 2019	1	1	
Masa de la muestra inicial húmeda (g):		2736.76		Masa inicial seca, corregida (g)		2186.64	
Masa de la muestra lavada (g):		1706.05		Masa de tara (g):	70.50	Cód. de tara: H	
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):		480.59		Masa húmeda + tara (g):		408.04	
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):		7.70		Masa seca + tara (g):		340.19	
Masa total, menor de 0.075 mm (g):		488.29		% de humedad:		25.16	
Tamiz Estándar	Abertura Estándar (mm)	Masa Retenida (g)	Masa Retenida (%)	Masa Ret. Acumulada (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍN.	ESP. MÁX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100		
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100		
Nº 4	4.750	518.68	23.72	23.72	76		
Nº 10	2.000	603.69	27.61	51.33	49		
Nº 40	0.425	405.62	18.55	69.88	30		
Nº 200	0.075	170.36	7.79	77.67	22		
F ONDO		7.70	22.33	100.00	0	OK	

Anexo1.



Anexo 2.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA					
UNAN - MANAGUA					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN					
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	CÓDIGO: Nº 1	
	ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLASTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS			
	NORMA:	ASTM D 4318; 2000	PROPOSITO:	MONOGRAFIA	
	BANCO:	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua.			
Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:	
Arena Arcillosa (SC)	A-2-4 (0)	Viernes, 08 de Nov. 2019	1	1	
LÍMITE LÍQUIDO		MÉTODO DE PREPARACIÓN DE ESPECIMENES HÚMEDOS			
MÉTODO:		B- LÍMITE LÍQUIDO ENSAYO CON UN PUNTO			
CANTIDAD DE PRUEBAS REQUERIDAS	1	2	3	4	
GOLPES REQUERIDOS PARA EL CIERRE	30-35	25-30	20-25	15-20	
IDENTIFICACIÓN DEL RECIPIENTE		L-14	L-8		
GOLPES EMPLEADOS PARA EL CIERRE		24	24		
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA +TARA (g)		32.94	27.89		
MASA DE LA MUESTRA SECA +TARA (g)		28.48	24.57		
MASA DE LA TARA (g)		16.83	15.94		
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)		11.65	8.63		
MASA DE AGUA (g)		4.46	3.32		
CONTENIDO DE HÚMEDAD (%)		38.28	38.47		
FACTOR PARA LÍMITE LÍQUIDO		0.995	0.995		
CONTENIDO DE HÚMEDAD CORREGIDA (g)		38.09	38.28		
					
LÍMITE PLÁSTICO	MÉTODO DE ENSAYO: MANUAL		ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
CANTIDAD DE PRUEBAS	1	2	MÉTODO	LÍMITE	VALOR
IDENTIFICACION DEL RECIPIENTE	C-1	L-11	MANUAL	LL	38
MASA DE LA MUESTRA HUMEDA +TARA (g)	19.74	20.25	UN SOLO PUNTO	LP	28
MASA DE LA MUESTRA SECA + TARA (g)	19.02	19.48		IP	10
MASA DE LA TARA (g)	16.47	16.76	NOTA: SI NO SE PUEDE DETERMINAR LL Ó LP Ó SI EL LP ES MAYOR O IGUAL QUE LL REPORTE EL SUELO COMO NP (NO PLASTICO).		
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)	2.55	2.72			
MASA DEL AGUA (g)	0.72	0.77			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	28.24	28.31			
Observaciones: 16p 0571765 / UTM 1346278 / 125m 3m. Error.					
Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.					

Anexo 3.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA							
UNAN – MANAGUA							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							
CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:	MONOGRAFIA			
ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS						
NORMA:	AASHTO T 100	CÓDIGO:	Nº 1				
BANCO:	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua.						
Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:			
Arena Arcillosa (SC)	A-2-4 (0)	Jueves, 14 de Nov. 2019	1	1			
TIPO DE SUELO	MASA DE MUESTRA SECA CUANDO LA CAPACIDAD DEL RECIPIENTE SEA DE:			SECAR LA MUESTRA COMO MINIMO 12 HORAS EN UN HORNO A UNA TEMPERATURA DE 110 ± 5 °C			
	250 ml	500 ml					
A-1, A-3	60 ± 10	100 ± 10					
A-2	45 ± 10	75 ± 10					
A-4, A-5, A-6, A-7	35 ± 5	50 ± 10					
Pasa el tamiz: Nº 4	ECUACIONES	ENSAYOS			PROMEDIO		
Retenido en el tamiz:		1	2	3			
Masa de muestra seca (g)	A= C - D	50.15	47.52				
Masa de picnómetro, muestra de suelo y agua (g)	B	583.34	581.69				
Masa de picnómetro y muestra de suelo (g)	C	278.71	276.08				
Masa de picnómetro (g)	D	228.56	228.56				
Masa de picnómetro y agua (g)	E	555.36	555.36				
Volumen (cm ³)	F= A + (E - B)	22.17	21.19				
GRAVEDAD ESPECIFICA	G= A / F	2.262	2.243			2.252	
DIFERENCIA ACEPTADA ENTRE DOS RESULTADOS PARA SUELOS NO COHESIVOS (PRECISION DE UN OPERADOR): 0.05							
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS AASHTO T 27							
TAMIZ ESTANDAR	ABERTURA ESTANDAR (mm)	Masa retenida (g)	Masa retenida (%)	Masa ret. Acumulada. (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍN.	ESP. MÁX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100		
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100		
Nº 4	4.750	518.68	23.72	23.72	76		

Anexo 4.

Nº 10	2.000	603.69	27.61	51.33	49		
Nº 40	0.425	405.62	18.55	69.88	30		
Nº 200	0.075	170.36	7.79	77.67	22		
FONDO		7.70	22.33	100.00	0	OK	

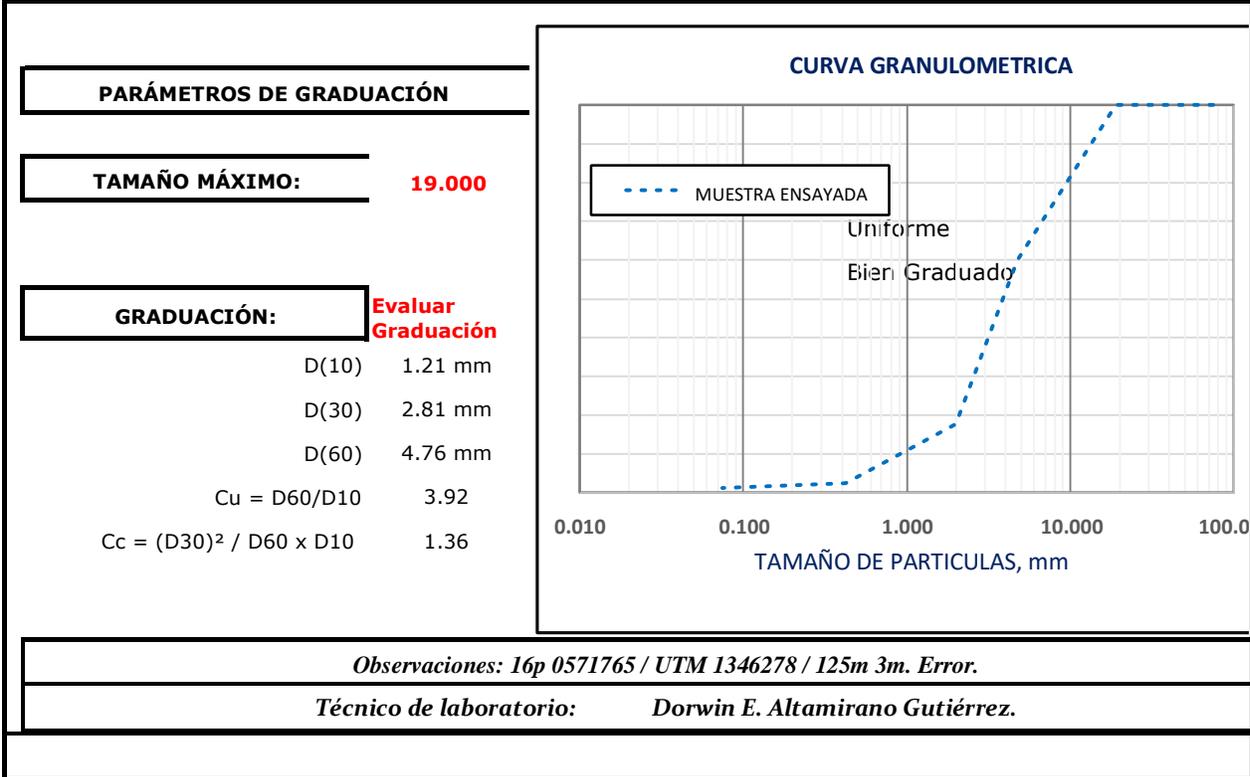
> ENSAYO REQUERIDO PARA AASHTO T 88. CRIBAR A TRAVÉS TAMIZ Nº10 (2 mm)

Observaciones: 16p 0571765 / UTM 1346278 / 125m 3m. Error.

Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA						
	UNAN - MANAGUA						
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN						
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA		AÑO: V	PROPOSITO:	MONOGRAFIA	
	ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO D E AGREGADOS FINOS Y GRUESOS					
	NORMA:	AASHTO T 27			CÓDIGO:	Nº2	
	BANCO:	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua.					
Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO		Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:	
Arena Mal Graduada (SP)		A-1-a (1)		Lunes, 04 de Nov. 2019	2	1	
Masa de la muestra inicial húmeda (g):		2729.60		Masa inicial seca, corregida (g)		2393.76	
Masa de la muestra lavada (g):		2371.15		Masa de tara (g):	71.15	Cód. de tara: C	
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):		22.61		Masa húmeda + tara (g):		382.93	
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):		5.28		Masa seca + tara (g):		344.57	
Masa total, menor de 0.075 mm (g):		27.89		% de humedad:		14.03	
Tamiz Estándar	Abertura Estándar (mm)	Masa Retenida (g)	Masa Retenida (%)	Masa Ret. Acumulada (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍN.	ESP. MÁX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100		
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100		
Nº 4	4.750	958.34	40.03	40.03	60		
Nº 10	2.000	1014.59	42.38	82.42	18		
Nº 40	0.425	363.86	15.20	97.62	2		
Nº 200	0.075	29.08	1.21	98.83	1		
F	ONDO	5.28	1.17	100.00	0	OK	

Anexo 5.



Anexo 6.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA							
UNAN - MANAGUA							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							
CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V		PROPOSITO:	MONOGRAFIA		
ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS						
NORMA:	AASHTO T 100			CÓDIGO:	Nº2		
BANCO:	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua.						
Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO		Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:	
Arena Mal Graduada (SP)		A-1-a (1)		Miércoles, 06 de Nov. 2019	2	1	
TIPO DE SUELO		MASA DE MUESTRA SECA CUANDO LA CAPACIDAD DEL RECIPIENTE SEA DE:				SECAR LA MUESTRA COMO MINIMO 12 HORAS EN UN HORNO A UNA TEMPERATURA DE 110 ± 5 °C	
		250 ml	500 ml				
A-1, A-3		60 ± 10	100 ± 10				
A-2		45 ± 10	75 ± 10				
A-4, A-5, A-6, A-7		35 ± 5	50 ± 10				
Pasa el tamiz: Nº 4	ECUACIONES		ENSAYOS				
Retenido en el tamiz:			1	2	3	PROMEDIO	
Masa de muestra seca (g)	A = C - D		60.86	62.71			
Masa de picnómetro, muestra de suelo y agua (g)	B		614.78	616.02			
Masa de picnómetro y muestra de suelo (g)	C		318.91	320.76			
Masa de picnómetro (g)	D		258.05	258.05			
Masa de picnómetro y agua (g)	E		580.84	580.84			
Volumen (cm ³)	F = A + (E - B)		26.92	27.53			
GRAVEDAD ESPECIFICA	G = A / F		2.261	2.278		2.269	
DIFERENCIA ACEPTADA ENTRE DOS RESULTADOS PARA SUELOS NO COHESIVOS (PRECISION DE UN OPERADOR):							
0.05							
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS AASHTO T 27							
TAMIZ ESTANDAR	ABERTURA ESTANDAR (mm)	Masa retenida (g)	Masa retenida (%)	Masa ret. Acumulada. (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍN.	ESP. MÁX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100		
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100		
Nº 4	4.750	958.34	40.03	40.03	60		

Anexo 7.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA					
UNAN - MANAGUA					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN					
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	CÓDIGO: Nº2	
	ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLASTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS			
	NORMA:	ASTM D 4318; 2000	PROPOSITO:	MONOGRAFIA	
	BANCO:	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua.			
Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:	
Arena Mal Graduada (SP)	A-1-a (1)	Lunes, 04 de Nov. 2019	2	1	
LÍMITE LÍQUIDO		MÉTODO DE PREPARACIÓN DE ESPECIMENES HÚMEDOS			
MÉTODO:		B- LÍMITE LÍQUIDO ENSAYO CON UN PUNTO			
CANTIDAD DE PRUEBAS REQUERIDAS	1	2	3	4	
GOLPES REQUERIDOS PARA EL CIERRE	30-35	25-30	20-25	15-20	
IDENTIFICACIÓN DEL RECIPIENTE					
GOLPES EMPLEADOS PARA EL CIERRE					
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA +TARA (g)		NP			
MASA DE LA MUESTRA SECA +TARA (g)					
MASA DE LA TARA (g)					
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)					
MASA DE AGUA (g)					
CONTENIDOO DE HUMEDAD (%)					
FACTOR PARA LÍMITE LÍQUIDO					
CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDA (g)					
					
LÍMITE PLÁSTICO	MÉTODO DE ENSAYO: MANUAL		INDICE DE PLASTICIDAD		
CANTIDAD DE PRUEBAS	1	2	MÉTODO	LÍMITE	VALOR
IDENTIFICACION DEL RECIPIENTE			MANUAL	LL	0
MASA DE LA MUESTRA HUMEDA +TARA (g)			UN SOLO PUNTO	LP	0
MASA DE LA MUESTRA SECA + TARA (g)				IP	0
MASA DE LA TARA (g)			NOTA: SI NO SE PUEDE DETERMINAR LL Ó LP Ó SI EL LP ES MAYOR O IGUAL QUE LL REPORTE EL SUELO COMO NP (NO PLASTICO).		
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)					
MASA DEL AGUA (g)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Observaciones: 16p 0571765 / UTM 1346278 / 125m 3m. Error.					
Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.					

Anexo 8.

N° 10	2.000	1014.59	42.38	82.42	18		
N° 40	0.425	363.86	15.20	97.62	2		
N° 200	0.075	29.08	1.21	98.83	1		
FONDO		5.28	1.17	100.00	0	OK	

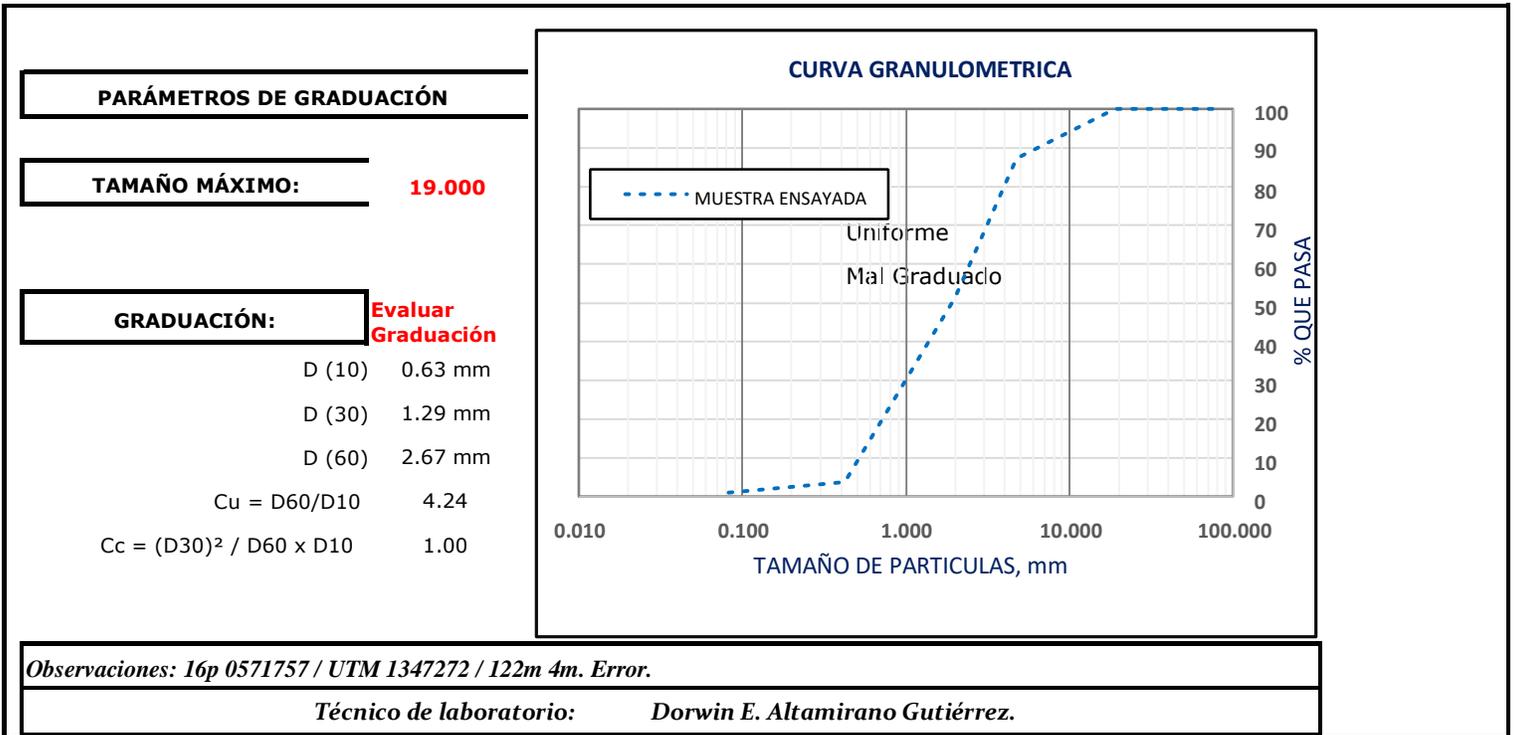
> ENSAYO REQUERIDO PARA AASHTO T 88. CRIBAR A TRAVÉS TAMIZ Nº10 (2 mm)

Observaciones: 16p 0571765 / UTM 1346278 / 125m 3m. Error.

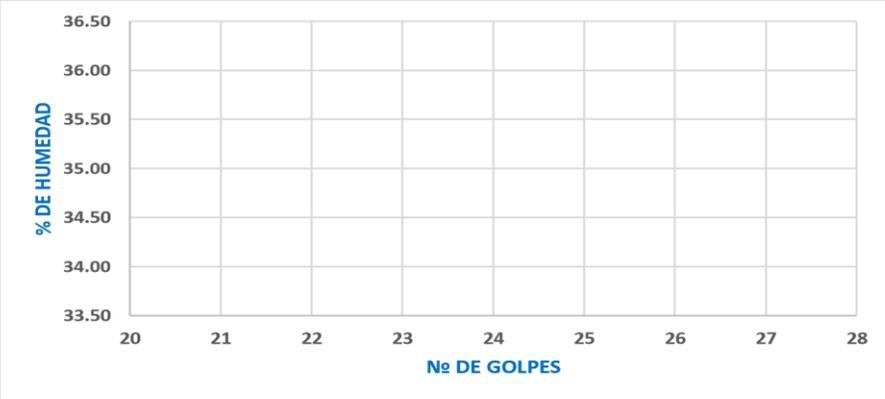
Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA							
	UNAN - MANAGUA							
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN							
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:	MONOGRAFIA			
	ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO D E AGREGADOS FINOS Y GRUESOS						
	NORMA:	AASHTO T 27		CÓDIGO:	Nº 3			
BANCO:	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua.							
Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO		Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:		
Arena Mal Graduada (SP)		A-1-b (1)		Lunes, 04 de Nov. 2019	3	1		
Masa de la muestra inicial húmeda (g):		2540.20		Masa inicial seca, corregida (g)		2296.54		
Masa de la muestra lavada (g):		2278.45		Masa de tara (g):	70.61	Cód. de tara: Z		
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):		18.09		Masa húmeda + tara (g):		415.89		
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):		1.98		Masa seca + tara (g):		382.77		
Masa total, menor de 0.075 mm (g):		20.07		% de humedad:		10.61		
Tamiz Estandar	Abertura Estandar (mm)	Masa Retenida (g)	Masa Retenida (%)	Masa Ret. Acumulada (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES		
						ESP. MÍN.	ESP. MÁX.	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100			
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100			
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100			
N° 4	4.750	293.57	12.78	12.78	87			
N° 10	2.000	825.59	35.95	48.73	51			
N° 40	0.425	1089.21	47.43	96.16	4			
N° 200	0.075	68.10	2.97	99.13	1			
FONDO		1.98	0.87	100.00	0	OK		

Anexo 9.



Anexo 10.

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA				
	UNAN - MANAGUA				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	CÓDIGO: N° 3	
	ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS			
NORMA:	ASTM D 4318; 2000	PROPOSITO:	MONOGRAFIA		
BANCO:	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua.				
Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:	
Arena Mal Graduada (SP)	A-1-b (1)	Lunes, 04 de Nov. 2019	3	1	
LÍMITE LÍQUIDO		MÉTODO DE PREPARACIÓN DE ESPECIMENES HÚMEDOS			
MÉTODO:		B- LÍMITE LÍQUIDO ENSAYO CON UN PUNTO			
CANTIDAD DE PRUEBAS REQUERIDAS	1	2	3	4	
GOLPES REQUERIDOS PARA EL CIERRE	30-35	25-30	20-25	15-20	
IDENTIFICACIÓN DEL RECIPIENTE					
GOLPES EMPLEADOS PARA EL CIERRE					
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA +TARA (g)		N P			
MASA DE LA MUESTRA SECA +TARA (g)					
MASA DE LA TARA (g)					
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)					
MASA DE AGUA (g)					
CONTENIDOO DE HÚMEDAD (%)					
FACTOR PARA LÍMITE LÍQUIDO					
CONTENIDO DE HÚMEDAD CORREGIDA (g)					
					
LÍMITE PLÁSTICO	MÉTODO DE ENSAYO: MANUAL		INDICE DE PLASTICIDAD		
CANTIDAD DE PRUEBAS	1	2	MÉTODO	LÍMITE	VALOR
IDENTIFICACION DEL RECIPIENTE			MANUAL	LL	0
MASA DE LA MUESTRA HUMEDA +TARA (g)			UN SOLO PUNTO	LP	0
MASA DE LA MUESTRA SECA + TARA (g)				IP	0
MASA DE LA TARA (g)			NOTA: SI NO SE PUEDE DETERMINAR LL Ó LP Ó SI EL LP ES MAYOR O IGUAL QUE LL REPORTE EL SUELO COMO NP (NO PLASTICO).		
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)					
MASA DEL AGUA (g)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Observaciones: 16p 0571757 / UTM 1347272 / 122m 4m. Error.					
Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.					

Anexo 11.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN - MANAGUA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:	MONOGRAFIA
ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS			
NORMA:	AASHTO T 100	CÓDIGO:	Nº 3	
BANCO:	Oro Verde, Ciudad Sandino, Managua.			

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:	
Arena Mal Graduada (SP)	A-1-b (1)	Miércoles, 06 de Nov. 2019	3	1	
TIPO DE SUELO	MASA DE MUESTRA SECA CUANDO LA CAPACIDAD DEL RECIPIENTE SEA DE:			SECAR LA MUESTRA COMO MINIMO 12 HORAS EN UN HORNO A UNA TEMPERATURA DE 110 ± 5 °C	
	250 ml	500 ml			
A-1, A-3	60 ± 10	100 ± 10			
A-2	45 ± 10	75 ± 10			
A-4, A-5, A-6, A-7	35 ± 5	50 ± 10			
Pasa el tamiz: Nº 4	ECUACIONES	ENSAYOS			
Retenido en el tamiz:		1	2	3	PROMEDIO
Masa de muestra seca (g)	A = C - D	64.15	68.54		
Masa de picnómetro, muestra de suelo y agua (g)	B	593.55	596.08		
Masa de picnómetro y muestra de suelo (g)	C	292.72	297.11		
Masa de picnómetro (g)	D	228.57	228.57		
Masa de picnómetro y agua (g)	E	555.38	555.38		
Volumen (cm³)	F = A + (E - B)	25.98	27.84		
GRAVEDAD ESPECIFICA	G = A / F	2.469	2.462		2.466

DIFERENCIA ACEPTADA ENTRE DOS RESULTADOS PARA SUELOS NO COHESIVOS (PRECISION DE UN OPERADOR): 0.05

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS AASHTO T 27

TAMIZ ESTANDAR	ABERTURA ESTANDAR (mm)	Masa retenida (g)	Masa retenida (%)	Masa ret. Acumulada. (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍN.	ESP. MÁX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100		
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100		
Nº 4	4.750	293.57	12.78	12.78	87		

N° 10	2.000	825.59	35.95	48.73	51		
N° 40	0.425	1089.21	47.43	96.16	4		
N° 200	0.075	68.10	2.97	99.13	1		
FONDO		1.98	0.87	100.00	0	OK	
> ENSAYO REQUERIDO PARA AASHTO T 88. CRIBAR A TRAVÉS TAMIZ N°10 (2 mm)							
<i>Observaciones: 16p 0571757 / UTM 1347272 / 122m 4m. Error.</i>							
<i>Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.</i>							

Anexo 12.