



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**

UNAN - MANAGUA

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
INGENIERÍA GEOLÓGICA**

Título

**“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO
MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO
(UNAN-MANAGUA)”**

**Tesis Monográfica presentada como requisito final para optar al título de:
Ingeniero Geólogo.**

Presentado por:

- **Br. Damaris Lizzeth Rivas Mercado**
- **Br. Skarleth Yokasta Olivas Pérez**

Tutor: MSc. Gema Velásquez Espinoza

Asesor: MSc. Cesar Pérez Avalos

Asesor Metodológico: MSc. Karen Acevedo Mena

Junio, 2020

Dedicatoria

El presente trabajo de tesis monográfica es dedicada a Dios ya que él nos brinda la sabiduría, entendimiento e inteligencia y permitirme con concluir con mi carrera.

A mis padres y en especial a mi madre Benicia Migdinia Mercado García y José Trinidad Rivas Martínez por brindarme su amor, apoyo, consejos y por su perseverancia para poder culminar con éxito otra etapa más y hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos Erick Rivas Mercado y Edwing Rivas Mercado por su apoyo y motivación todo este tiempo.

Damaris Lizzeth Rivas Mercado.

Agradecimientos

Quiero agradecer primero a Dios nuestro señor por haberme brindado la vida y el don de la perseverancia para llegar a esta etapa de mi vida, alcanzado una de mis metas.

A mi familia por el amor, apoyo incondicional y paciencia que han mostrado en el desarrollo de esta investigación.

A nuestra tutora MSc. Gema Velásquez Espinoza por brindarnos gran parte de su tiempo, compartiéndonos valiosos aportes y comentarios estando muy presente durante la realización de este trabajo.

A nuestro asesor MSc. Cesar Pérez Avalos por su apoyo y su tiempo brindado en el desarrollo de la tesis monográfica.

Al profesor Dorwin Altamirano por su tiempo y disposición para la realización de nuestro trabajo de laboratorio así como al Departamento de construcción por brindarnos la oportunidad de terminar ese proceso

A la Msc. Karen Mena por su tiempo y asesoramiento en la parte metodológica de este trabajo monográfico.

También dedico este trabajo a personas muy especiales que con sus consejos y parte de su tiempo me ayudaron para la realización de esta tesis monográfica a: Brigieth Mejía, Christian Vega Laguna, Grethel Halleslevens, Johel Calero.

Damaris Lizzeth Rivas Mercado.

Dedicatoria

La presente tesis esta dedica a: Dios, por ser el protagonista de la vida, ser la razón de mi existencia, el dador de entendimiento y la razón por las cuales podemos enriquecer nuestro intelecto y espíritu a lo largo de este arduo camino.

A mi familia en especial a mi hijo: Jeshua Asbel Olivas por ser el motor que me impulsaba cada día, a mis madres: Klaribel Marotta y Martha Marotta, a mis padres: Névil Marotta y Hermogenes Olivas, a mis tíos: Gilma Marotta y Manuel Marotta, a mi esposo y amigo Samuel Gutiérrez, por brindarme su amor, apoyo, consejos y por su perseverancia para poder culminar con éxito otra etapa de mi vida.

A mi hermana Emily Pérez, a mi amigo y padrastro Franklin Martínez, a mis sobrinas que amo: Génesis Alemán y Yokabed Pérez.

Los amos gracias por todo.

Skarleth Yokasta Olivas Pérez.

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas esas personas especiales que me acompañaron en el proceso de realización de esta tesis, brindándome todo su apoyo y cariño.

Primeramente, a mi Dios por darme las fuerzas y ser la base más importante para culminar con éxito mi carrera.

A mis Madres, por ser mi guía y luz en todos los caminos que he recorrido, por estar presentes en todas las etapas de mi vida, por haber educado y colaborado en mi desarrollo como persona, por sus sabios conocimientos.

A mi familia y esposo, por darme la posibilidad de ser una persona profesional, por sus consejos y apoyo para poder culminar con satisfacción este trabajo.

A nuestra tutora MSc. Gema Velásquez Espinoza por brindarnos gran parte de su tiempo, compartiéndonos valiosos aportes y comentarios estando muy presente durante la realización de este trabajo.

A nuestro asesor MSc. Cesar Pérez Avalos por su apoyo y su tiempo brindado en el desarrollo de la tesis monográfica.

Al profesor **Dorwin** Altamirano por su tiempo y disposición para la realización de nuestro trabajo de laboratorio, así como al Departamento de construcción por brindarnos la oportunidad de terminar ese proceso

A la Msc. Karen Mena por su tiempo y asesoramiento en la parte metodológica de este trabajo monográfico.

También dedico este trabajo a personas muy especiales que con sus consejos y parte de su tiempo me ayudaron para la realización de esta tesis monográfica a: Gerardo Sirias, Luis Octavio Pérez, Eliecer Mendoza. Brigieth Mejía, Christian Vega Laguna, Grethel Halleslevens.

Skarleth Yokasta Olivas Pérez

VALORACIÓN DEL TUTOR

Resumen

El análisis de estabilidad en los taludes, involucra el comportamiento mecánico como dinámico y las características de los materiales, todos estos factores permiten clasificar las zonas vulnerables, tipos de fallas y grado de riesgo. La ciudad de Managua, se considera una de las zonas más vulnerables del país ante fenómenos naturales, especialmente a la ocurrencia de sismos, esto se debe a las condiciones geológicas (numerosas fallas y composición del suelo); además de otros factores como topografía e hidrología.

El presente trabajo se enfocó en el análisis de la inestabilidad del talud en la reserva cerro Mokorón de la UNAN-Managua. El objetivo principal fue realizar el análisis del talud en base a las condiciones geológicas y geotécnicas presentes, en la etapa de campo se determinó que la geología, la topografía y la pendiente que son el factor condicionantes en la inestabilidad del talud 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 Slide que permitió modelar la geometría del talud y así obtener el Factor Seguridad.

Los resultados adquiridos a través de los análisis simultáneos indicaron movimientos de remoción en masa presente.

ÍNDICE

CAPITULO I	14
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4 OBJETIVOS	18
1.4.1 Objetivo general.....	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
1.5 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
CAPÍTULO II.....	21
2.1 MARCO REFERENCIAL	21
2.1.1 Antecedentes	21
2.1.2 Marco Teórico.....	27
2.1.2.1 Antecedentes Históricos.	27
2.1.2.2 Geología Regional de Nicaragua.	29
2.1.2.3 Sismicidad de Nicaragua.....	32
2.1.2.4 Condiciones geológicas de Managua.....	34
2.1.2.5 Topografía.	38
2.1.2.6 Geología Local.	39
2.1.2.7 Falla Zogaib-Escuela.	41
2.1.1.8 Generalidades de los taludes.....	43
2.1.2.9 Movimientos de laderas (movimientos en masa).	50
2.1.2.10 Método de equilibrio limite (MEL).....	53
2.2 HIPÓTESIS.....	55

CAPÍTULO III	56
3.1 DISEÑO METODOLÓGICO	56
3.1.2 Área de estudio.	56
3.1.3 Universo y Muestra.	57
3.1.4 Métodos técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	58
3.1.5 Procedimiento para la recolección de datos.....	58
3.1.6 Plan de análisis y procesamiento de datos.....	58
CAPÍTULO IV	63
4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
4.1.1 Factores alternantes en la inestabilidad de ladera.	63
4.1.2 Factores condicionantes de inestabilidad de ladera.	63
4.1.3 Factores Desencadenantes de la inestabilidad de ladera	69
4.1.4 Análisis Geotécnico.....	71
4.1.5 Análisis de inestabilidad mediante el software Slide.....	78
4.1.6 Recomendaciones para la estabilización de la ladera.....	83
4.1.7 Discusión de resultados de trabajos anteriores.....	84
4.1.8 Discusión de resultados en el área de estudio.....	84
CAPITULO V	91
5.1 Conclusiones.....	91
5.2 Recomendaciones.....	92
5.3 Bibliografía.....	93
5.4 ANEXOS	97

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Mapa de localización del área de estudio.	20
Figura 2. Tectónica regional de América Central	29
Figura 3. Mapa de Provincias Geológicas de Nicaragua.	31
Figura 4. Mapa de Amenazas Sísmicas.	34
Figura 5. Fallas geológicas y estructuras volcánicas de Managua.	35
Figura 6. Columna estratigráfica generalizada de Managua.	38
Figura 7. Pendientes del terreno en Managua.	39
Figura 8: Columna generalizada de los afloramientos encontrados en las 5 estaciones geológicas realizadas en la parte W del área de estudio.	41
Figura 9: Mapa de fallas geológicas de Managua cercana al área de estudio.	42
Figura 10: Partes de un talud	45
Figura 11: Nomenclatura de un deslizamiento.	48
Figura 12: Imagen de modelación del Software Slide.	62
Figura 13: Depósito de oleada piroclásticas con límite de cada las 4 pequeñas capas de escoria y ceniza. (Coordenadas E: 0578994 N: 1338562)	65
Figura 14: Depósito de flujo piroclásticas en contacto en su parte inferior con la pómez de apoyo. (Coordenadas E: 579003 N: 1338601)	66
Figura 15: Secuencia de horizontes encontrados en los afloramientos que se localizan en el parqueo del estadio Nacional de Fútbol. (Coordenadas E: 578945 N: 1338610). ..	67
Figura 16: Columna estratigráfica del área del estudio.....	68
Figura 17: Flexura afectando los horizontes en la primera estación geológica.	69
Figura 18: Probabilidad de precipitación durante el mes de mayo a septiembre.	70
Figura 19: Promedio de precipitación durante el mes de junio a septiembre.	71
Figura 20: Mezcla para homogenizar el material.	72
Figura 21: Lavado constante de material.....	73
Figura 22: Medición de temperatura apta para realizar la prueba.	74
Figura 23: Proceso de adición de agua al matraz para agitarlo.....	75
Figura 24: Mapa de levantamiento de perfiles y muestreo.....	76
Figura 25: Mapa de Tipología de flujo.	77

Figura 26: Método Bishop en ladera inestable.	79
Figura 27: Método Fellinius en ladera inestable.	80
Figura 28: Método Janbu en ladera inestable.	81
Figura 29: Método Spencer en ladera inestable.	82
Figura 30: Primera estación geológica.....	85
Figura 31: Segunda estación geológica inestabilidad en el talud.	86
Figura 32: Método Bishop en ladera estable.....	87
Figura 33: Método Jambu en ladera estable.....	88
Figura 34: Método Fellinius en ladera estable.....	89
Figura 35: Método Spencer en ladera estable.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.....	19
Tabla 2. Factores de inestabilidad en un talud. Modificada de (Morales, 2003).....	49
Tabla 3. Generalidades del Software Slide (Gabino, 2005).	54
Tabla 4. Variables y Operacionalización de variables.	57
Tabla 5.Tabla 5. Normas - ASTM para ensayos geotécnicos.	59

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Los procesos de remoción en masa son aquellos que involucran el movimiento de los materiales formadores de los taludes bajo la influencia de la gravedad (también se les conoce como procesos gravitacionales) y sin la asistencia primordial de algún agente de transporte de fluido (Brusden, 1979). El término procesos de remoción en masa, agrupa los diferentes tipos de materiales (llámese roca, detritos o derrubios, tierra o suelo) que ocurren en las laderas sin importar el mecanismo involucrado. De tal forma que incluye la caída o desprendimiento de materiales, los vuelcos, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y los movimientos complejos, estos últimos resultados de la combinación de dos o más de los anteriores tipos de procesos (Alcántara, 2000).

Uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb, 1989). Estos producen cambios a la morfología del terreno, afectaciones ambientales con diversos daños en obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueos de ríos, además el volumen de daño total es superior al de los terremotos e inundaciones.

La importancia del estudio de los procesos de inestabilidad del talud está determinada por el impacto que éstos pueden tener en la población, ya que la inestabilidad del talud puede ser producida por la actividad humana al alterar y modificar el equilibrio que existe en la naturaleza, debido a cortes y excavaciones de obras ingenieriles (camino). Sin embargo, un gran porcentaje de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se implementan medidas de prevención o control (Suárez, 1998).

Nicaragua pertenece a los primeros seis países que presentan las mayores manifestaciones intensivas del riesgo de inestabilidad de taludes, sea por inundación,

sismicidad, vulcanismo. También forma parte de los países que registran mayores cantidades de daños y pérdidas, asociadas a impactos acumulados, espacial y temporalmente por eventos hidrometeorológicos y climáticos, en algunos casos extremos (UNISDR, 2013). En el país los fenómenos de inestabilidad de talud originados por diversas causas, frecuentemente están provocados por terremotos, erupciones volcánicas, fuertes precipitaciones, crecimiento de aguas subterráneas, socavamiento de ríos y excesivo uso de la tierra, como deforestación, erosión, ganadería extensiva y explotaciones inadecuadas del suelo.

El objetivo principal de este trabajo investigativo es analizar la inestabilidad del talud en el sector Noreste del Recinto Universitario Rubén Darío (UNAN-Managua), el cual se considera que presenta condiciones aptas para desencadenar un deslizamiento del talud, basándose en la caracterización geológica determinada por la litología, parámetros geotécnicos, la altura, la pendiente, erosión de materiales rocosos, entre otros. Este estudio (Con cobertura de 150 metros cuadrados), permitirá determinar el grado de peligrosidad que recurre en el sitio lo que servirá de soporte para un futuro proyecto de restauración y conservación en el área de estudio.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Recinto Universitario Rubén Darío (RURD), es el de mayor demanda estudiantil que se encuentra en la Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua) por lo que requiere el apoyo de más infraestructura, laboratorios y aulas de clases para satisfacer las necesidades estudiantiles y mejorar el servicio de la educación superior en Nicaragua.

La zona de investigación desde el punto de vista geológico presenta una inestabilidad de ladera que se localiza al NE de la reserva Cerro Mokorón de la UNAN-MANAGUA, ésta se caracteriza por ser una zona con una pendiente de 80° que se ha visto afectada por eventos naturales; tales como, acciones de lluvia que ocasionan el arrastres de grandes cantidades materiales en las paredes de los taludes, afectaciones sísmicas que han dado paso al desprendimiento de árboles, caída de suelo y que dejan expuestas la base de las estructuras que se localizan en la parte superior del talud, la que se encuentra asentada sobre espesores potentes de suelos y depósitos volcánicos no consolidados de edad Pleistoceno y Holoceno lo que caracteriza a la zona con una alta inestabilidad según estudios previos en el área.

La presente investigación se enfocó en realizar estudios geotécnicos y levantamiento geológicos para caracterizar unidades litoestratigráficas y estructuras geológicas en los taludes ya que se carece de información y de investigaciones, información que es de gran interés en el campo de la ingeniería para la planificación de construcción a los alrededores del área de la investigación.

Por tanto, la formulación del problema se basa en la siguiente pregunta ¿Qué condiciones geológicas y geotécnicas que presenta el talud son óptimas para la inestabilidad de ladera en el cerro Mokorón?

1.3 JUSTIFICACIÓN

El estudio se realiza para analizar las condiciones y el comportamiento del talud para mitigar y reducir el riesgo ante un deslizamiento. El resultado del presente estudio será una herramienta importante para las decisiones de las entidades públicas encargada de velar por la seguridad de la población Nicaragüense.

Por otra parte, en ciudades con tasas de crecimientos elevados y altos niveles de desarrollo urbano, la población se ve obligado a migrar a comunidades aledañas. Tal es el caso de la ciudad de Managua, dónde la población ha ido incrementándose año con año como consecuencia del desarrollo urbano; este aumento ha desencadenado una demanda exagerada de viviendas, por lo cual se recurre a habitar espacios que presentan un riesgo ocupacional por las condiciones topográficas de la zona y de los suelos que la conforman.

El talud en estudio se encuentra localizado geológicamente en la Depresión de Nicaragua la cual se caracteriza por presentar material volcánico y suelo fósil no consolidado del Cuaternario lo que provoca en la zona inestabilidad en la ladera.

La importancia de realizar esta investigación se enfoca en la prevención de posibles deslizamientos, puesto que las condiciones del suelo son bastantes homogéneas con varianza tanto en la altura como en la carga aplicada, de tal modo que se brindarán herramientas necesarias para la toma de medidas inmediatas de implementación de obras de estabilización del talud.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Analizar la inestabilidad de talud de la Reserva Cerro Mokorón del Recinto Universitario Rubén Darío (UNAN-Managua).

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que afectan la inestabilidad del talud en el sitio de interés.
- Determinar las propiedades físicas de los suelos mediante ensayos geotécnicos de laboratorio.
- Efectuar el análisis de inestabilidad del talud mediante los métodos de equilibrio límite del software Slide de Rock Science para obtener el factor de seguridad del talud.
- Realizar recomendaciones técnicas tomando en cuenta este estudio para dar una alternativa de estabilizar el talud en el área de estudio.

1.5 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizado en el sector Noreste de la Reserva Cerro Mokorón del Recinto Universitario Rubén Darío de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), ubicada al SW de la ciudad de Managua, siendo un punto de referencia en la capital porque es la universidad con mayor ingreso de estudiantes en Managua (**Tabla 1; Figura 1**).

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.

Coordenadas WGS 84 UTM 16N		
Puntos	Este	Norte
P1	0579045	1338590
P2	0578969	1338664
P3	0579019	1338592
P4	0578945	1338610

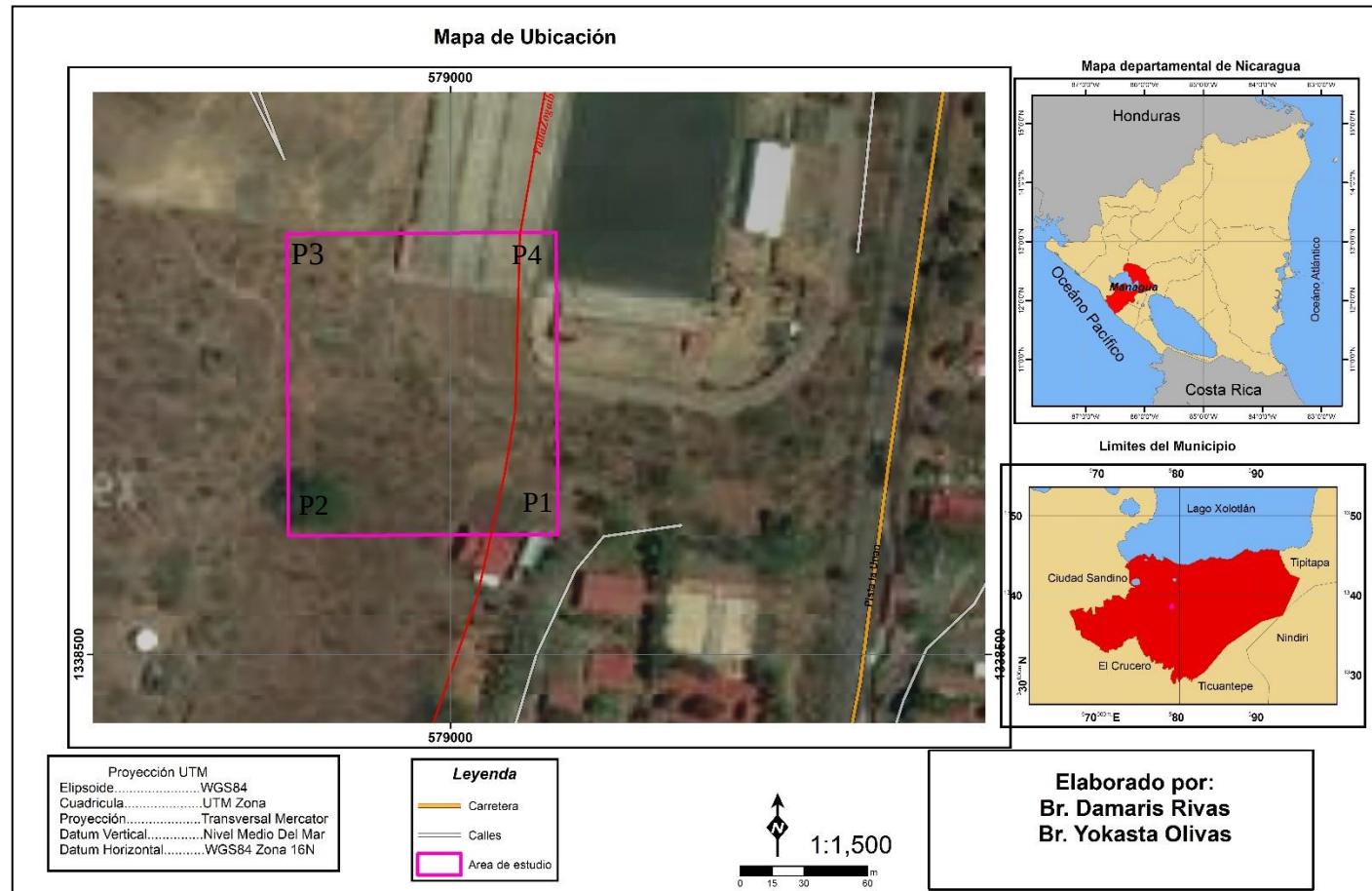


Figura 1: Mapa de localización del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 Antecedentes

Desde hace muchos años la humanidad ha tenido la necesidad de mejorar sus condiciones de vida; por lo cual, se ha visto obligada a realizar estudios que les permitieran conocer factores adversos que impedían el desarrollo estructural de la ciudad. Uno de estos factores son los derrumbes y deslizamientos, los cuáles se producen mayormente en época de lluvia debido a la saturación de suelo y los movimientos sísmicos, los cuáles ocasionan una disminución de la resistencia de los suelos. Algunos Ingenieros a lo largo de la historia, se han enfocado en realizar estudios sobre el análisis de la inestabilidad de talud, implementando métodos y prácticas para brindar soluciones a la problemática.

A nivel nacional, se pueden mencionar diferentes Instituciones encargadas de coordinar los esfuerzos convenientes para la gestión y prevención de desastres naturales como son: SINAPRED (Sistema Nacional de prevención, mitigación y atención de desastres naturales), INETER (Instituto Nicaragüense de estudios territoriales) cuyo objetivo es realizar investigaciones, estudios y monitoreo que brinden seguridad al país y desde el año 1990 se cuenta con el apoyo del Instituto de Geología y Geofísica (IGG-CIGEO/UNAN-Managua) con el fin de generar información científica aplicada en el campo de las Geo ciencias.

Calero, J. y Mejía, B., (2019), desarrollaron su trabajo monográfico titulado “Caracterización de las condiciones geológicas y sísmicas en la parte N y SW del Recinto Universitario Rubén Darío (RURD, UNAN-Managua)”, teniendo como objetivo la caracterización de la zona en base a las condiciones geológicas y sísmicas de esta, logrando identificar doce unidades litológicas por medio de toma datos geológicos, además, se elaboró un mapa de dinámica de los suelos por medio de mediciones de micro

tremores y aplicando la Técnica de Nakamura, asimismo se identificaron anomalías estructurales, como fallas y fracturas con modelos geofísicos-geológicos en 2 dimensiones.

Zambrana, X., (2019), realiza un proyecto investigativo titulado “Estudio de efecto de sitio en la UNAN-Managua”, con apoyo de la convocatoria de Fondos de investigación (FPI) de la UNAN-Managua. El objetivo de este estudio es caracterizar la amenaza sísmica en toda el área de la universidad y determinar el fenómeno de amplificación del suelo en esta zona.

Torres, F., (2017), elaboró una investigación titulada “Zonificación por susceptibilidad a inestabilidad de laderas en el sector Sur de la Sub-cuenca central de Managua”, realizando un análisis de clasificación de inestabilidad de laderas en el Sur del municipio de Managua y la elaboración de un mapa utilizando un modelo matemático con ayuda del sistema de Información Geográfica, se definieron 5 categorías de zonas de susceptibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta. Siendo la muy alta las zonas de amenaza potencial con mayor altitud y la muy baja corresponde a las áreas con menor altitud y pendiente.

González, E., López, K. y Moscoso, K., (2017), desarrollaron su tesis en el Recinto Universitario Rubén Darío para optar al título de Ingeniero Civil titulado “Análisis de los periodos dominantes de vibración entre suelo y estructura en el Recinto Universitario Rubén Darío de la UNAN-Managua”. El trabajo investigativo está orientado a conocer los modos de vibrar del suelo y estructura, mediante la aplicación de la técnica de Nakamura mediante mediciones de ruido ambiental (micro tremores), adicionalmente obtuvo un mapa de microzonificación dinámica del suelo. Además, se estimaron modelos de velocidad de la onda de corte obteniendo velocidades promedio entre $V_s=334.817$ - $V_s= 351.466$ m/s, clasificando al suelo como moderadamente blando según el Reglamento Nacional de la Construcción de Nicaragua.

Pérez, D y Pérez, G (2017), desarrollo una investigación geológica en un terreno destinado a la construcción del Proyecto Inmuebles Countric. S.A colindante al lindero sur del terreno que se estaba investigando. Estratigráficamente el sitio está conformado por

rellenos antrópicos y por debajo depósitos volcánicos correlacionados al Grupo Managua. Este lote fue clasificado como Zona 1 “Regular” y el sector afectado por la presencia de fracturas como Zona VI “Alto Peligro Sísmico”

Silva Velásquez G., (2017), en abril del 2017 realizó un estudio llamado “Estudio de zonificación geológica por fallamiento superficial Plaza Natura Este” ubicado en el sector suroeste de Managua, a unos 150 m al oeste de la plaza Rigoberto López Pérez, en el margen norte de la Pista Suburbana, Distrito III de Managua con una superficie de 2.45 hectáreas. Esta investigación consistió en el análisis e interpretación de trabajos existentes realizados en áreas aledañas al sector, apertura y levantamiento geológico de 2 trincheras, dirección preferencial E-W con una profundidad promedio de 0.40 m con longitudes variables. Según los resultados obtenidos, el área investigada está constituida en su parte superior por capa de suelo reciente y deposito antrópicos, capas de material aluvial, capas de cenizas sueltas, tobas y pómez correlacionadas con el Grupo Las Sierras. En la parte oeste del terreno (en cortes longitudinales) se determina la presencia de depósitos asociados al Grupo Managua (pómez de apoyo y lapilli Fontana). Ninguna de las unidades del Grupo Managua muestra evidencias de afectaciones por fallas geológicas.

García, A. y Mercado, A., (2017), realizaron un estudio de “Amenaza por Inestabilidad de Ladera ante un Lahar en el sector de San José del Sur, Sacramento, Los Ángeles y San Lázaro, Isla de Ometepe. Para identificar terrenos inestables en el área todo esto se determinó a través del software TITAN2D con una simulación de la trayectoria de un flujo de lodo antiguo.

Carcache, P. y Luna, J., (2017), elaboraron un trabajo monográfico sobre “Evaluación de Inestabilidad de Ladera en la Cuesta del Plomo del Municipio de Managua, Nicaragua, con el objetivo principal de evaluar la inestabilidad en este sector, utilizando los métodos de equilibrio de límite para determinar la inestabilidad del área en condición estática, esto a partir del cálculo del factor de seguridad.

Dinarte, A. y Vásquez, F. (2017), realizaron su trabajo monográfico “Evaluación de estabilidad de talud en tres sectores de la comarca Jocote Dulce.” objetivo primordial, evaluar las condiciones de estabilidad que presentan tres sectores de la comarca Jocote Dulce, tomando como base las características de la zona obtenidas mediante pruebas de campo, laboratorio y la aplicación de métodos de análisis de estabilidad mediante empleo de software.

Castro, K. y Borge, G., (2016), elaboraron un trabajo monográfico titulado “Análisis de riesgo sísmico en el Recinto Universitario Rubén Darío de la UNAN-Managua, utilizando la herramienta de estimación de perdidas S.E.L.E.N.A” El estudio se enfocó en desarrollar los registros sísmicos de la falla Tiscapa y la falla geológica Zogaib, a una profundidad de 10 km.

Guido, O. y Fariñas, M. (2014), Realizaron una evaluación de estabilidad de talud inducidas por cargas estáticas y dinámicas en la Loma Chico Pelón, Managua-Nicaragua. Esta investigación se desarrolló en tres etapas principales. Primera etapa (campo), en esta parte se realizó el muestreo de suelos con SPT y se realizaron mediciones sísmicas. La segunda etapa (laboratorio), obteniendo parámetros físico-mecánicos de los suelos. La última etapa (evaluación de estabilidad del talud), por medio del software Geo-Studio, considerando parámetros como: geometría, propiedades físico-mecánicas, sobre-carga y propiedades dinámicas. Finalmente en esta fase se elaboró mapas de amenaza en las dos condiciones analizadas.

INETER [Instituto Nicaragüense de estudios territoriales] (2010), realizó un estudio titulado, “explicaciones de mapas de inestabilidad de terrenos y geología en tramos de carreteras entre Estelí, Cuesta Cucamonga y Condega”, está es una zona con presencia de montañas abruptas, cuyas elevaciones topográficas se encuentran entre 400 y 800 metros sobre el nivel del mar. En este estudio se describe la existencia de ocho taludes con geometrías que van desde moderados a empinados, fracturados y meteorizados, con alturas desde 6m a 8m y pendientes desde 22° hasta 35°, específicamente los sectores que han sido

afectados por efectos de derrumbes de rocas y detritos son aquellos ubicados entre el kilómetro 168 y 190 de la carretera Panamericana Norte.

En el año 2005, el Instituto de Geología y Geofísica antes conocido como Centro de Investigaciones Geo-científicas (IGG-CIGEO/UNAN – Managua) realizó estudios geológicos y geofísicos por fallamiento Superficial del terreno en el proyecto de Estadio Nacional de Fútbol (UNAN-Managua), con el objetivo de estudiar el sitio donde se proyectaba la construcción del Estadio Nacional de Fútbol y sus alrededores, aplicando diversos métodos geofísicos y geotécnicos. Los métodos geofísicos magnéticos, así como el eléctrico permitieron detectar anomalías relacionadas a estructuras geológicas como zonas de fallas y fracturas. Se identificaron 3 zonas limitadas por el cambio drástico de una curva magnética que se ha interpretado como la zona de falla Zogaib.

En el año 2005, el Msc. Valle, M. con la participación de Avellán, D. Espinoza, F. Sequeira, L. y Corriols, M. realizaron Estudios Geológicos-Geofísicos por Fallamiento Superficial del Terreno “Estadio De Fútbol UNAN-MANAGUA” Ubicado en el Recinto Universitario Rubén Darío. El objetivo principal de estudio es evaluar el peligro sísmico del sitio, por fallamiento superficial y zonificación del mismo, especificando el uso del suelo de acuerdo con a los parámetros establecidos en la matriz de planteamiento de la ciudad de Managua la cual está determinado por: A- Ruptura del terreno debido al fallamiento y B- Ocurrencia de otras alteraciones geológicas.

Pérez, R. y Rojas, J., (2005), realizaron un estudio titulado “Vulnerabilidad ante deslizamientos de tierra en la microcuenca las Marías”, De acuerdo a archivos históricos de estas instituciones, en el país se han presentado casos de deslizamientos; en el año 1570 se produjo un movimiento de tierra en las faldas del volcán Mombacho, el cual se considera catastrófico.). Otro caso detallado en el mismo documento es el Cerro Musun, el cual se localiza en Rio Blanco departamento de Matagalpa, cabe mencionar que la ocurrencia de este fenómeno se debió principalmente a la persistencia de precipitaciones en la zona (saturación del suelo), ya que el movimiento presentaba características de flujos de lodos y arrastre de materia vegetal.

Ulloa y Castrillo (2005), realizaron una tesis monográfica llamada: “Caracterización Geotécnica para propósitos de cimentación en el sitio donde se proyecta la construcción del Estadio de Fútbol, en terrenos de la UNAN-Managua”.

Por último, **Rodríguez, N., (2003)**, realizó un estudio geológico para la Universidad Iberoamericana, ubicado a 275 m al SE del área de estudio en el cual describe un potente espesor de suelo moderno con un espesor promedio de 0.40m el cual está sobreyaciendo la toba.

2.1.2 Marco Teórico.

2.1.2.1 Antecedentes Históricos.

Basado en el caso sucedido en 1876 en el cual se generó un gran deslizamiento en la parte Sur de Managua (El Crucero), dicho evento, aunque no existe en la memoria de la población actual, provocó grandes daños (materiales y humanos). Asimismo, se evidencia el suceso del día 4 de octubre de 1876 producto de intensa precipitación sobre Las Sierras y la ciudad de Managua se produjo un aluvión que se introdujo por la parte Sur-Oeste del camino a Ticomo, este fenómeno se caracterizó por el arrastre de materia vegetal y peñascos voluminosos, además de los centenares de muertos, heridos y damnificados (Halftermeyer, 1946). Debido a esto los trabajos ejecutados por la Dirección de Geología Aplicada de (INETER C. , 2005), a partir de 1999 demostraron que la ocurrencia de eventos de inestabilidad en el área de Managua, es más frecuentes de lo que anteriormente se asumía.

Otro ejemplo claro de este fenómeno, fue el ocurrido en el año 2010, en el barrio Camilo Ortega donde se produjo un derrumbe de material, producto de la saturación del suelo que ocasionó la muerte de tres personas al soterrar la vivienda. La ciudad de Managua se caracteriza por ser una zona de escaso relieve, pese a esto se tienen registros de eventos catastróficos como lo que se mencionaron anteriormente, identificando así puntos vulnerables, un ejemplo de preocupación es la Loma Chico Pelón donde se presentan problemas de erosión y la presencia de fallas geológicas, por lo cual en el año 2011, se efectuó un desalojo por parte de la alcaldía y SINAPRED, otros puntos susceptibles son el cerro Motastepe y los Martínez, en ambos casos los suelos presentan características arenosas. INETER

En el año 2012, según el artículo de la PRENSA titulado “*20 puntos vulnerables de deslizamientos*”. Como se mencionó anteriormente en la zona de Pochocuape se efectuaron

evacuaciones y a su vez trabajos de prevención contra deslizamiento, dado que éste sitio es evidente la inestabilidad que presenta y el riesgo que implica.

Datos de (INETER, 2013) muestran que en el año de 1998 el huracán Mitch generó un deslave en el volcán Casitas ubicado en el departamento de Chinandega; este provocó la muerte de 3,800 personas, damnificados, afectaciones ecológicas y daños que ascendieron a un total de 988 millones de dólares.

El día 10 de abril del año 2014, un sismo de 6.2 grados Richter con epicentro en el Norte del lago de Managua provocó derrumbes en varias carreteras del país, una de ellas la carretera vieja a León y el 16 de octubre de ese mismo año, producto de la intensa precipitación se produjo un derrumbe de un muro perimetral, el colapso dejó soterradas tres viviendas atrapando a 13 personas, de las cuales nueve de ellas perdieron la vida y cinco fueron rescatadas. Esta zona es considerada no habitable dado el peligro de deslizamientos y desborde de un cauce en el lugar (Prensa, 2014).

Según el artículo “*Derrumbes en la isla de Ometepe*”, publicado por el nuevo Diario en el año 2016, producto de las precipitaciones causadas por el huracán Mathew se originaron derrumbes en el volcán concepción, un primer derrumbe afectó la zona de la comunidad los Ramos y presentó una extensión de 2 kilómetros lo que provocó afectaciones en la vía que va desde Moyogalpa hasta Altagracia. Un segundo derrumbe en la comunidad San Marcos (Altagracia) ubicada al Noroeste del volcán Concepción, el flujo se presentó con arrastre de piedra y lodo, provocando afectaciones en los caminos de acceso y tuberías de agua potable.

En la Reserva Cerro Mokorón a través del tiempo se han presentado afectaciones de este tipo, un ejemplo de este fue el ocurrido a partir de los sismos del año 2014, los cuáles provocaron desprendimiento de masas de suelos de la estructura del talud, caída de material vegetal que obstaculizaron la vía, exponiendo la vida de los ciudadanos que circulan por el lugar, además de las afectaciones provocadas por la erosión hídrica. Asimismo, en épocas anteriores las gradas del estadio cuando estaban en construcción sufrieron daños por

movimientos del terreno se puede mencionar que constantemente se siguen presentando este tipo de mecanismos los cuales se convierten en una amenaza para la ciudadanía de este sector. En épocas anteriores las gradas del estadio de Fútbol de la UNAN-Managua estando en construcción sufrieron daños por movimiento de terreno.

2.1.2.2 Geología Regional de Nicaragua.

Centroamérica está localizada en el extremo Oeste de la placa Caribe. Esta placa está rodeada por las placas de Norte América y Cocos al Suroeste, la de Nazca al Sur y la de Sudamérica al Este. El contacto Cocos-Caribe es de subducción Las placas de Nazca y Caribe están limitadas por el Cinturón Deformado del Sur de Panamá (CDSP). Las fallas de rumbo de Polochic-Motagua-Chamelecón (ZFPMCH), Zona de Fractura de Panamá (ZFP), y la Zona de Sutura del Atrato (ZSA) forman respectivamente los límites de placas Norteamérica-Caribe, Cocos-Nazca y Caribe-Sudamérica (Talavera, 2008) (Figura 2).

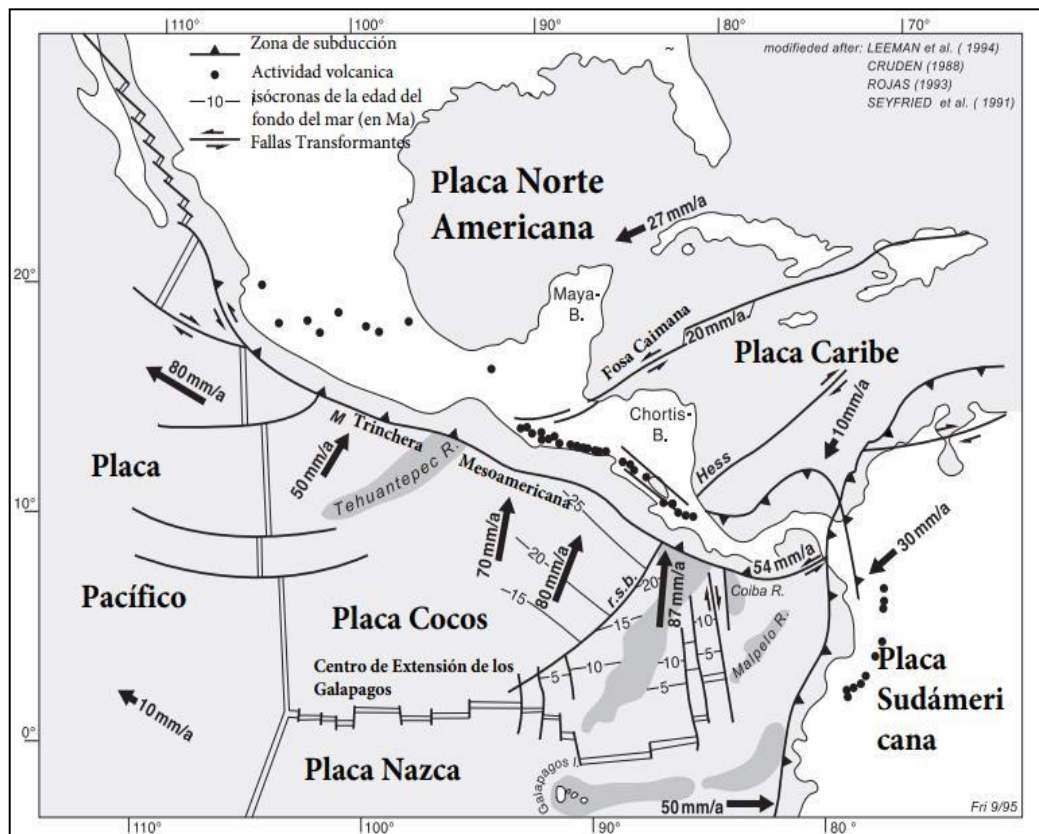


Figura 2. Tectónica regional de América Central

Fuente: (Frischbutter, 2002)

En el istmo Centroamericano la placa del Caribe está dividida en dos elementos estructurales; el Bloque Chortis que conforma América Central del Norte y el Bloque Chorotega de América Central Sur (Hodgson, 2002) los cuales se describen a continuación:

- El Bloque Chortis geográficamente incluye la parte Norte de Guatemala, El Salvador, Honduras y la parte noroeste de Nicaragua. El basamento de este bloque es de naturaleza continental, formado por rocas metamórficas de edad del Paleozoico a Pre-Terciario e intruído por numerosos plutones de diferentes edades (Dengo, 1983). Limita al Norte con la falla Polochic- Motagua y en el Sureste por la falla del Escarpe de (Frischbutter, 2002). El Bloque Chorotega comprende la parte Sur de Nicaragua y se extiende hasta la parte central de Panamá. El basamento de este bloque es de naturaleza oceánica, constituido por basaltos masivos en almohadillas, gabros, peridotitas y peridotitas-serpentinizadas, se destacan depósitos sedimentarios con abundantes restos de fósiles (Dengo, 1983)

La configuración geológica de Nicaragua se originó aparentemente en el Paleozoico y culminó con la intensa actividad volcánica, del principio del Cuaternario, fue afectada por una serie de fenómenos muy característicos, pero estos no fueron iguales en todas las zonas del país (Hodgson, 2002)

Una de las diversas clasificaciones disponibles para la descripción de las provincias geológicas de acuerdo a sus eventos de formación, fue la propuesta de Hodgson, G., en 1976, (**Figura 3**):

- 1) Provincia de la Planicie Costera del Pacífico:** En esta provincia se depositaron grandes espesores de rocas sedimentarias intercaladas con materiales volcánicos e intrusiones ígneas. Las edades de estas rocas varían desde el Cretáceo hasta el Terciario Superior.
- 2) Provincia de la Depresión o Graben de Nicaragua:** Está compuesta por rocas volcánicas y sedimentos, de edad Cuaternaria a Reciente. Caracterizado también por

presentar fosa de mar profundo, regiones de plataforma, cadenas de arcos de isla activos, terremotos y rasgos tectónicos activos. . En esta provincia se encuentra el área de estudio.

3) Provincia del Área 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.

4) Provincia del Norte de Nicaragua: Está definida por la abundancia de rocas metamórficas cortadas por intrusivos de composición básica a ácidas y representadas por relieve montañoso de mayor elevación en Nicaragua.

5) Provincia de los Llanos de la Costa Atlántico: Se caracteriza por una geomorfología relativamente baja, parcialmente ondulada y cubierta por depósitos recientes aluvionales con predomios de rocas sedimentarias del Pleistoceno.

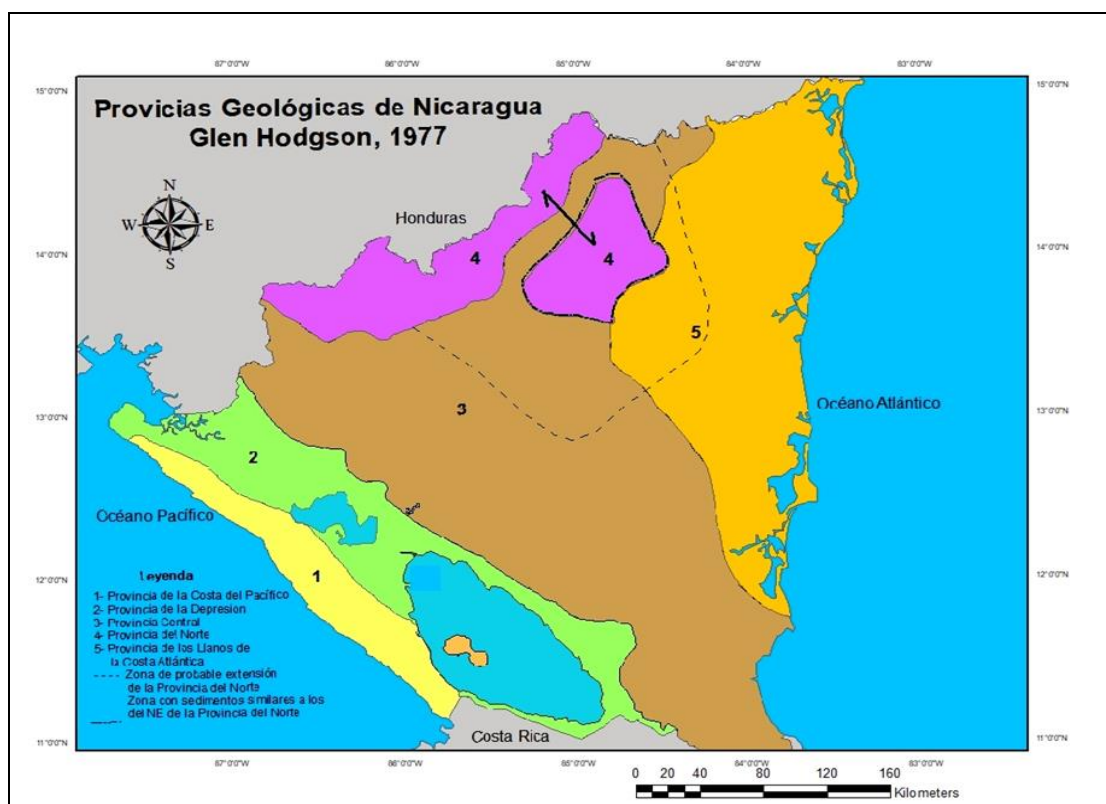


Figura 3. Mapa de Provincias Geológicas de Nicaragua.

Fuente: (Hodgson, 1977).

2.1.2.3 Sismicidad de Nicaragua.

Nicaragua está ubicada en el margen Oeste de la placa Caribe, interaccionando con la placa Coco, por la colisión de estas placas, se determina que Nicaragua es un país altamente sísmico. La mayoría de sismos en Nicaragua se concentran en el Pacífico que se delimitan en la zona de Benioff la cual se extiende a una profundidad entre los 200-300 km. (INETER, 2017).

Nicaragua es el escenario de sismo de gran variedad, desde su profundidad, magnitud, epicentro e hipocentro, en base a su historia se determina que es un país con un alto grado de amenaza y riesgos sísmicos ya que sus infraestructuras son vulnerables a sismos y destrucción por terremotos originados por el fallamiento superficial. (INETER, 2017)

La placa Coco se hunde debajo de la placa Caribe, fundiendo el material de placa oceánica debido a las altas temperaturas, la mayoría de los casos este material asciende verticalmente, de esta manera se forma el arco volcánico Nicaragüense, originando sismos superficiales llamados interplacas. De igual manera el fallamiento superficial genera este tipo de sismos, como sucedió en los terremotos de 1931 y 1972 originados por fallas que estaban activas en Managua (Terremoto de 1931; Falla Estadio y Terremoto de 1972; Falla Tiscapa).

Managua se ha visto afectada por fuertes terremotos que han dejado miles de muertos y millones de dólares de pérdidas económicas. En el año 1931 se produjo un terremoto por la activación de la falla Estadio, el cuál originó una ruptura de 2 km de longitud, se consideró que tuvo una magnitud de 5.8, este ocasionó graves daños debido al epicentro del sismo, localizado en el centro de la ciudad (Leeds, Destructive earthquake of Nicaragua. Earthquakes engineering research institute conference proceedings., 1973)

Según (Knudson, Stron-motion instrumental records of the Managua earthquake of December, 1974), en el año de 1968, se produjo un segundo terremoto, éste provocó graves

afectaciones en el sector de la colonia Centroamérica; una de las características principales de este evento fue su magnitud de 4.5 y la profundidad del epicentro de 5 km, intensidad de VII y aceleraciones de 0.15 g.

En 1972, se produjo un tercer terremoto, el cual es considerado uno de los eventos más devastadores que han afectado Managua. El movimiento fue originado por la falla Tiscapa con una magnitud de 6.2 en la escala de Richter su intensidad fue variable en distintas zonas de la ciudad, causó daños en 27 km² de los cuales 13 km² destruyó en todo el centro de Managua, dejando 10,000 personas fallecidas. El epicentro se produjo en el sector W de Managua, ocasionando la activación de la fallas Chico Pelón, los Bancos, Zogaib y Tiscapa siendo esta última la principal causante del evento sísmico así lo describe (Valle, Daños causados por los temblores del 23 de Diciembre de 1972 en las contrucciones de Managua, México, 1973).

En 1992 murieron más de 170 personas en su mayoría niños, debido a una ola de hasta 10 metros de altura, 45 minutos antes un sismo ocurrido en el fondo del océano Pacífico habría provocado este evento. Todavía no existía la red sísmica INETER las únicas dos estaciones sísmicas existentes detectaron el terremoto. Pero nadie estuvo presente en INETER para procesar la información (INETER, 2017)

En abril del 2014, Nicaragua sufrió un nuevo sismo de magnitud 6.2 en la escala de Richter, según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), su epicentro se localizó al SW del lago Xolotlán, a unos 5 km al E de Nagarote, con una profundidad de 10 km al W de Valle de San Francisco y a 13 km de profundidad. El mismo duró aproximadamente 45 segundos y fue percibido en toda Centroamérica.

En la **figura 4**. Se muestran las zonas sísmicas de Nicaragua según (RNC, 2007) la diferencia entre colores representa el rango de riesgo respecto a los factores dinámicos.

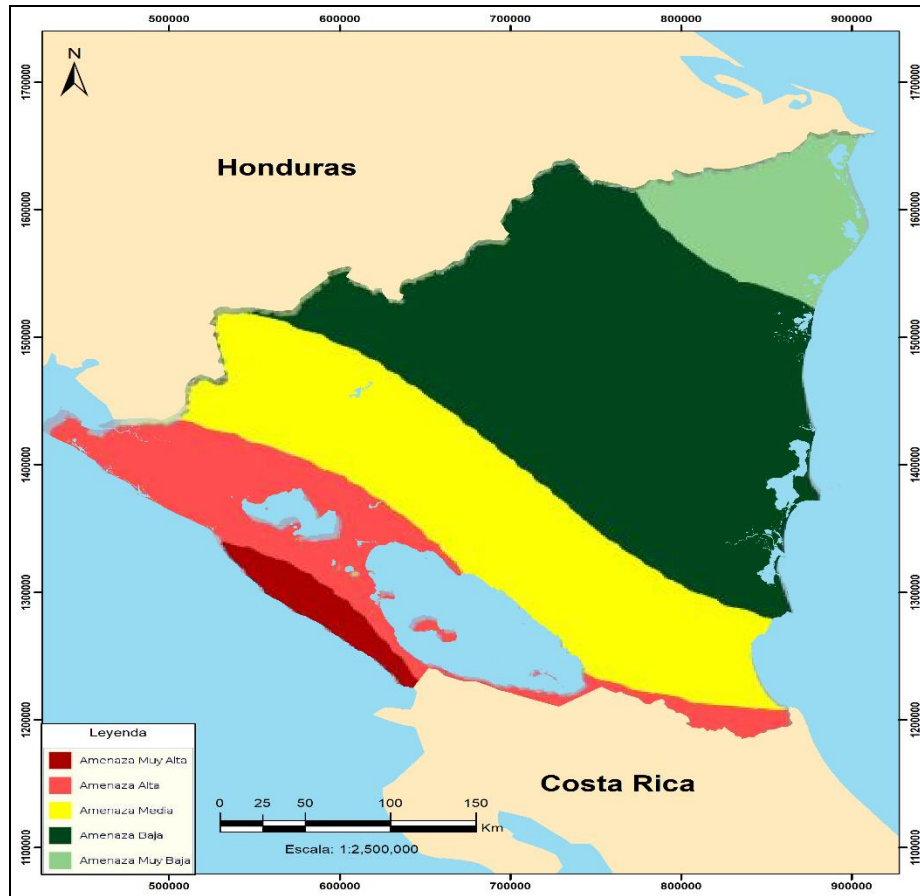


Figura 4. Mapa de Amenazas Sísmicas.
Fuente: Redibujado (RNC, 2007)

Como se describe, la ciudad se encuentra asentada sobre numerosas fallas geológicas de las cuales 28 se encuentran activas así lo describe (Brown, 1973). Dichas fallas corresponden al 59 % de las amenazas totales del departamento y un 41% de la zona de subducción, considerando las zonas volcánicas y montañosas.

2.1.2.4 Condiciones geológicas de Managua.

Según INETER, 2002 las principales fallas que recorren la ciudad en la parte central tienen poca longitud por lo que pueden generar terremotos relativamente moderados con una magnitud máxima probable de 6.5 en la escala de Richter. Contrariamente, las fallas que

conforman los límites Este y Oeste del Graben de Managua (falla Mateare y Cofradía) podrían causar terremotos mucho más destructivos.

Managua se ubica dentro de las cordilleras volcánicas de Apoyeque al Noroeste y Masaya al Sureste. En esta parte y sus alrededores es posible reconocer pequeños y numerosos edificios volcánicos y remanentes de volcanes de los que se puede mencionar: Santa Ana, Asososca, Tiscapa, Ticomo, Motastepe como se puede observar en la (Figura 5).

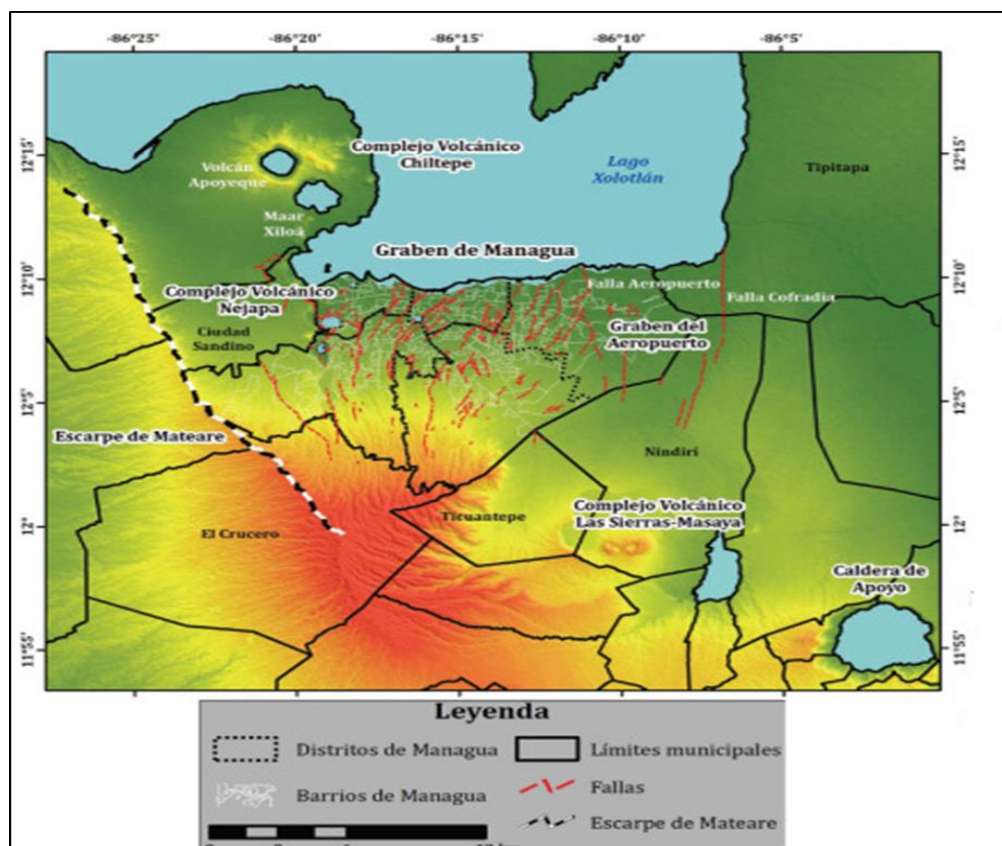


Figura 5. Fallas geológicas y estructuras volcánicas de Managua.

Fuente: (INETER, 2017)

Los suelos se originaron por erupciones volcánicas ocurridas entre el final del Terciario e inicio del Cuaternario, estos se caracterizan por la presencia de volcansedimentos, de forma general estos suelos están conformados por el grupo La Sierra, en los cuales se reconocen ignimbritas, ondas piroclásticas (Hradecky, 1997 y 2001) y piroclastos

de caída, relacionados a explosiones regionales de calderas. El Grupo Managua que corresponde a suelos superficiales los cuáles están descritos en:

Grupo Managua.

Los investigadores Woodward y Clyde fueron de los primeros en estudiar la estratigrafía de Managua y de asignar el nombre del grupo Managua y el nombre de las unidades que subdividen estos depósitos, el grupo esta superpuesto al grupo La Sierra (Figura 6).

Los materiales que constituyen el grupo Managua, fueron depositados sobre las formaciones que corresponden al grupo La Sierra; esto como consecuencia de erupciones volcánicas de Nejapa, Masaya, Apoyeque y Tiscapa. Estos materiales corresponden a piroclastos con poca compactación que se depositaron durante el periodo Cuaternario (Hodgson, 2002)

Los elementos que conforman este grupo se encuentran separados por pequeñas capas de suelos fósiles, esto es un indicador de periodos de cortes e interrupciones de las actividades volcánicas, dichos elementos se describen a continuación:

Fontana lapilli (hormigón)

Es uno de los elementos más distribuidos en Managua y muy fácilmente reconocible, se trata de capas de polvo, cenizas y lapilli basálticas negras, separadas por dos o tres capas blanquecinas, bien compactadas, especialmente entre las partículas de lapilli (Hodgson, 2002).

Toba pomácea

Ésta comprende el grupo de pómez inferior se encuentran distribuida en Managua y en algunos afloramientos, se pueden diferenciar tres capas individuales hasta de un metro de espesor, todas están separadas por suelos que han sido desarrollados en su parte superior, indicando que hubo interrupciones de las actividades volcánicas durante la deposición de las capas de pómez (Hodgson, 2002).

Lapilli negro intermedio

En esta unidad los fragmentos son basálticos con un alto contenido de partículas de arenas negras, limos, y cenizas. Puede observarse en afloramientos al este de Managua, cerca de villa fontana y en los alrededores del Banco Central.

Gravas de Altamira

Son gravas y arenas bien calibradas y estratificadas, con algunas capas muy frágiles con ausencia de fragmentos menores de arcilla o polvo en su base, aunque en la parte superior se observan materiales finos.

Cenizas de Tiscapa

Se caracteriza por contener lapilli claro a gris oscuro alternado con ceniza.

Cenizas de Motastepe

Esta unidad corresponde a un paquete de arena, ceniza y limo bien estratificado con capas de cenizas compactas de pequeño espesor separando las capas.

Formación San Judas o Triple capa Masaya

Esta unidad, está formada por dos o tres capas delgadas de toba, bien compactadas intercalada con lapilli. Se encuentra en casi toda el área de Managua, es una buena capa guía para la determinación de las estructuras del sub-suelo.

Tobas del Retiro o Toba Masaya

Son tobas compactas de granos finos, de color amarillento en su parte superior y gris claro en la parte inferior, es la unidad más distribuida en Managua.

Suelos recientes

Consiste en depósitos aluvionales de materiales piroclásticas superficiales que fueron meteorizados. Los cauces, arroyos y valles han sido rellenados con estos materiales alcanzando espesores hasta de 5 m, son suelos arcillosos y amarillentos.

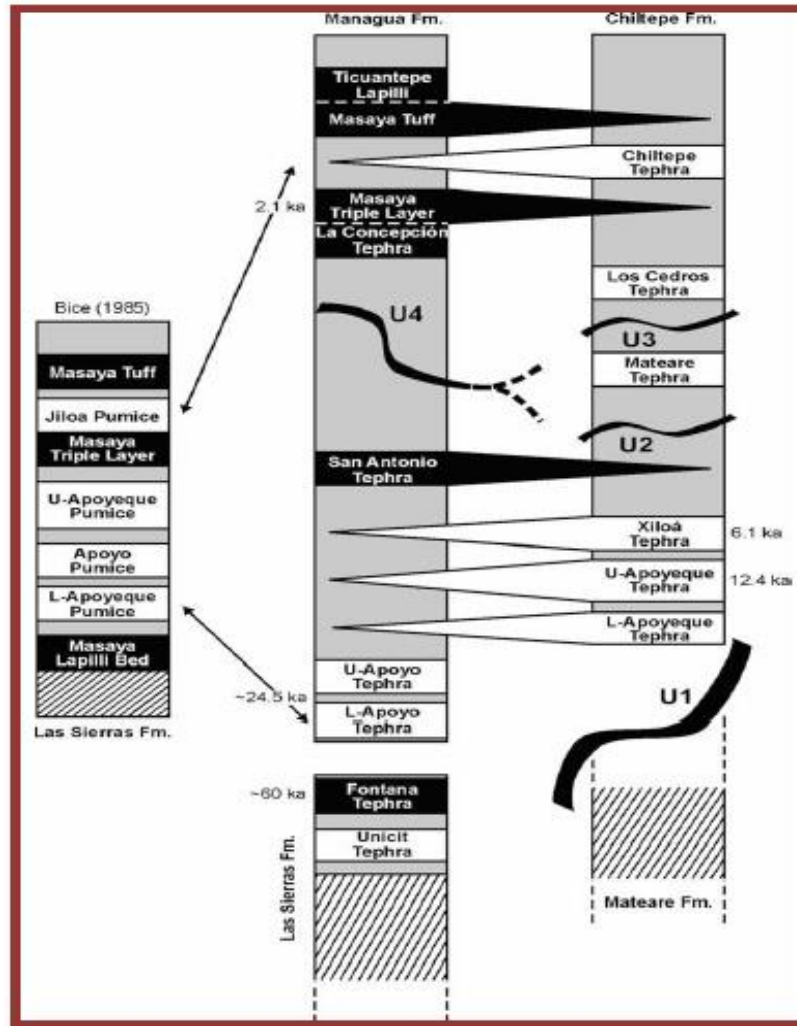


Figura 6. Columna estratigráfica generalizada de Managua.

Fuente: (Kutterolf et al., 2007).

2.1.2.5 Topografía.

Ferrer (1976), Describe que Managua se asienta en una superficie plana con una inclinación suave orientada al Norte, su relieve se caracteriza por la presencia de formaciones de origen volcánico tales como, Cráter Tiscapa, Nejapa, Asososca, Valle Ticomo, entre otros. En la **figura 7**, se muestran los intervalos de las pendientes que conforman la topografía de Managua.

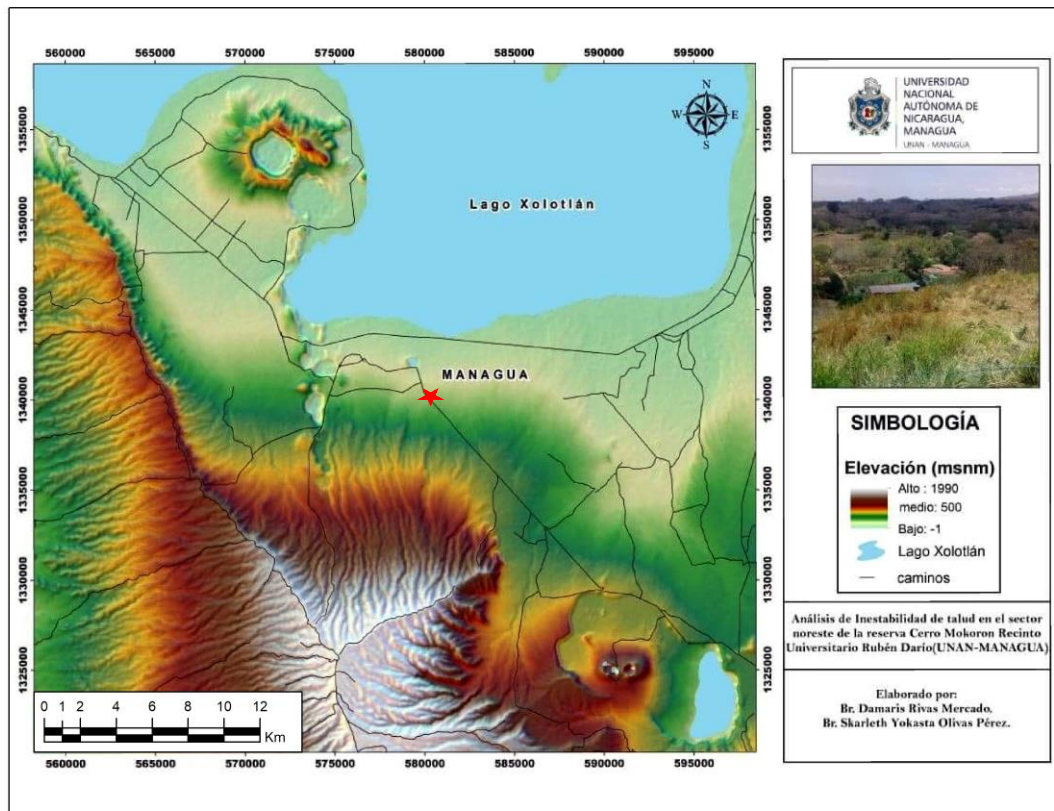


Figura 7. Pendientes del terreno en Managua.

Fuente: Redibujado de (INETER, 2017)

2.1.2.6 Geología Local.

A continuación se describe cada depósito desde la capa basal hasta la capa superior, en ese orden, según la recopilación de información obtenida por (Calero, J. y Mejia, B. , 2019)

Suelo Fósil (Psf2).

Suelo fósil arenoso-gravoso muy meteorizado, contiene fracturas rellenas por carbonato de calcio. (Calero, J. y Mejia, B. , 2019)

Depósito de oleada piroclásticas (Po)

Estratificado, conformado por 4 capas volcánicas intercaladas de ceniza, escoria, ceniza. (Calero, J. y Mejia, B. , 2019)

Depósito de Flujo de Ceniza (Pfc)

Localizada próxima a la Unidad de Transferencia del RURD, UNAN-Managua se observan fracturas rellenas por carbonato de calcio. (Calero, J. y Mejia, B. , 2019)

Suelo Fósil (Psf1)

Consiste en un suelo fósil muy meteorizado de un espesor de hasta 2.65 m. (Calero, J. y Mejia, B. , 2019)

Pómez de Apoyo (Ppa)

Consiste en una capa de Pómez de caída, de color rosa, tiene hasta 0.44 m de espesor, se presenta muy vesicular, esta no se encuentra compactada, sus fragmentos son angulosos y sub-anguloso de tamaño lapilli, de aproximadamente 30 mm, con alteraciones de carbonato de calcio, se presenta con gradación inversa, Bice, (1985), la define como un raro depósito de pómez por su matiz rosáceo.

Depósito de Oleada Piroclásticas (Hoc)

Es un depósito de oleada piroclásticas estratificado, con secuencia de 1.70 m estratificado. (Calero, J. y Mejia, B. , 2019)

Depósito de Flujo Piroclásticas (Hfp)

Es un horizonte de flujo piroclásticas con fragmentos angulosos de Lapilli y bloque de hasta 15 cm de composición básica los fragmentos de este depósito son bastante vesicular. (Calero, J. y Mejia, B. , 2019)

Suelo Fósil (Hsf2)

Contiene líticos de lapilli en todo el horizonte bien distribuidos fragmentos de Pisolitos en su parte intermedia. (Calero, J. y Mejia, B. , 2019)

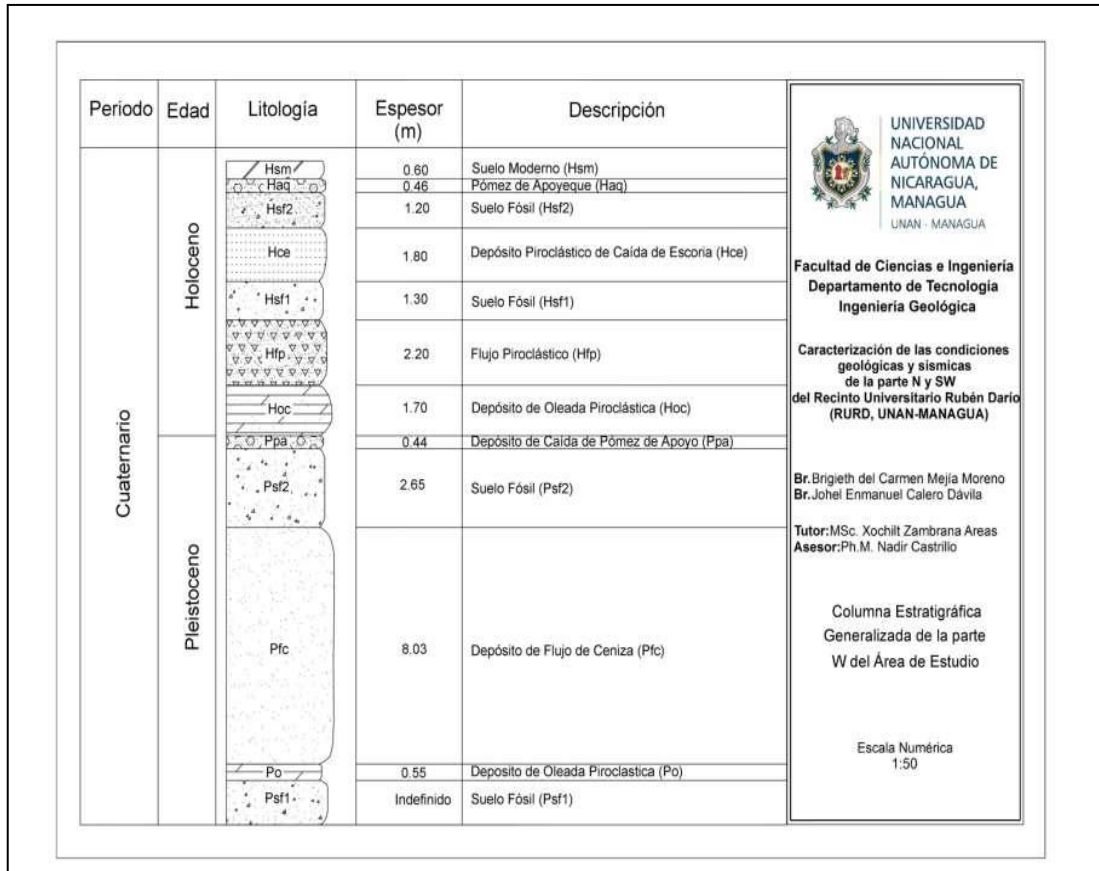


Figura 8: Columna generalizada de los afloramientos encontrados en las 5 estaciones geológicas realizadas en la parte W del área de estudio.

Fuente: (Calero, J y Mejía, B., 2019).

2.1.2.7 Falla Zogaib-Escuela.

El sistema de falla Zogaib-Escuela se encuentra en el extremo Sur-Oeste de la ciudad de Managua. El escarpe de esta falla tiene una orientación Este con rumbo Norte-Sur, al Oeste de la Colonia Miguel Bonilla (antes Zogaib). La altura de este escarpe se presenta en forma de colina conocida como Mokorón (40 m), la cual decrece en altura en su rumbo hacia el Norte, casi desapareciendo al Suroeste del Reparto San Juan. Al Norte de

este reparto, cambia de rumbo hacia el Noreste uniéndose con la falla Escuela con la cual forma un solo sistema. El ancho conocido de la zona de la falla es de 10 metros y el tipo de falla es predominantemente normal, o inverso, con el desplazamiento hacia el Este, lo cual se define su buzamiento en esa dirección. El desplazamiento total, el cual se define por la topografía es de 40 metros. Con una longitud verificada de 2.7 kilómetros. La unidad más reciente que desplaza esta falla es la formación San Judas según INETER

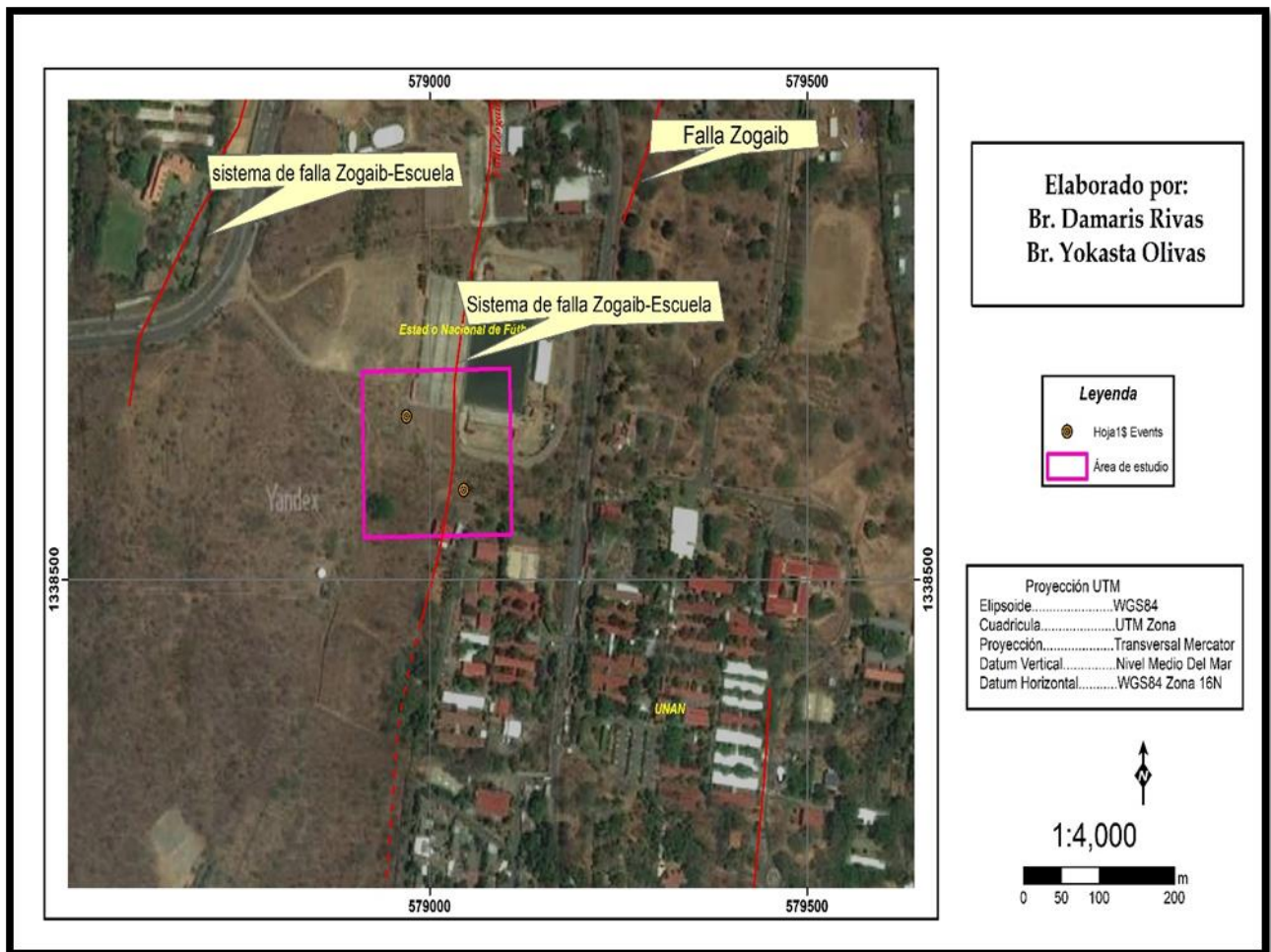


Figura 9: Mapa de fallas geológicas de Managua cercana al área de estudio.

Fuente: Propia

2.1.1.8 Generalidades de los taludes

La estabilidad se refiere a la seguridad que demanda una masa de suelo contra fallas o movimiento, se asocia a las propiedades del suelo, pendientes y cargas actuantes, por tanto, se puede decir que un talud será estable o inestable dependiendo de los materiales que lo conforman (Fellenius, 1936).

Según, (Suárez J. , 2011) existen dos tipos principales de taludes; los construidos por el hombre y ladera naturales. La diferencia entre cada uno radica en la Composición del material que lo forma, historia geológica, condiciones dinámicas, clima y la influencia que ha ejercido el hombre sobre ellos.

La permanencia de las laderas se ve afectada primordialmente por un desequilibrio en las fuerzas internas y externas que actúan sobre la superficie del terreno, dicho desequilibrio se origina cuando las fuerzas desestabilizadoras superan a las fuerzas estabilizadora o resistente, esto se debe a una alteración de las fuerzas ya existente o aplicación de nuevas fuerzas externas ya sean estáticas o dinámicas. Esto lleva como consecuencia la creación de diversos mecanismos encargados de originar lo que se conoce como movimientos de masas, derrumbes y deslizamientos (Vallejo, 2000).

Los deslizamientos son movimientos que se produce como consecuencia de un aumento en la resistencia al corte del material, se origina a lo largo de una superficie bien definida o sobre una franja muy estrecha, la velocidad que presentan los movimientos es variables y depende del material que se vea involucrado (Suarez J. , 2013).

Definición de talud: Es una superficie que no se encuentra completamente en posición horizontal, lo cual puede conllevar a un movimiento de la masa que lo constituye; esto es causado por la acción de la gravedad (Das, 1985).

Según (Matteis, 2003), se pueden distinguir dos tipos de taludes dependiendo del material que lo constituye:

Talud natural: cuando el talud se forma de origen natural, se dice que no existe intervención humana la cual influyo en su debida formación de esta manera se define un talud natural o también conocido como ladera (Yague, 1997)

Talud artificial: cuando son contruidos por el hombre según sea la génesis de formación, se conocen también como terraplenes.

Partes de un talud (Figura 8):

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, cima 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.

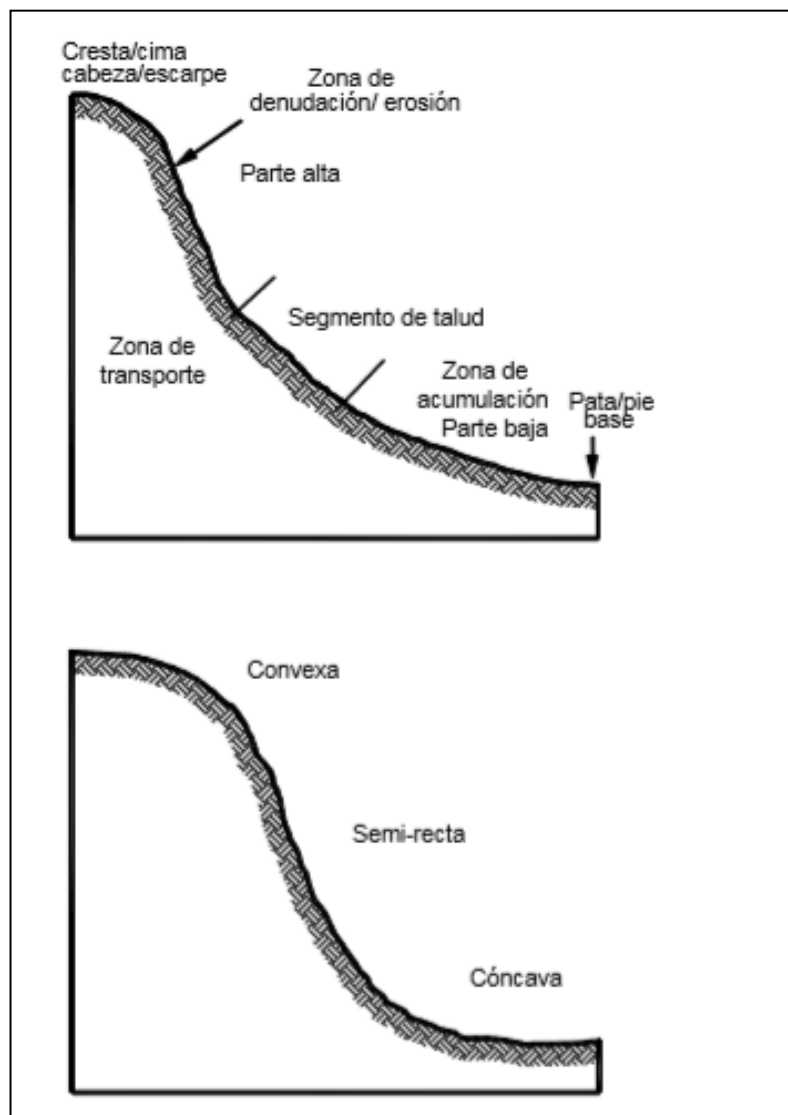


Figura 10: Partes de un talud

Fuente: (Suarez, 2013)

Partes de un Deslizamiento.

Se muestra un deslizamiento típico o desplazamiento en masa. Las partes principales son las siguientes (**Figura 15**):

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.

Estabilidad. Según (Matteis, 2003) afirma, que la estabilidad no es más que la seguridad que necesita una masa de suelo para no llegar al colapso. Para alcanzar esta seguridad es conveniente considerar la geometría, pendiente, características intrínsecas del suelo, ángulo de rozamiento interno y cohesión.

De manera general se puede decir que los factores que afectan la estabilidad de un talud se encuentran relacionados con los esfuerzos actuantes y resistente de la zona posible de falla, muy raras veces estos factores llegan a combinarse (Morales, 2003) En la **tabla 2**. Se describe de manera muy detallada cada uno de los factores que influyen en la inestabilidad del talud.

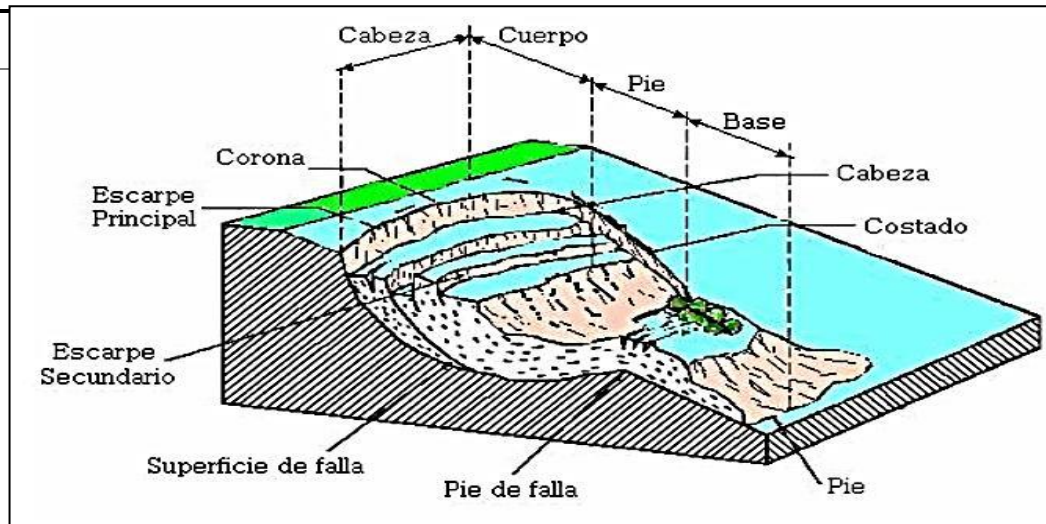


Figura 11: Nomenclatura de un deslizamiento.

Fuente: (Suárez 2013)

Factores	Definición	Clasificación
Internos	Se relacionan con el origen y composición del suelo; la presencia de agua provoca un aumento de la presión en la masa de suelo causando una disminución de la resistencia al esfuerzo cortante en la zona posible falla.	➤ Geológico: Litología, estructura, meteorización y génesis de formación de los distintos depósitos o materiales. ➤ Geomorfológico: morfogénesis, morfometría (pendiente, forma de la pendiente), morfodinámica (procesos de estabilidad y de erosión). ➤ Geotécnicos: las propiedades físicas del suelo, propiedades mecánicas y propiedades hidráulicas. ➤ Hidrogeológicos, hidrológicos: cambios en la presión de poros o presión hidrostática y comportamiento geo mecánico.
Externos	Se relacionan con los fenómenos ajenos a la naturaleza del talud, como es el clima, sismos y factores antrópicos.	➤ Clima: el principal detonante de la inestabilidad de un talud es la precipitación, ya que provoca un aumento en la saturación del terreno, conllevando a un aumento en el peso volumétrico y reducción de la resistencia al cortante por cambios de presión de poros. ➤ Sismos: las ondas sísmicas originan un efecto de amplificación producto de la topografía y del material a través del cual se desplazan las ondas. ➤ Factores antrópicos: se relacionan directamente con acciones del hombre que afectan la naturaleza del talud como: Cortes, Sobrecargas, tala de árboles, etc.

Tabla 2. Factores de inestabilidad en un talud Fuente: (Morales, 2003)

2.1.2.9 Movimientos de laderas (movimientos en masa).

Se entiende movimiento de ladera al movimiento de una masa de roca, suelo o derrubios, de una ladera en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad (Cruden, 1991) Los hundimientos de cavidades o de materiales están excluidos de estos movimientos (Varnes, 1958, 1978).

Clasificación de los Movimientos en masa.

La clasificación de los movimientos de ladera se basa fundamentalmente en el mecanismo de rotura y propagación de movimiento utilizando básicamente criterios morfológicos. Se consideran cuatro tipos básicos de movimientos (Varnes, 1958, 1978).

Deslizamiento: En este tipo de movimiento de ladera el desplazamiento del terreno se produce sobre una o varias superficies de rotura bien definidas. La masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad, prácticamente sin deformación interna, en su recorrido. La velocidad suele ser variable e implican a volúmenes grandes en general, aunque no siempre (Antoine, 1992)

En función de la geometría de la superficie de rotura se puede discernir entre deslizamiento traslacional o planar, cuando la superficie es un plano con una inclinación más o menos constante, cuando la superficie de rotura es de una superficie cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados (Antoine, 1992) y se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera. Por el contrario, los deslizamientos traslacionales suelen producirse sobre materiales heterogéneos con superficies de discontinuidad bien definidas. Cuando los movimientos de ladera tienen una superficie de rotura con una geometría mixta se denominan deslizamientos compuestos (Antoine, 1992).

Entre los movimientos de ladera tenemos:

Flujo: Bajo este sustantivo se agrupan a diferentes movimientos de ladera que tienen en común la deformación interna y continua del material y la ausencia de una superficie neta

de desplazamiento (Varnes, 1958, 1978)). En algunos casos la superficie de rotura se puede asimilar a toda una franja de deformación. Las diferencias estriban en el material implicado, su contenido en agua y la velocidad de desarrollo, de lenta (reptación) a súbita (flujos de rocas). Los más comunes son los movimientos en suelo (flujos o coladas de tierra o barro), movimientos de derrubios (flujos de derrubios) o bloques rocosos (flujos de bloques). Este tipo de movimientos tienen lugar en laderas cubiertas por material no consolidado y el agua es un motor principal en el proceso. Son movimientos muy rápidos y frecuentemente están relacionados con tormentas.

Desprendimiento: Corresponde al rápido movimiento de una masa de cualquier tamaño de roca o de suelo en forma de bloques aislados o material masivo. Los desplazamientos se producen principalmente en sentido vertical por caída libre, son típicos en macizos rocosos y generalmente están controlados por las discontinuidades. Este tipo de movimientos requiere una topografía como escarpes o pendientes fuertes y se caracterizan por la acumulación de bloques de tamaño variable en el pie de ladera. (Chacon, 1996).

Movimientos complejos: Son aquellos que resultan de la combinación de dos o más tipos de movimientos elementales descritos anteriormente. Estos movimientos alcanzan generalmente gran tamaño (Antoine, 1992) afectando, a veces, a laderas completas. En la zona de estudio los más frecuentes son los conformados por un movimiento traslacional en cabecera y un flujo al pie.

Derivas o extensiones laterales: Este término hace referencia al movimiento de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente sobre un material blando y deformable. Como consecuencia de esta diferencia de competencia entre el material suprayacente y el infrayacente, se produce la fragmentación de las capas superiores y los desplazamientos diferenciales. Los bloques se desplazan lateral y lentamente a favor de pendientes muy bajas. No son movimientos frecuentes y suelen ser bastante extensos. (McMaster, 1990).

Vuelcos: Un vuelco consiste en una rotación hacia afuera de la ladera de una masa de roca o suelo, en torno a un punto o eje por debajo del centro de gravedad de la masa desplazada

(Varnes, 1958, 1978) Los vuelcos se producen principalmente en escarpes en donde existen fracturas verticales en el terreno que son las causantes de separar las columnas rocosas, o de tierras, susceptibles al vuelco. Las velocidades son, en su inicio, lentas, pero suelen acelerarse hasta ser extremadamente rápidas. Los efectos destructivos son similares a los desprendimientos.

Los vuelcos se pueden considerar exclusivamente como un medio rocoso condicionado por la disposición estructural de los estratos hacia el interior del talud en base a un sistema de discontinuidades bien desarrolladas. De este tipo de inestabilidades existen varias:

Vuelco por flexión: Tiene determinadas características que le confieren cierta singularidad entre los vuelcos.

Los vuelcos que se originan por flexión se desarrollan bajo un mecanismo compuesto por flexiones de un material, individualizado en columnas, debido a una serie de movimientos acumulados a lo largo de una discontinuidad.

Cuando se desencadena la inestabilidad, por transmisión de carga en el pie del talud, el mecanismo progresa hacia el interior del macizo rocoso, originando grietas de tracción con profundidad y anchura variable (Varnes, 1958, 1978).

Vuelco de bloques: Es característico de aquellos macizos rocosos que contienen sistemas de discontinuidades ortogonales, dando lugar a una geometría de columnas divididas en bloques. El empuje sobre los bloques inferiores origina su desplazamiento y una vez producido, el movimiento progresa hacia la parte superior del talud. Cuando las columnas menos esbeltas son desplazadas hacia fuera del mismo, por la carga efectuada, ya giradas en una dirección, se reinicia de nuevo el proceso (Varnes, 1958, 1978).

Vuelco mixto: Es un caso que participa de las características de los dos anteriores descritos. Se produce cuando los bloques son alargados, debido a esfuerzo por flexión en el

pie del talud produciendo movimientos relativos en las distintas unidades que lo componen. (Corominas, 1989)

2.1.2.10 Método de equilibrio límite (MEL).

(Castro y Gonzáles, 2013), indican que, este método es uno de los más utilizados para estudio de estabilidad de taludes, los cuales a través de los años han demostrado su eficacia y sencillez. Dicho método se basa en las aplicaciones de las leyes estáticas, que permitan determinar el estado de equilibrio en que se encuentran una masa de tierra inestable. Este método no toma en cuenta las deformaciones del terreno y asume que la resistencia al cortante se moviliza a lo largo de una curva de rotura. Según (Gabino, 2005) el método de equilibrio límite presenta las siguientes características:

- ❖ Usa la misma definición para el factor de seguridad local.
- ❖ Considera como una suposición general que las masas de suelo se comportan como un material perfectamente plástico y mecánicamente rígido, no toma en consideración las deformaciones y tensiones en los campos producto de cargas externas.
- ❖ Utiliza la mayor parte de las ecuaciones de equilibrio para determinar el factor de esfuerzos cortantes promedios, tensiones normales a lo largo de la superficie más probable de falla que es requerido para la estimación de la resistencia de cizalla por el criterio de Mohr-Coulomb.

En la **tabla 3**. Se muestran algunos de los métodos empleados para el análisis de estabilidad de taludes y sus principales características.

Tabla 3. Generalidades del Software Slide

Circulares	Ordinario o Fellenius (1927)	Fuerzas	Es conocido como método de dovelas, asume una superficie de falla circular, divide el área en tajadas verticales, obtiene fuerzas resultantes y actuantes para cada tajada, posteriormente con la suma de cada fuerza se obtiene el factor de seguridad. No toma en consideración las fuerzas entre dovelas y no satisface el equilibrio entre las fuerzas.
Circulares	Bishop (1955)	Momentos	Es uno de los más utilizados para el cálculo del factor de seguridad, el cual considera un problema de deformación plana en donde la superficie de falla es circular, dividiendo la superficie de falla en una cantidad limitada de dovelas verticales en las que los valores de cohesión, fricción y presión de poros permanecen constantes. ❖ Todas las fuerzas cortantes entre dovelas igual a 0. ❖ Reduce el número de incógnitas. ❖ La masa deslizante se divide en n cantidades de rebanadas o fajas verticales. ❖ Se establece que el equilibrio de momentos de fuerzas actuantes en cada rebanada con respecto al centro del círculo. ❖ El equilibrio de fuerzas verticales en rebanadas se obtienen fuerzas normales a la superficie de rotura. ❖ La solución es indeterminada; por lo cual se requiere un proceso iterativo.
Cualquier forma de superficie de Falla.	Morgenstern y Price (1965)	Momentos y Fuerzas	Puede ser aplicado tanto a superficies circulares como no circulares, permite especificaciones de las fuerzas entre rebanadas. Considera que las tensiones y fuerzas varían continuamente en la superficie, resuelve las componentes normales y paralelas a la base para cada elemento formulando ecuaciones de equilibrio de fuerzas generales. Las fuerzas laterales siguen un sistema predeterminado, la inclinación de la fuerza resultante varía entre dovelas de acuerdo a una función arbitraria.
Cualquier forma de superficie de fallas.	Spencer (1967)	Momentos y Fuerzas	Este método considera que además de las fuerzas normales entre rebanadas hay que considerar las fuerzas de corte. Determinado mediante la siguiente expresión: $X = \lambda \cdot E$ Donde X hace referencia a la fuerza corte en el contacto, E fuerza normal de contacto entre rebanadas, λ es la incógnita del problema. Asume igual la inclinación de las fuerzas laterales entre tajadas, satisface el equilibrio estático asumiendo que las fuerzas resultantes tienen una inclinación constante y desconocida.
Cualquier forma de superficie de fallas.	Janbu (1968)	De fuerzas	No toma en consideración las fuerzas entre dovelas, no satisface completamente las condiciones de equilibrio, los factores de seguridad son bajos.

Fuente: (Gabino, 2005).

2.2 HIPÓTESIS.

El área de estudio presenta factores que podrían ocasionar un fenómeno de inestabilidad en la ladera, ya que se encuentran suelos y depósitos poco consolidados, siendo una zona con alto grado de fallamiento y fracturamiento, además se encuentra un escarpe de falla (falla Zogaib) donde se constituyó el estadio de fútbol que este puede incrementar el peso en la ladera que podrían ocasionar daños a las instalaciones de la universidad.

Este estudio nos podría ocasionar información referente a la posibilidad de ocurrencia de un movimiento de masa, siempre y cuando se determinen los factores condicionantes y desencadenante, tomando en cuenta el factor de seguridad.

CAPÍTULO III

3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1 Tipo de Estudio.

El tipo de estudio según la literatura es de carácter descriptivo, debido a que nos orienta a describir características litológicas de las masas de suelo, entre esos parámetros se encuentran: Su color, composición, y granulometría, el análisis del movimiento de las masas de suelo en el talud es de principal importancia para reconocer el grado de peligrosidad en el sector del Cerro Mokorón.

También el motivo por el cual se investiga, y describe es para sustentar nuestra hipótesis y formular nuevos resultados para que en algún futuro se desarrolle y cumpla con estándares formales y desarrollar nuevas metodologías en los ámbitos de la geotecnia.

El enfoque que se utilizará se denomina mixto, que consiste en la integración de métodos tanto cualitativo como cuantitativo, el enfoque cualitativo se utilizará porque se añadirán valores de descripción litológica de los componentes de suelo en la Reserva Cerro Mokorón, y en base a esto se logrará determinar el movimiento de masa que esta representa.

La metodología cuantitativa se utilizará debido que a partir de los levantamientos que se efectuarán en el Cerro Mokorón, se obtendrían valores numéricos de sus dimensiones en las cuales se estarían complementando con los datos geotécnicos que nos ayudarían a realizar el modelamiento a través de software como GeoStudio o Slide y así obtener un valor para un factor de seguridad.

3.1.2 Área de estudio.

Sector Noreste de Recinto Universitario Rubén Darío de la (UNAN-MANAGUA)

3.1.3 Universo y Muestra.

Como universo se toma Reserva Cerro Mokorón del Recinto Universitario Rubén Darío de la UNAN-MANAGUA, y la muestra sería el suelo que conforman el talud en la reserva Cerro Mokorón.

Tabla 4. Variables y Operacionalización de variables.

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariables y dimensiones	Variable Operativa o Indicador	Técnicas De Recolección de Datos e Información.
<u>Objetivo Especifico 1</u> Caracterizar las condiciones geológicas del talud para el Recinto Universitario Rubén Darío (Unan-Managua).	1. Condiciones geológicas del talud.	Características presentes en el talud.	Descripción de los materiales que se encuentran en el talud.	Fichas de descripción de campo.
<u>Objetivo Especifico 2.</u> Determinar los factores condicionantes y desencadenante que afectan la inestabilidad del talud en el sitio de interés	2. Factores condicionantes y desencadenante que afectan la inestabilidad de talud.	Resistencia del suelo ante un posible movimiento en la ladera.	Capacidad de soporte ante un esfuerzo.	Análisis mediante Software.
<u>Objetivo Especifico 3.</u> Describir las propiedades físico-mecánicas del suelo mediante ensayos geotécnicos.	3. Propiedades físico-mecánicas del suelo.	Valoración de las propiedades físico mecánicas del talud.	Análisis Granulométrico o Clasificación del SUCS Límite de consistencia.	Ensayo de Laboratorio.
<u>Objetivo Especifico 4</u> Efectuar el análisis de inestabilidad del talud mediante los métodos de equilibrio límite del software Rock Science Slide logrando obtener el factor de seguridad del talud	4. Análisis de inestabilidad del talud.	Factores de seguridad por el programa Software.	Recomendaciones y evolución ante un posible deslizamiento.	Modelos empleados por Software.

3.1.4 Métodos técnicas e instrumentos de recolección de datos

El objetivo por el cual se realizó análisis de suelos es para recolectar una serie de datos que permitirán modelar mediante el software y caracterizar mediante ensayos de laboratorio la superficie del talud. Con el fin de reconocer zonas inestables y tipos de movimientos que se presentan en el Cerro Mokorón.

3.1.5 Procedimiento para la recolección de datos.

El levantamiento de los datos de campo se realizó mediante un análisis topográfico y geotécnico tomando en cuenta la altura y dimensión de la ladera para el levantamiento y dimensiones del talud como son distancia, altura e inclinación, para ello se utilizó el uso de herramientas como brújula, cinta y GPS iniciando en determinar la línea base para poder determinar los carriles. Luego se hicieron mediciones en cada carril con 25 metros de distancia con nivel, estadía y nailon, siendo estas de rasgos estructurales como fallamiento o fracturas del talud, se levantará 3 muestras por cada 10 metros de cada carril en el campo para la realización del análisis de suelo en el laboratorio; se tomaron adicionalmente las muestras alteradas, que se embolsaron e identificaron como Capas-1 con peso aproximado de 2 kg.

3.1.6 Plan de análisis y procesamiento de datos.

Obteniendo los resultados de las muestras se hará un análisis de énfasis geológico para determinar las características de los estratos que conforman a la ladera realizando una columna litológica, identificando el tipo deslizamiento del área elaborando un mapa de tipología de flujo de suelo por medio del uso del Software como son Arcgis, AutoCad y Slide este último para el modelamiento de los perfiles. Cabe destacar que para el ensayo que se realizarán a las muestras será con aplicación geotécnica basándose en las normas establecidas por la ASTM. Los ensayos a realizar serán los siguientes:

Tabla 5. Normas - ASTM para ensayos geotécnicos.

ENSAYOS	NUMERO DE NORMAS
Granulometría por tamizado	ASTM-D-422
Contenido de humedad	ASTM-D-2216
Gravedad específica	ASTM-D-2041/558
Plasticidad de los materiales	ASTM-4318

Fuente: UNAN-RURMA.

Granulometría por tamizado: consiste en confeccionar la **curva granulométrica** de una muestra, la cual es representativa de la distribución de los tamaños de las partículas. Para ello se hace pasar una muestra ya sea inalterada o alterada por **tamices o mallas** por vía seca con diferentes aberturas, desde aberturas de 125 mm hasta aberturas de 0,075 mm (tamiz n°200). Para tamaños de partículas inferiores se emplea la granulometría por sedimentación mediante el higrómetro. Este ensayo es menos común que el anterior y normalmente se emplea en casos muy específicos donde es necesario determinar el porcentaje de partículas finas.

w = contenido de humedad expresado en %.

W_w = peso del agua existente en la masa de suelo.

W_s = peso de las partículas sólidas

El límite líquido (LL): Es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo remoldado o amasado. (Atterberg, 1911)

El Límite Plástico: Se denomina a la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de unos 3 mm de diámetro, rodando la muestra de suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que los cilindros se rompan a pedazos. (Atterberg, 1911)

Una vez definidos el límite líquido y límite plástico puede determinarse el índice de plasticidad puesto que es la diferencia entre ambos. Se representa con las siglas IP y la fórmula del índice de plasticidad se muestra a continuación:

$$IP = LL - LP$$

Gravedad específica: Es la relación entre la masa de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada, y la masa del mismo volumen de agua, destilada y libre de gas, a la misma temperatura. (Atterberg, 1911)

Plasticidad de los materiales: Se denomina plasticidad a la propiedad que presentan algunos suelos de modificar su consistencia (o, dicho de otra forma, su resistencia al corte) en función de la humedad. (Atterberg, 1911)

Existe una correspondencia entre la plasticidad de un suelo y su cohesión. La plasticidad es una propiedad exclusiva de los suelos finos (arcillas y limos), siendo producto de las relaciones electroquímicas que se establecen entre las superficies de los elementos que forman el agregado que compone el suelo (partículas elementales de limo o arcilla). Los suelos granulares, formados exclusivamente por elementos de granulometría gruesa (arena, gravilla, grava o cantos) no presentan plasticidad.

Contenido de humedad: La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica. El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas, o sea:

$w = (W_w / W_s) * 100 (\%)$ donde

w = contenido de humedad expresado en %

W_w = peso del agua existente en la masa de suelo.

W_s = peso de las partículas sólidas

- **Límites de consistencia**

Los límites de consistencia toman la siguiente definición los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que contengan. Así, un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico y líquido o viscoso. El límite de consistencia también se encuentra relacionado con la fuerza abrasiva entre partículas y es más fácil de sentir físicamente que describir cuantitativamente. (Atterberg, 1911)

- **Uso del Software Slide**

En el presente trabajo se utilizó el software Slide el cual consistió en el análisis de Estabilidad de taludes en 2D, basándose en métodos de equilibrio límite para el cálculo de la estabilidad. Los métodos que utiliza el Software para evaluar la inestabilidad o estabilidad del talud son: Método de Fellenius, Método de Bishop simplificado, Método de Janbu, Métodos de Spencer entre otros, los cuales calculan el factor de seguridad de todas las posibles superficies de falla de una ladera.

Logrando un análisis de manera efectiva de inestabilidad de laderas mediante el Software fue determinar los parámetros que caracterizan a la ladera en el sitio de estudio, los elementos que utilizamos fueron: geometría de la ladera, las 11 unidades litológicas que conforman el talud, ángulo de inclinación, altura, peso unitario, ángulo de fricción y cohesión de acuerdo a la Clasificación SUCS de los materiales estos fueron determinado en la biblioteca de clasificación de suelo.

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

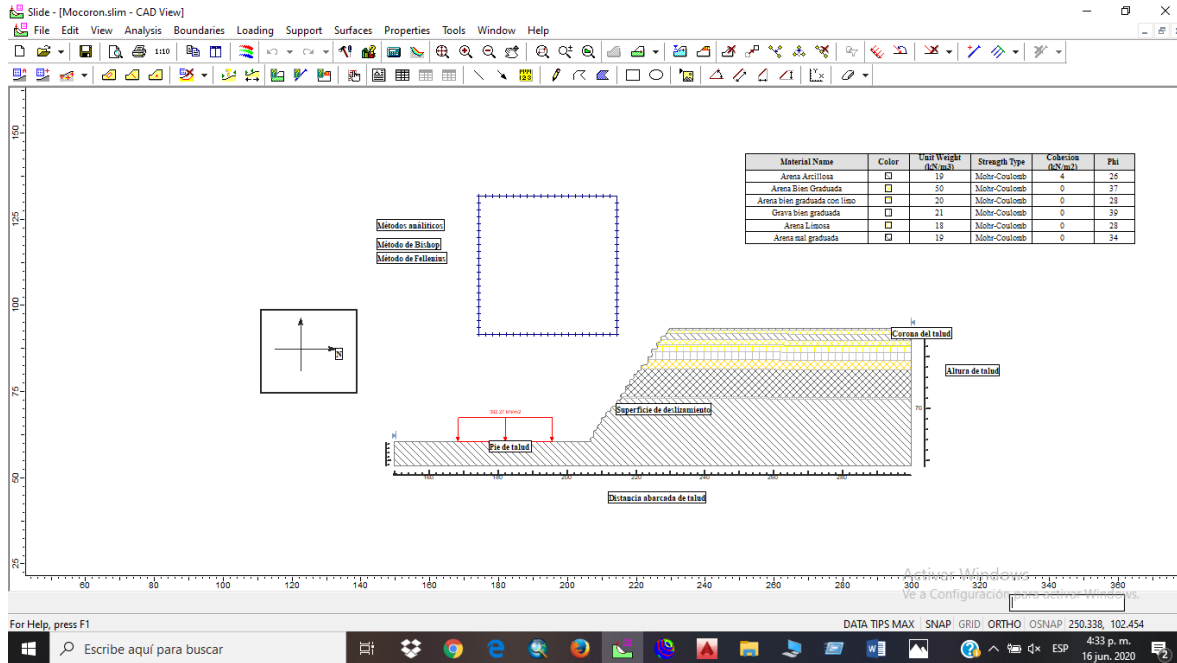


Figura 12: Imagen de modelación del Software Slide.

CAPÍTULO IV

4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 Factores alternantes en la inestabilidad de ladera.

- **Geología**

El Departamento de Managua se encuentra localizado geológicamente en la provincia de la Depresión de Nicaragua, ubicada exactamente dentro de las cordilleras volcánicas de Apoyeque al Noroeste y Masaya al Sureste. La litología que presenta el Cerro Mokorón en estudio pertenece al grupo Managua, fueron depositados sobre las formaciones que corresponden al grupo La Sierra; esto como consecuencia de erupciones volcánicas de Nejapa, Masaya, Apoyeque y Tiscapa. Estos materiales corresponden a piroclastos con poca compactación que se depositaron durante el periodo Cuaternario. Los elementos que conforman este grupo se encuentran separados por pequeñas capas de suelos fósiles, esto es un indicador de periodos de cortes e interrupciones de las actividades volcánicas.

4.1.2 Factores condicionantes de inestabilidad de ladera.

Topografía: La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos entre ellos la topografía, nuestra área de estudio presenta una altura mínima de 150 msnm y una altura máxima de 250 msnm, su inclinación varía entre los 20° y 40° con una distancia de 150 m² siendo estos factores principales para la inestabilidad de la ladera.

Unidades litológicas del sector Noreste de la reserva Cerro Mokorón.

De acuerdo a estudios previos al área de interés realizada (Calero, J y Mejía, B. 2019). Identificaron doce unidades litológicas en las que nosotros podemos observar once unidades litológicas.

Los datos geológicos del área de estudio fueron tomados en los afloramientos que se presentan al Noreste de la reserva Cerro Mokorón del Recinto Universitario Rubén Darío (RURD-UNAN, Managua), se realizó primeramente un reconocimiento del área para observar los puntos donde los afloramientos se presenten con mayor claridad.

Los afloramientos en el talud en estudio es una zona de alta amenaza sísmica, por su cercanía al Sistema de Falla Zogaib al Oeste del sitio de investigación. Así mismo, la geología local se caracteriza por la presencia de material volcánico y suelos fósiles no consolidados del Cuaternario.

Afloramientos de materiales volcánicos:

Depósito de Oleada Piroclásticas (Po): Esta capa constituye un depósito volcánico de tipo oleada piroclásticas, estratificado, conformado por 4 capas volcánicas intercaladas de ceniza, escoria, ceniza. Tiene un espesor de 0.55mm



Figura 13: Depósito de oleada piroclásticas con límite de cada las 4 pequeñas capas de escoria y ceniza. (Coordenadas E: 0578994 N: 1338562)

Depósito de Flujo de Ceniza (Pfc): Este es un flujo de ceniza bien compactado, se encuentra muy fracturado debido a la meteorización, en la parte inferior se observan fracturas rellenas por carbonato de calcio, de color gris, presenta fragmentos de pómez.

Depósito de Oleada Piroclásticas (Hoc): Deposito muy estratificado con capas de ceniza finas que están bien compactadas.

Depósito de Flujo Piroclásticas (Hfp): Es un horizonte de flujo piroclásticas de composición básica, con fragmentos angulosos de lapilli son juveniles, se encuentra bastante suelto y de tonalidades grises y negro.

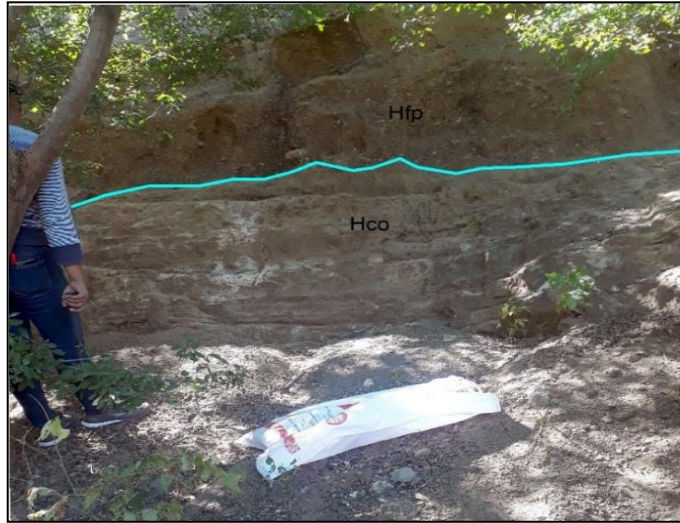


Figura 14: Depósito de flujo piroclásticas en contacto en su parte inferior con la pómez de apoyo. (Coordenadas E: 579003 N: 1338601)

Depósito de Caída de Escoria (Hce): Este depósito de escoria fina suelta, es de color gris claro, contiene intercalación de carbonato de calcio.

Pómez de Apoyeque (Haa): Este depósito de caída de pómez, se presenta de color blanco, no se encuentra consolidado debido a la meteorización.

Afloramientos de materiales de suelos:

Suelo Fósil (Hsf1): De color café claro, con intercalaciones de carbonato de calcio.

Suelo Fósil (Hsf2): Es un espesor indeterminado, de color café claro muy meteorizado y presenta fragmentos de pómez.

Suelo Moderno (Hsm): De color café oscuro con mucha vegetación.

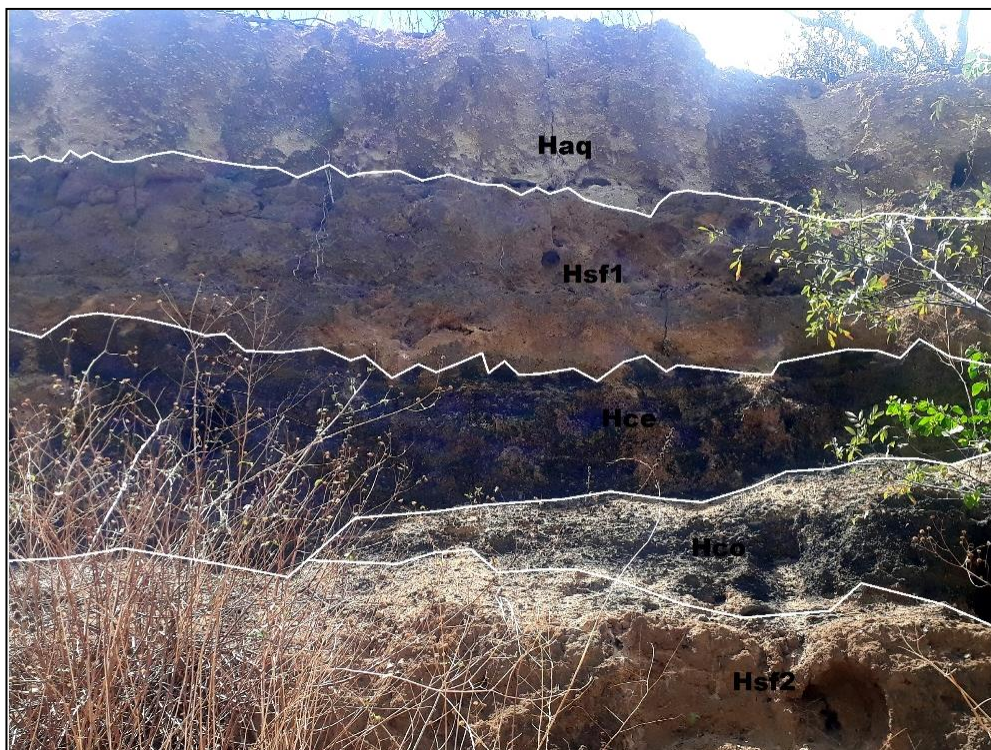


Figura 15: Secuencia de horizontes encontrados en los afloramientos que se localizan en el parqueo del estadio Nacional de Fútbol. (Coordenadas E: 578945 N: 1338610)

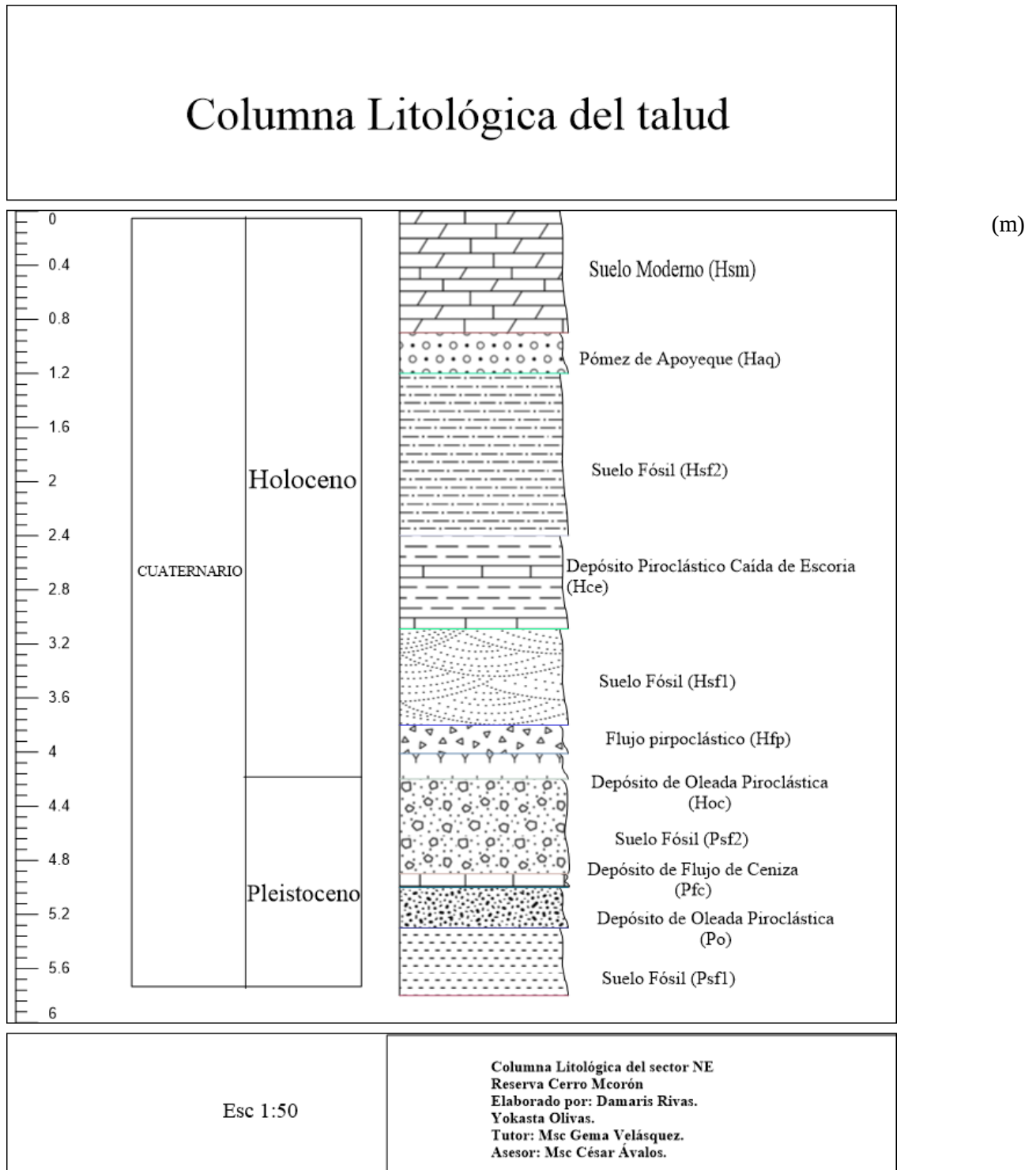


Figura 16: Columna estratigráfica del área del estudio.
Fuente propia.

4.1.3 Factores Desencadenantes de la inestabilidad de ladera

Condiciones sísmicas del sector Noreste de la reserva Cerro Mokorón.

El área de la UNAN-Managua corresponde a una zona de alta peligrosidad sísmica por localizarse al oeste una falla geológica activa, conocida como la Falla Zogaib, la cual tiene una longitud de 2.7 km y orientación norte-sur, y representa un peligro sísmico para la Ciudad Capital, que históricamente ha sido devastada por terremotos de magnitud moderada (M_s 6-6.2) originados por fallas geológicas, dejando daños en las infraestructuras. Los suelos blandos se registran amplitudes sísmicas más altas que sobre roca, debido que en las capas superficiales las ondas sísmicas sufren cambios muy significativos, esto porque que el subsuelo se presenta como un depósito de estratos con diferentes propiedades mecánicas y dinámicas cuya base es la formación rocosa. (Zambrana., 2019).



Figura 17: Flexura afectando los horizontes en la primera estación geológica.

Antrópicos: deforestación, quemas, cortes de talud para construcción de carreteras u otras infraestructuras, el asentamiento humano en las laderas y el uso individual del suelo.

Precipitación

Un día de humedad es por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días humedad en Managua varía considerablemente durante el año; la temporada más húmeda dura 5,7 meses, del 14 de mayo al 4 de noviembre, con una probabilidad de más del 22%, la probabilidad máxima de un día humedad es del 43% el 17 de septiembre. La temporada más seca dura 6,3 meses, del 4 de noviembre al 14 de mayo. La probabilidad mínima de un día húmedo es del 0 % el 5 de enero.

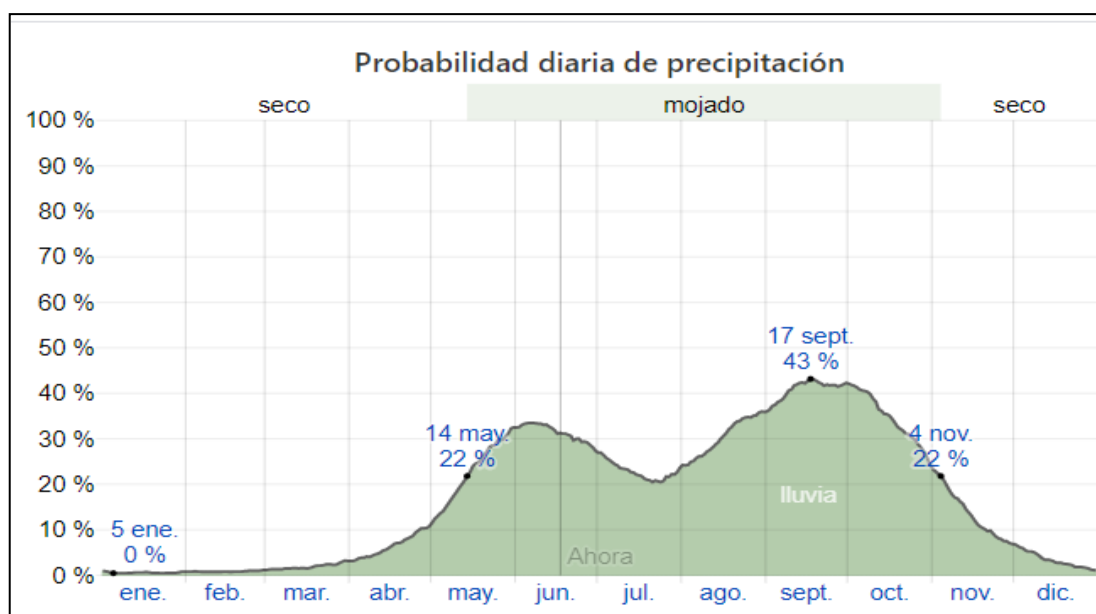


Figura 18: Probabilidad de precipitación durante el mes de mayo a septiembre.

Fuente base de datos INETER (2019).

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Managua tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 7,9 meses, del 11 de abril al 6 de diciembre, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 24 de septiembre, con una acumulación total promedio de 180 milímetros. El periodo del año sin lluvia dura 4,1 meses, del 6 de diciembre al 11 de abril. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 14 de enero, con una acumulación total promedio de 1 milímetros.

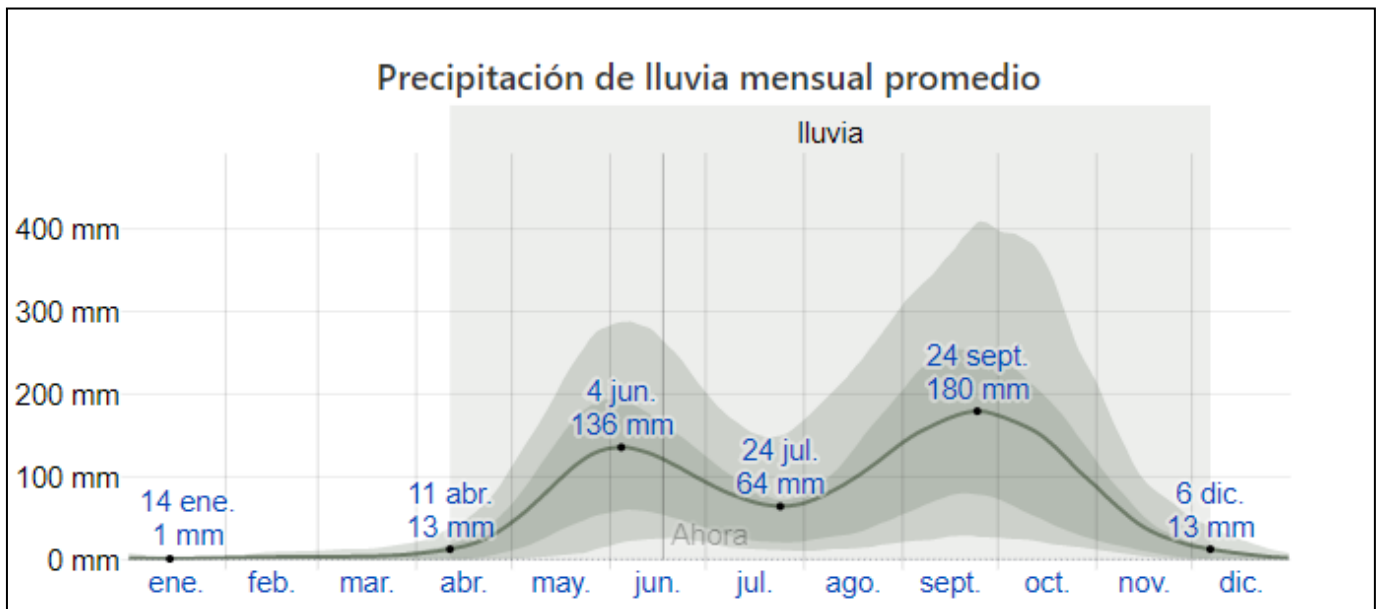


Figura 19: Promedio de precipitación durante el mes de junio a septiembre.

Fuente base de datos INETER (2019).

4.1.4 Análisis Geotécnico.

- **Análisis físico del suelo**

El análisis geotécnico se llevó a cabo a partir de la realización de los ensayos físicos de las muestras levantadas en campo, en el laboratorio de mecánica de suelos del recinto RURMA (Recinto Universitario Ricardo Morales Avilés).

Los ensayos se mencionan a continuación:

- **Análisis granulométrico de suelos**



Figura 20: Mezcla para homogenizar el material.

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaño de partículas de suelo utilizando tamices o mallas con cierto diámetro en orden decreciente que retienen por porcentaje un considerado de agregado material indicando el suelo y tamaño de la muestra, teniendo en cuenta esto se efectúan cálculos mediante curvas granulométricas que nos indican el tipo de suelo establecido por las normativas SUCS (Sistema unificado para la clasificación de suelos).

Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se

seca horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos, si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

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.



Figura 21: 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 atravesase todas las mallas, que van desde de la malla 3" hasta el número 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.

El índice de plasticidad, que indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica, y el índice de liquidez, que indica la proximidad del suelo natural al líquido, son características especialmente útiles del suelo.

Esta prueba se realiza a una muestra de material de gran tamaño por lo cual se llena un recipiente grande de agua (pana) la cual debe estar a una temperatura de 23° C.



Figura 22: Medición de temperatura apta para realizar la prueba.

- **Gravedad específica**

La gravedad específica se toma como un valor promedio para conocer la relación de los granos que componen una muestra en conjunto a sus vacíos que se encuentran en las uniones de las partículas, en mecánica de los suelos es la densidad del material entre el volumen del agua.

El material se criba por el tamiz n° 4, luego se procedió al secado del suelo, se pesó el picnómetro o matraz (en este caso se utilizó matraz a falta de picnómetro en el laboratorio), luego se colocó el material (45 ± 10) y se pesó despreciando el peso del matraz a esto se le agrego una considerada cantidad de agua y se empezó a agitar por 15 minutos con el objetivo de eliminar todos los vacíos en el material.



Figura 23: Proceso de adición de agua al matraz para agitarlo.

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

Este consiente nos da un valor dimensional que nos sirve para clasificar en un tipo específico de suelo nuestra muestra.

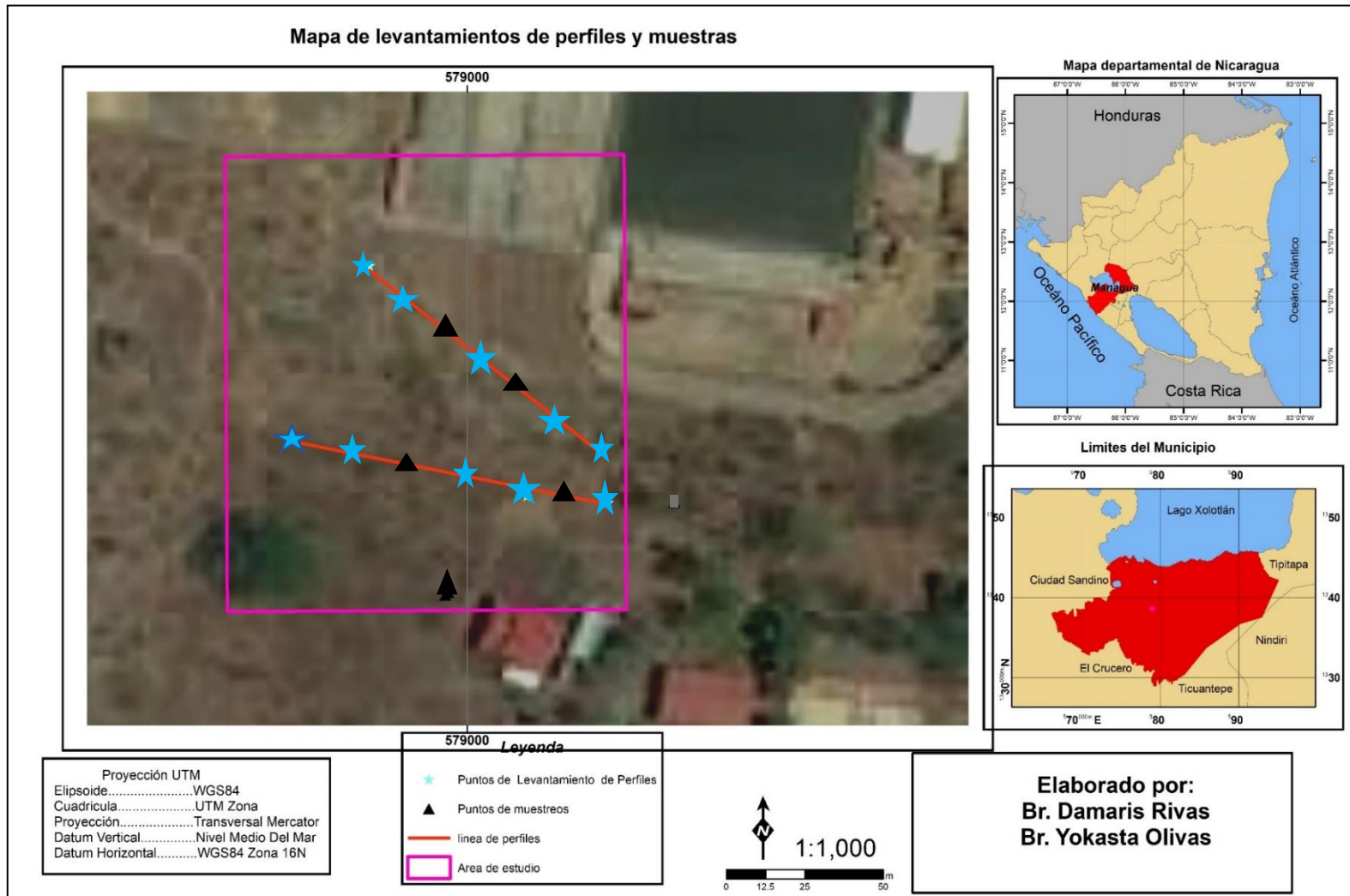


Figura 24: Mapa de levantamiento de perfiles y muestreo

Fuente Propia

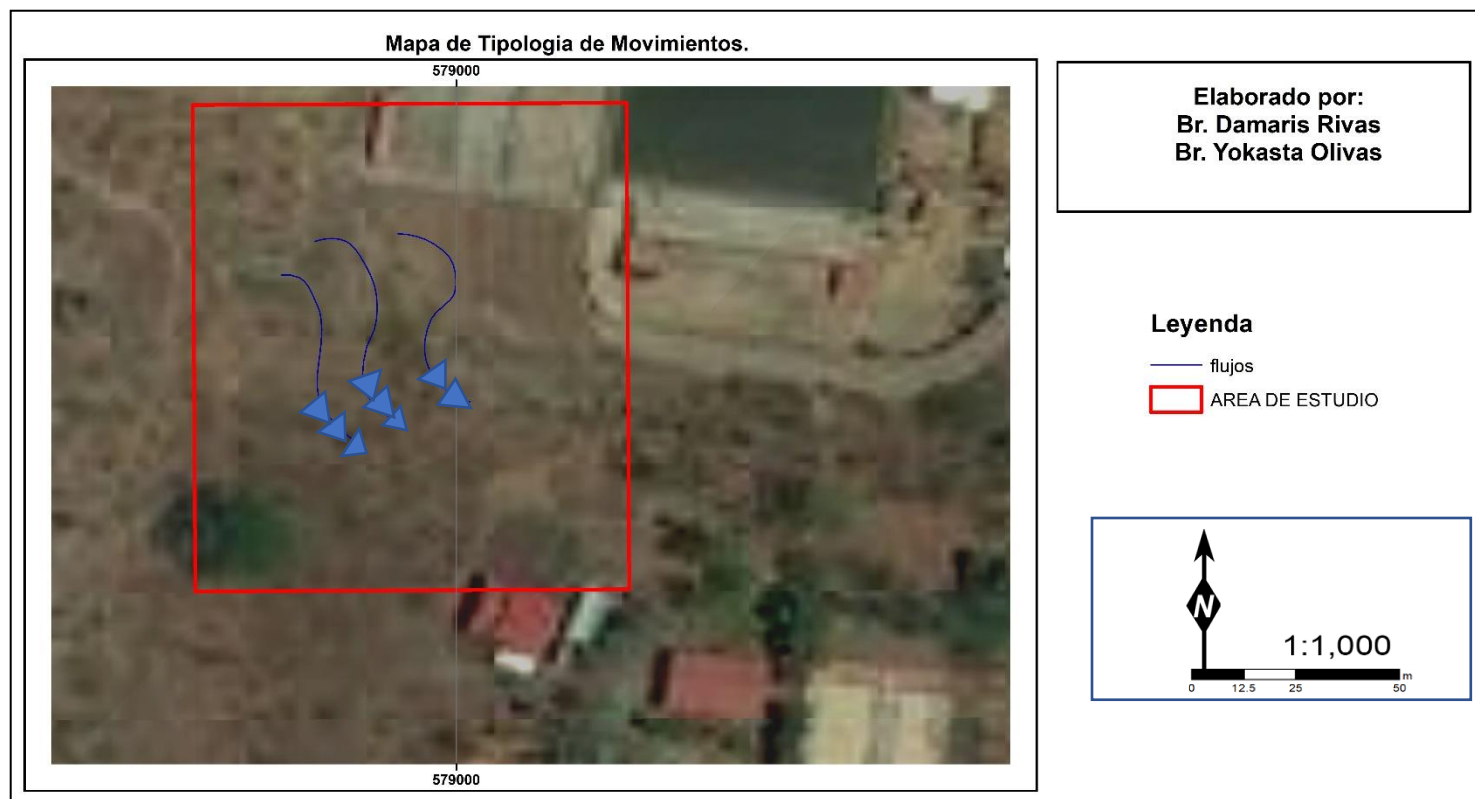


Figura 25: Mapa de Tipología de flujo.

Fuente Propia

4.1.5 Análisis de inestabilidad mediante el software Slide.

Los análisis de inestabilidad se basaron en conocer el factor de seguridad es decir la probabilidad que al someter carga sobre la superficie falla deslizamiento tomando en cuenta las peores condiciones o escenarios.

Se utilizó el software Slide que toma en cuenta parámetros geométricos que conforman la ladera dividiéndola en 11 secciones, con composición litológica al inicio del talud que está compuesta por suelo fósil, y al final una pequeña capa de suelo moderno, arena arcillosa (SC) dando como resultado el peso unitario $18,5 \text{ KN/m}^3$ un ángulo de fricción interna 28° una cohesión de 4 Kpa, la capa de suelo moderno arena bien graduado con arcilla (SW-SC) peso unitario 20 KN/m^3 un ángulo de fricción 37° una cohesión de 124 Kpa. Los parámetros del suelo fueron obtenidos de la biblioteca de Geo5 basándose en la normativa SUCS y el criterio de falla de Mohr-Coulomb y para los datos mecánicos del estrato se obtuvieron de pruebas tomando en cuenta el peso de muestra húmeda y seca para obtener un valor unitario de sólidos.

Modelación del perfil

Para la modelación del perfil se tomó en consideración la geometría de la ladera es decir su altura que en este caso corresponde a 70 m, la distancia es de 150 m^2 y su ángulo de inclinación son de 35° , el resultado del modelo indico que el factor de seguridad es de 0.212 considerado como un factor crítico.

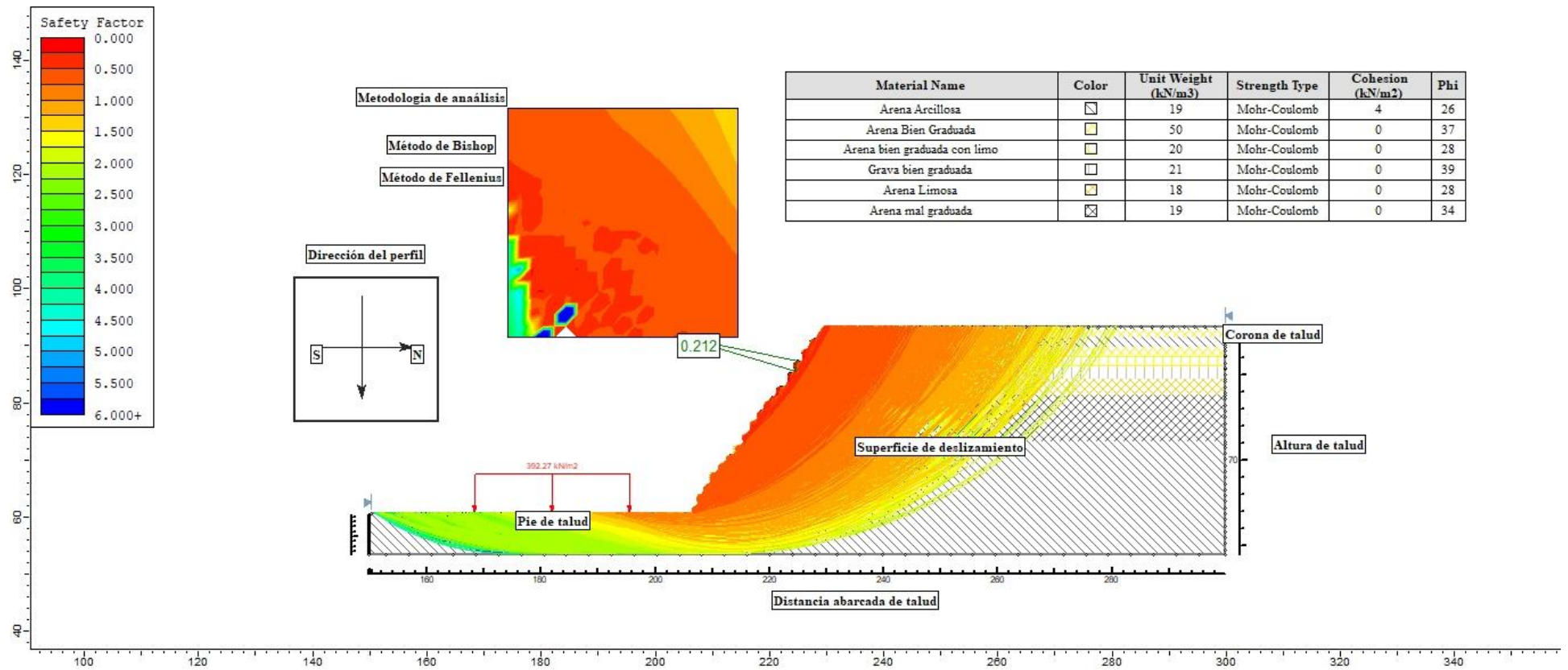


Figura 26: Método Bishop en ladera inestable.

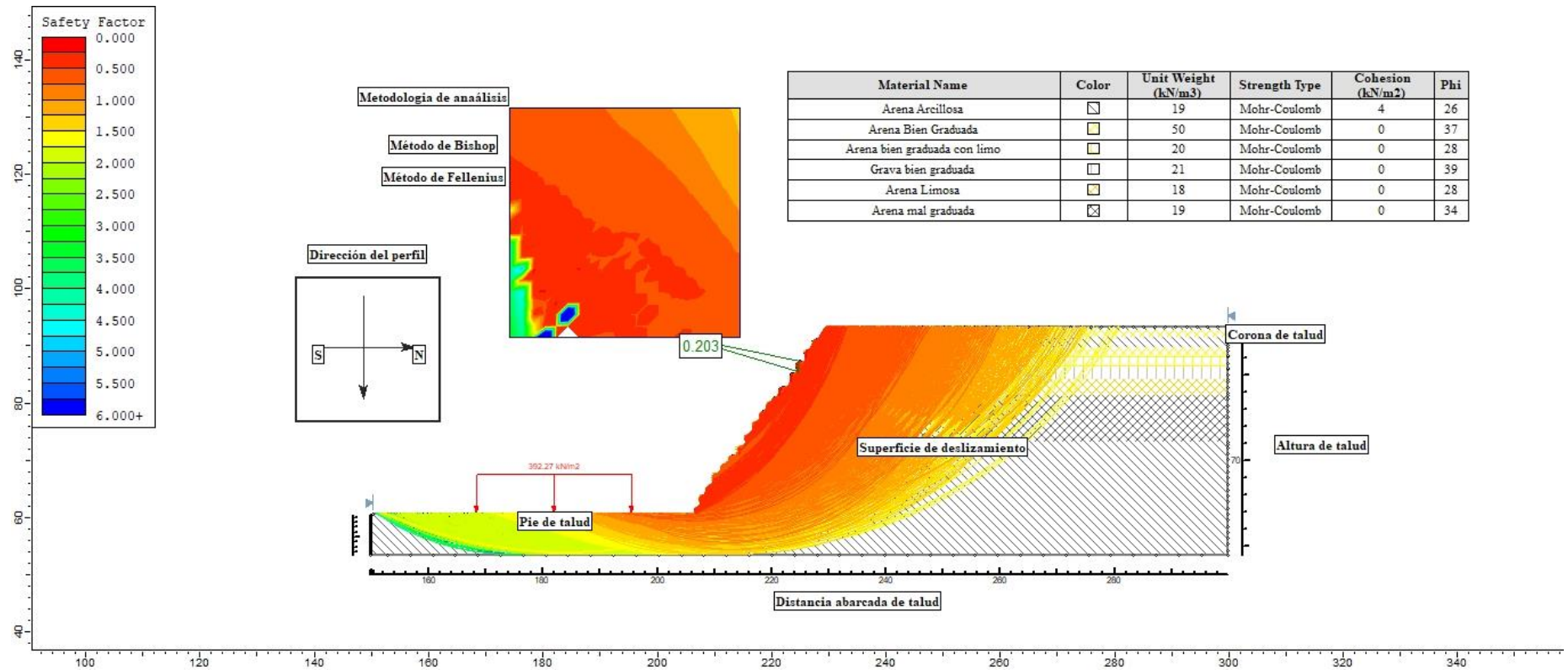


Figura 27: Método Fellenius en ladera inestable.

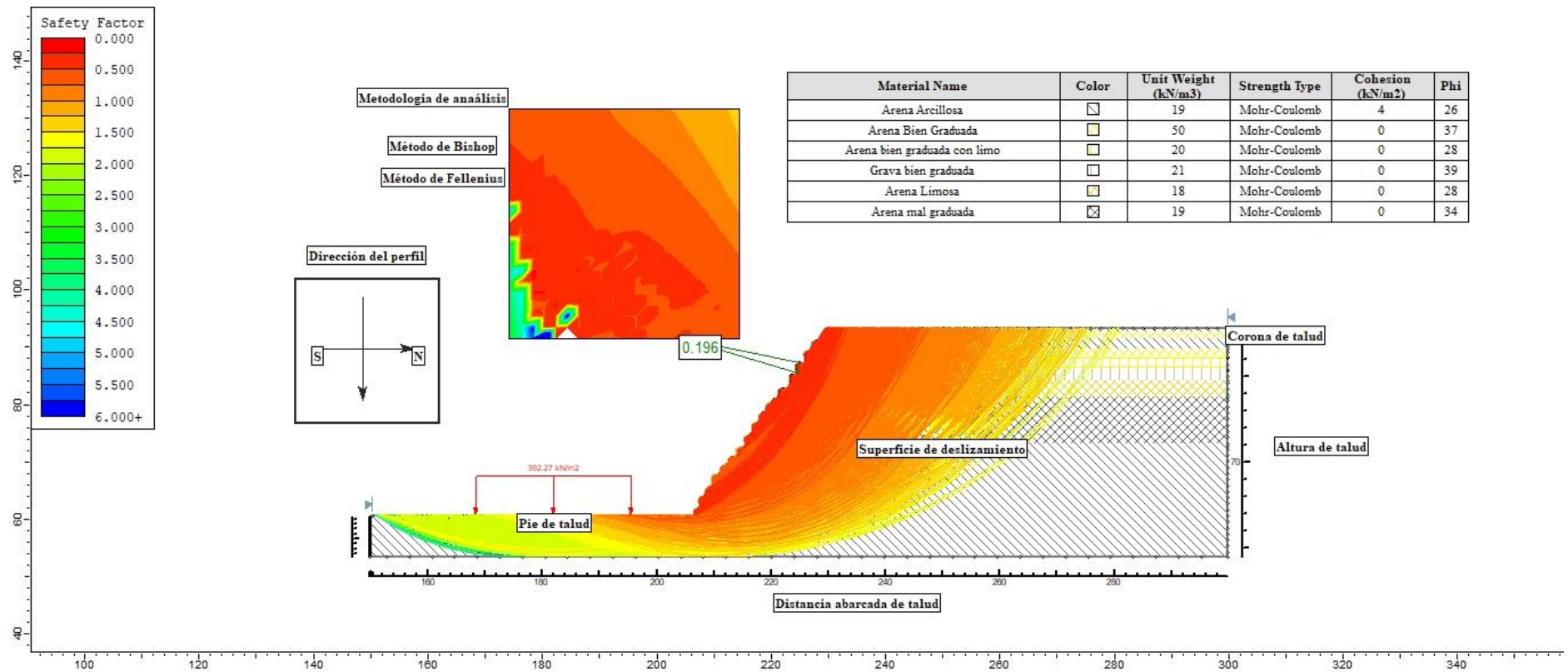


Figura 28: Método Janbu en ladera inestable.

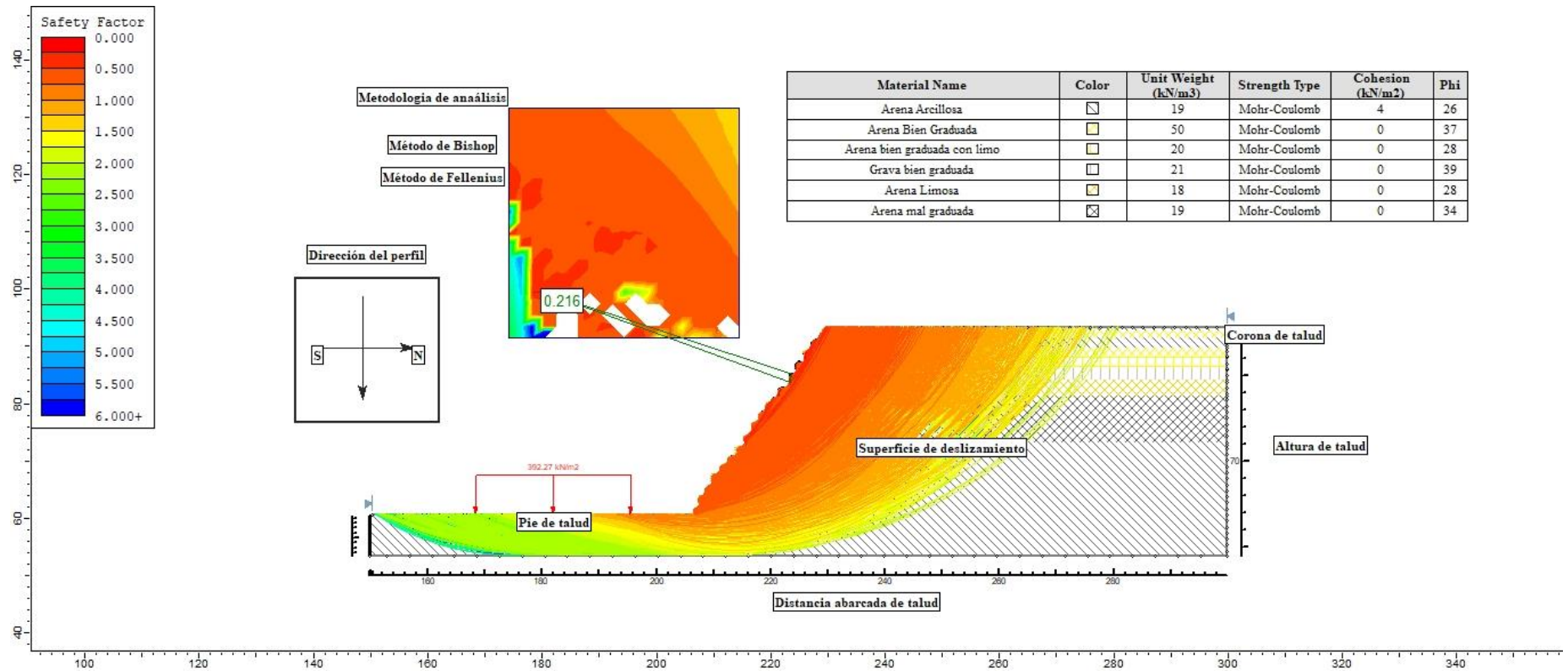


Figura 29: Método Spencer en ladera inestable.

4.1.6 Recomendaciones para la estabilización de la ladera.

Ante los resultados de cada sección de la ladera se plantea la posibilidad de estabilizar mediante el método de banqueo, interviniendo fundamentalmente las características geológicas del talud, forma de la ladera y caracterización del material logrando redistribuir las fuerzas debido al peso de los materiales y así obtener una nueva configuración estable y un factor de seguridad alto. Se desarrollará una serie de terrazas y bermas para permitir una mayor estabilidad en el sitio de interés con la finalidad de garantizar seguridad y respeto del medio ambiente. Siendo este método apto y económico para las autoridades encargadas de velar por la universidad.

Para el modelamiento se tomó en cuenta las cargas puntuales (Estadio Nacional de Fútbol de la UNAN-Managua y bodegas de pupitres) siendo una carga de 392.27 km multiplicados por la distancia de nuestra área de estudio (150 m²) tomado de la cartilla de construcción 2011.

4.1.7 Discusión de resultados de trabajos anteriores.

Según Calero J, y Mejía B. 2019, encontraron 12 unidades litológicas, y afloramientos como suelo Fósil 1, Depósito de Oleada Piroclástico (Po), Depósito de Flujo de Ceniza, Depósito de Caída de Apoyo, Depósito de Oleada Piroclásticas (Hoc), Flujo Piroclástico, Suelo Fósil 2, Depósito Piroclásticas de Caída de Escoria, Pómez de Apoyeque y Suelo Moderno. (Calero, J. y Mejia, B. , 2019)

4.1.8 Discusión de resultados en el área de estudio.

La Reserva Cerro Mokorón a través del tiempo ha presentado afectaciones de desprendimiento de material.

Identificando 11 unidades litológicas como Suelo Fósil 1, Depósito de Oleada Piroclásticas, Depósito de Flujo de Ceniza, Suelo Fósil 2, Depósito de Oleada piroclásticas (Hoc), Flujo Piroclástico, Pómez de Apoyeque y Suelo Moderno sin observar la unidad litológica de pómez de Apoyo.

Los elementos litológicos y estructurales fueron los principales para analizar el deslizamiento existente en esta ladera, así como la información recopilada en gabinete y la obtenida en campo se determinaron zonas de deslizamientos producto de la geometría de la ladera, generando un riesgo para la vida humana y construcciones aledañas.

Actualmente en la ladera Mokorón se encuentran edificaciones sobre la base del talud, sin considerar el factor de seguridad de sitio, tomando en cuenta las cargas puntuales, el tipo de suelo que presenta propiedades no aptas para el desarrollo de construcciones y un bajo índice de cohesión.

Ante los resultados anteriores se plantea la posibilidad de estabilizar la ladera mediante los métodos aplicados, tomando en cuenta las condiciones geológicas y geotécnicas del área.

En esta figura que es la primera estación geológica, luego de haber pasado un tiempo de unos 20 días volvimos a visitar el área de estudio y observamos como esta de inestable.



Figura 30: Primera estación geológica.

En esta imagen observamos la inestabilidad presente en el talud.



Figura 31: Segunda estación geológica inestabilidad en el talud.

A continuación, se presentará 1 modelo de estabilización denotando las características geométricas alteradas con el fin de lograr una pendiente estable que brinde seguridad y fiabilidad a las edificaciones cercanas al Cerro Mokorón.

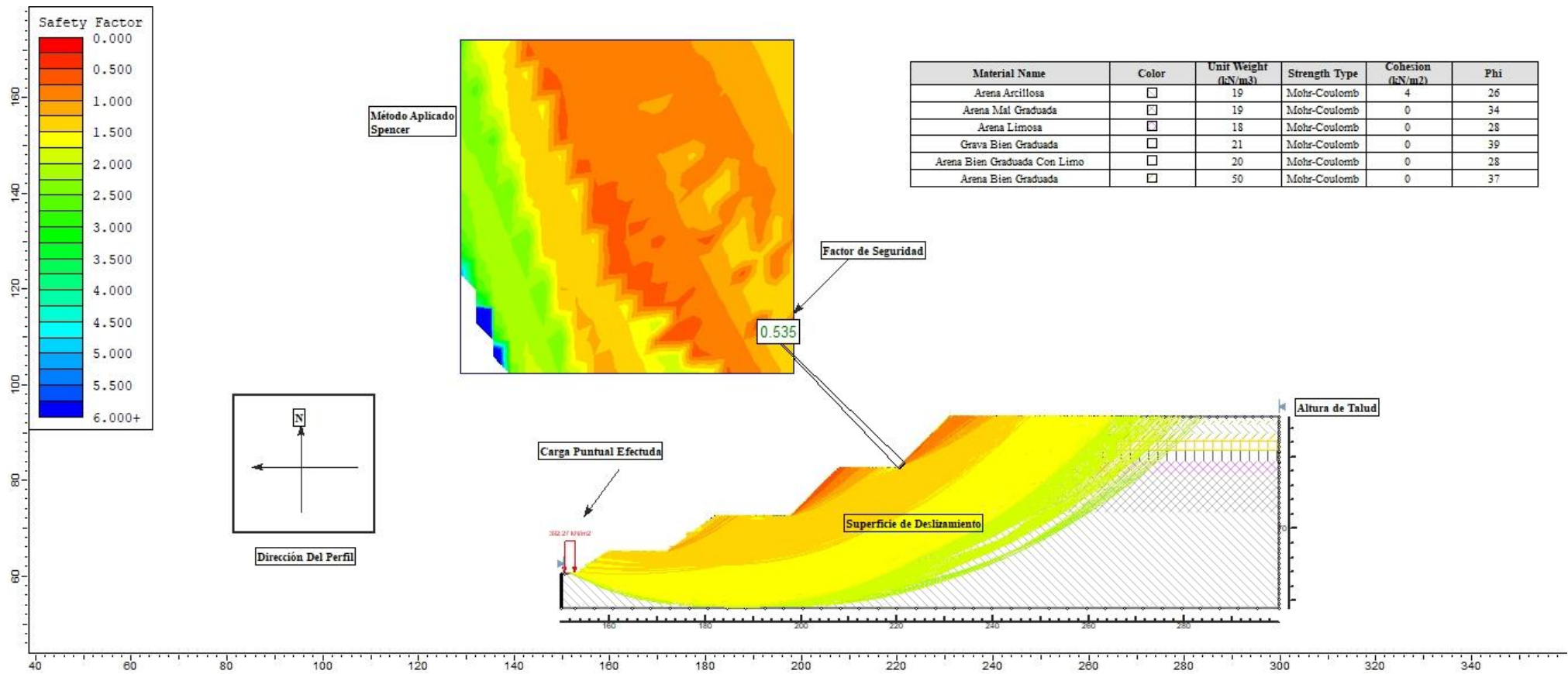
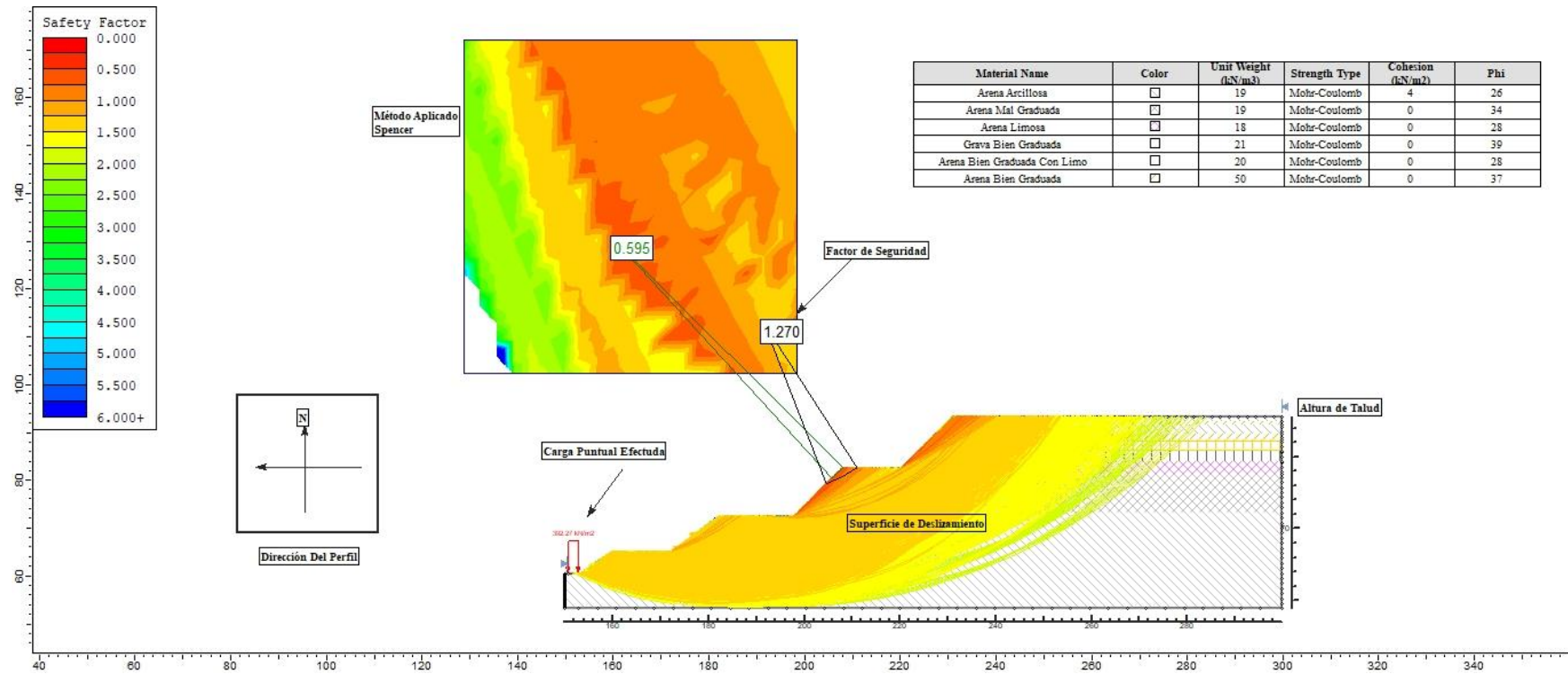


Figura 32: Método Bishop en ladera estable.



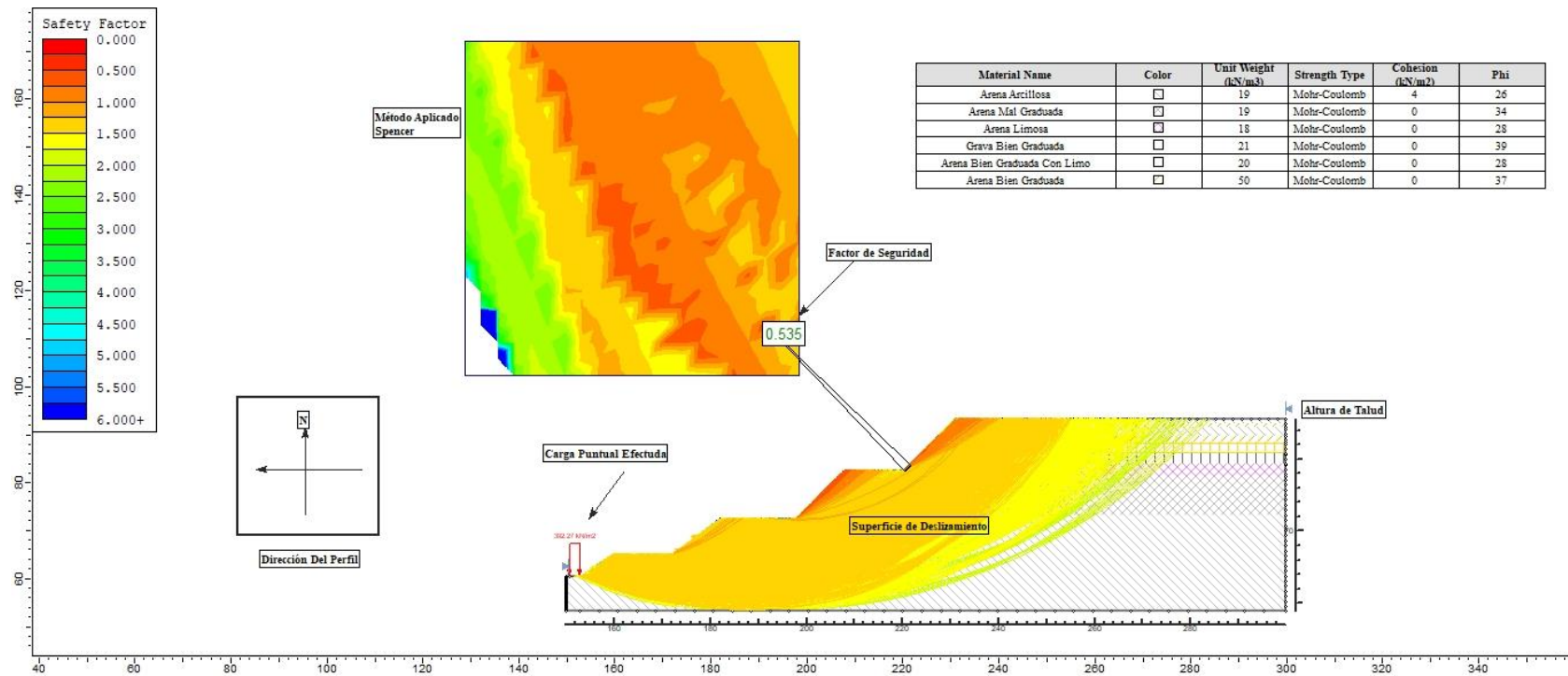


Figura 34: Método Fellenius en ladera estable.

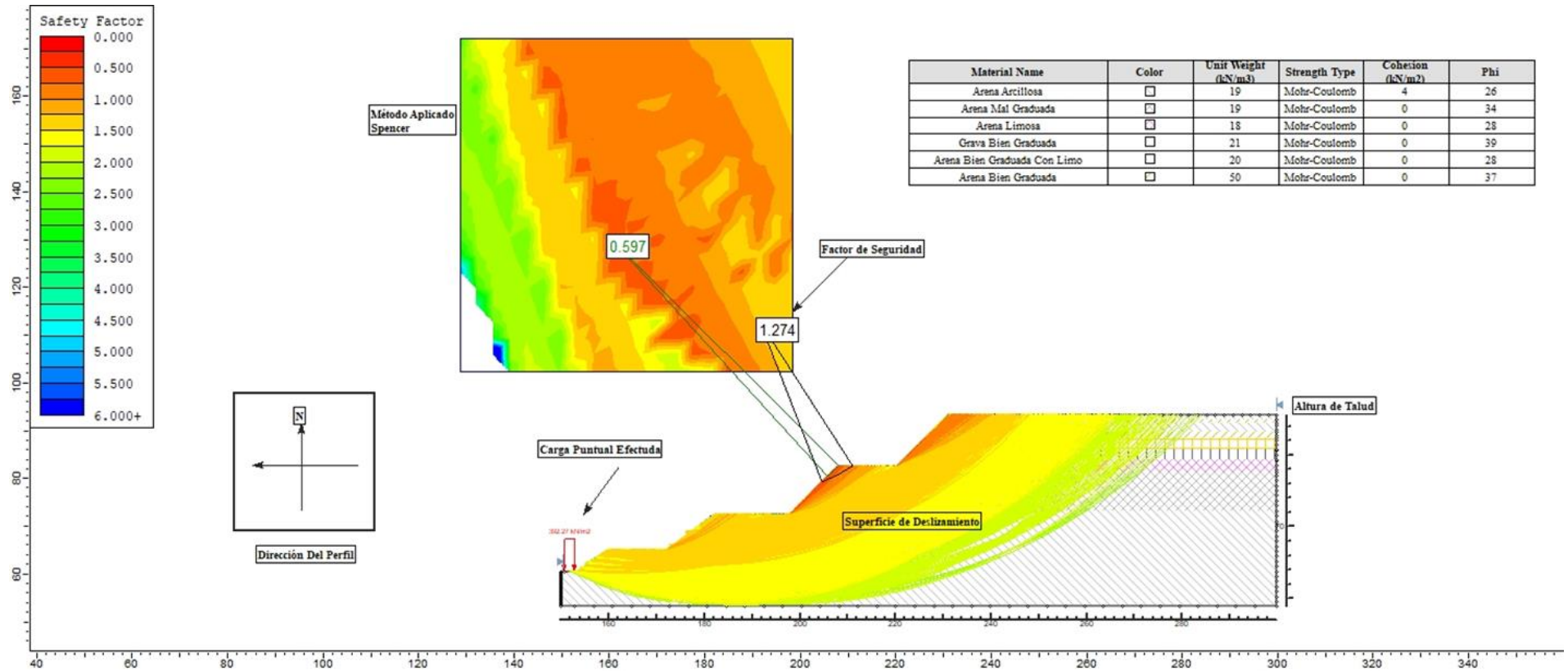


Figura 35: Método Spencer en ladera estable.

CAPITULO V

5.1 Conclusiones.

Las características geológicas del talud corresponden desde la parte superior por suelo moderno, pómez de Apoyo, suelo fósil, depósito piroclásticas de caída de escoria, flujo piroclásticas en la parte inferior está compuesta por depósito de flujo de ceniza, depósito de oleada piroclásticas y suelo fósil. El levantamiento de campo se identificaron pequeños deslizamiento y caída de fragmentos de diámetros aproximados entre 4 y 5 m.

Los factores condicionantes se determinaron como el factor principal identificados en el talud la geomorfología, la litología, fracturas y la pendiente. El factor desencadenante se consideró el clima con una precipitación de aproximada de 1,119.8 mm.

Los resultados de los parámetros físicos obtenidos de las muestras se encontraron dentro del mismo rango de clasificación del suelo correspondiendo a una Arena Arcillosa, Arena Bien Graduada, Grava Bien Graduada, Arena Limosa, Arena Mal Graduada, Arena Bien Graduada con Arcilla SP-SC. Por otra parte, en la clasificación AASHTO se determinó que el suelo se encuentra en el grupo (A-1-b (0)), (A-1-a(1)), (A-1-b(1)), (A-4(0)), y (A-2-5-(0)), correspondiendo a material compuesto por gravas y arenas arcillosas limosas.

El análisis se basó en el empleo del software Slide considerando las peores condiciones del sitio modelando la ladera con diferentes geometrías, para operar el programa se identificaron las características estándares del material a partir de la clasificación realizada en el laboratorio.

Los movimientos por deslizamientos no solo ocurren por el bajo coeficiente de fricción del suelo o por el tipo de litología que se encuentre, sino también por indicadores estructurales como fallas en talud o fracturas que debilitan la superficie de asentamiento donde se encuentra la ladera.

5.2 Recomendaciones

Las presentes recomendaciones se realizaron mediante a los análisis empleados por software y las condiciones geológicas del sitio dichas medidas deben ser empleadas por la institución correspondiente como es la UNAN-MANAGUA, con el fin de mantener la seguridad. Entre estas recomendaciones están:

- Realizar estudios similares a este, haciendo uso de herramientas topográficas como estación total con el fin de obtener datos más precisos sobre la geometría de la ladera.
- Realizar análisis completos de parámetros físico-mecánicos de los suelos de la ladera.
- Tomar esta investigación como referencia para poder ejecutar futuras evaluaciones de Inestabilidad de laderas en el diseño y planificación de obras civiles, con el objetivo de reducir riesgos a las infraestructuras del Recinto Universitario Rubén Darío.
- Se debería realizar la estabilización de la ladera en el cerro Mocerón del Recinto Universitario Rubén Darío, teniendo en cuenta en factor de seguridad antes mencionado en el estudio.
- Se recomienda colocar estacas o mojones para medición del material del deslizamiento de la ladera que cae ya sea por semanas o cada mes esto ayudara un mejor control de la inestabilidad que tiene la ladera, con el fin que las autoridades superiores supervisen con más frecuencia el área.
- A la hora de emplear el software de inestabilidad se debe de evaluar más de dos métodos de equilibrio límite, realizando una correlación de valores por factor de seguridad para tener idea de que solución usar al momento de estabilizar la pendiente de la ladera.

5.3 Bibliografía.

- Alcantara, A. (5 de Septiembre de 2000). Índice de susceptibilidad a movimientos del terreno y su aplicación en una región semiárida. *Revista México de Ciencias Geológicas*, 66-75.
- Antoine. (1992). *tipos de deslizamientos*. México: México.
- Atterberg, A. M. (1911). *limites de consistencia de suelos (limites de Atterberg)*. suecia.
- Borselli, L. (2018). *Clasificación ingeneril de suelo* . México.
- Brown, W. y. (1973). *Automatic EmbkmentAnalysis*.
- Brusden, D. (1979). *Processes in Geomorphology, New York*. New York.
- Calero, J. y Mejia, B. . (Miercoles de Febrero de 2019). Caracterizacion de las condiciones Geologica y Sismica de la parte N y SWdel Recinto Universatario Rubén Darío(UNAN-Managua). Managua.
- Calero, J. Y Mejia,B. 2019. (Miercoles de Febrero de 2019). Caracterizacion de las condiciones Geologica y Sismica de la parte N y SWdel Recinto Universatario Rubén Darío(UNAN-Managua). Managua.
- Chacon. (1996). Inestabilidad de Laderas. *geologia e inestabilidad de talud*, 676.
- Cruden. (1991). *Movimientos de ladera*. Colombia.
- D, P. D. (2017). *Proyectos Inmuebles Countric S.A*. Ineter. Managua: Ineter.
- Das. (1985). *Fundamentos de Ingenieria Geotecnica*. D.F México: Thomsom Learning.
- Dengo. (1983). *Mid América Tectonic Settings for the pacific Margin From Southem Mexico to Nortwesten Colombia*. Guatemala: Centro de estudios Geologicos de América Central de Guatemala.

- Dengo. (1983). *Mid América Tectonic Settings for the pacific Margin From Southem Mexico to Nortwesten Colombia* (Vol. 1). Guatemala: Centro de estudios Geologicos de América Central de Guatemala.
- Fellenius. (1936). *Calculation of the Stability of Earth Dams. Proceedings of the Second Congress of Large Dams.*
- Frischbutter, A. (2002). *Estructure of the Managua, graben, Nicargua, from remote sensing images*. Managua, Nicaragua: Centro de Estudios de América Central Guatemala.
- Frischbutter, A. (2002). *Estructure of the Managua, graben, Nicargua, from remote sensing images* (Vol. 41). Managua, Nicaragua: Centro de Estudios de América Central Guatemala.
- Gabino, P. (2005). *Análisi numerico de flujos y la inestabilidad de talud de mineral*. Brasil: Universidad Catolica de Rio de Janeiro.
- Hodgson. (2002). *Introduccion al lexico estatigrafico*. Managua-Nicaragua: Managua.
- Hodgson. (2002). *Introduccion al lexico estatigrafico de Nicaragua (págs 98)*. Managua-Nicaragua.
- Hradecky. (1997 y 2001). *Amenaza sismica de nicaragua*. Managua.
- Hradecky. (1997 y 2001). *Estudio geologico para reconocer riesgos natural y vulnerabilidad geologica en el area de managua* . Managua, Nicaragua: Managua.
- Hrrod, B. R. (1989). *Geology and seismologic aspects off the*. Managua, Nicaragua : earthquakes off December 23.
- INETER. (2002). *Actualización del mapa de fallas geológicas de Managua*. Managua: INETER.
- INETER. (2013). *Evaluacion de desastres y peligro residuales en el volcán Casita*. Managua, Nicaragua : INETER.
- INETER. (2017). *Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales*. Managua-Nicargua: INETER.

- INETER, C. (2005). *Mapa de Amenaza de Inestabilidad de Laderas*. Managua-Nicaragua: Managua.
- INIDE. (2003). *Informe general del anuario demografico en Nicaragua*. Managua, INIDE: Managua.
- J, S. (2011). *Deslizamientos y Estabilidad de taludes en Zonas Tropicales Colombia*. Colombia: Colombia Universidad Industrial Santander.
- Knudson, C. (1974). *Stron-motion instrumental records of the Managua earthquaker of December*. Managua, Nicaragua: Managua.
- Knudson, C. (1974). *Stron-motion instrumental records of the Managua earthquaker of December*. Managua, Nicaragua: Managua.
- Leeds, D. (1973). *Destructive earthquake of Nicaragua. Earthquakes engineering research institute conference proceedings*. California .
- Leeds, D. (1973). *Destructive earthquake of Nicaragua. Earthquakes engineering research institute conference proceedings*. (Vol. 1). California.
- Matteis, A. (2003). *Geología y Geotecnia. Investigativo, Universidad del Rosario, Rosario Argentina*, 42.
- Morales, L. y. (2003). *Determinacion in situ de las propiedades ingeneriles de los suelos y su relación en el ensayo*. Argentina.
- MTI. (2003). *Red Vial*. Managua, Nicaragua: MTI.
- Prensa, L. (10 de Abril de 2014). *peligro sismicos* . *La prensa* , pág. 23.
- Suarez. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Vol. 1). Colombia, Colombia: Ingenieria de suelos Ltda.
- Suárez. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Colombia: Ingenieria de suelos Ltda.
- Suárez, J. (2011). *Deslizamientos y Análisis de taludes en zonas tropicales*. Colombia.

- Suarez, J. (2011). *Deslizamientos y Estabilidad de taludes en Zonas Tropicales Colombia* (Vol. 2). Colombia: Colombia Universidad Industrial Santander.
- Suarez, J. (2013). *Deslizamientos: Analisis Geotecnico*. Bucaramanga, Colombia.
- Suarez, J. (2013). *Deslizamientos: Analisis Geotecnico* (Vol. 3). Bucaramanga, Colombia.
- Talavera, E. (2008). *PROYECTO RESIS II Evaluacion de la Amenaza Sismica en Centroamerica* . Managua, Nicaragua.
- UNISDR. (2013). *Informe Nacional sobre Gestion Integral del Riesgo y Desastre*. Managua-Nicaragua.
- Valle. (1973). *Daños causados por los temblores del 23 de Diciembre de 1972 en las contrucciones de Managua, México*. Managua: México, UNAM.
- Valle. (1973). *Daños causados por los temblores del 23 de Diciembre de 1972 en las contrucciones de Managua, México*. Managua: México, UNAM.
- Vallejo, L. (2000). *Ingenieria Geológica*. Madrid. España: PEARSON EDUCATION.
- Vallejo, L. (2000). *Ingenieria Geológica* (Vol. 1). Madrid. España: PEARSON EDUCATION.
- Varnes. (1958, 1978). *Clasificación de movimientos de ladera* .
- Yague, C. y. (1997). *definiciones de talud* . peru.
- Zambrana., X. (2019). Peligro Sísmico por Efecto de Sitio en el Recinto Universitario Rubén Darío de la UNAN-Managua.Nicaragua. *Revista Científicade FAREM-Estelí*, 93.

5.4 ANEXOS

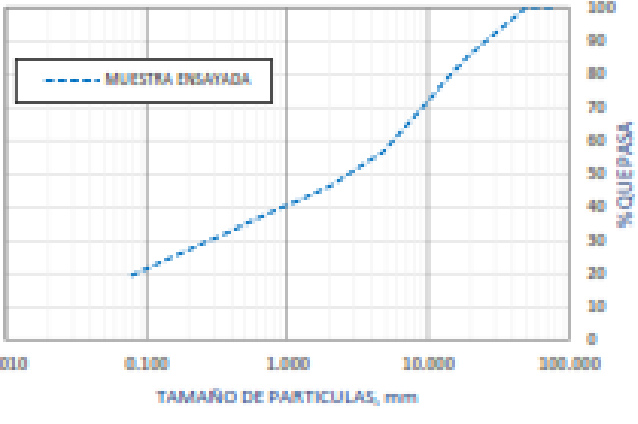
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA				
	UNAN - MANAGUA				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:	MONOGRAFIA
	ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS			
NORMA:	AASHTO T 27	CODIGO:	CAPA #1		
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA				

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA ARCILLOSA SC	A-1-b (0)	Martes, 22 de Oct, 2019	1	1

Masa de la muestra inicial húmeda (g):	2526.45	Masa inicial seca, corregida (g)	2021.05
Masa de la muestra lavada (g):	1650.44	Masa de tara (g):	70.47
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):	370.61	Masa húmeda + tara (g):	335.11
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):	17.78	Masa seca + tara (g):	282.17
Masa total, menor de 0.075 mm (g):	388.39	% de humedad:	25.01

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	297.92	14.74	14.74	85		
N° 4	4.750	579.76	28.69	43.43	57		
N° 10	2.000	209.91	10.39	53.81	46		
N° 40	0.425	253.91	12.66	66.48	34		
N° 200	0.075	289.16	14.31	80.78	19		
FONDO		17.78	19.22	100.00	0	OK	

PARÁMETROS DE GRADUACIÓN	
TAMAÑO MÁXIMO:	50.000
GRADUACIÓN:	No Evaluar Graduación
$D(10)$ $D(30)$ $D(60)$ $Cu = D60/D10$ $Cc = (D30)^2 / D60 \times D10$	

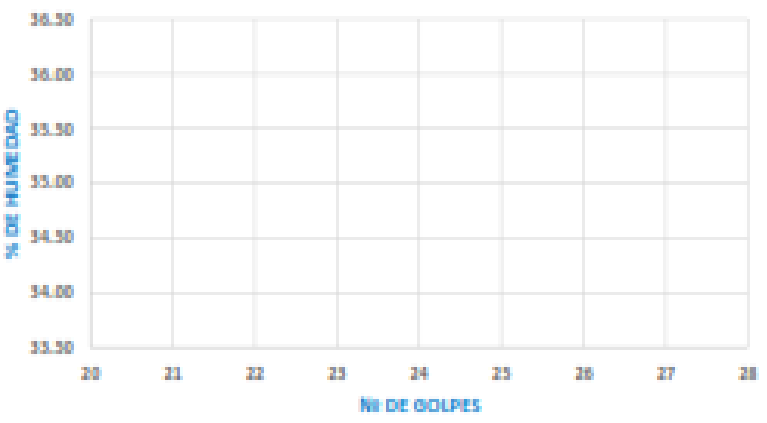


Observaciones:	
<i>Técnico de laboratorio: Darwin E. Altamirano Gutiérrez.</i>	

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA				
	UNAN - MANAGUA				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	CÓDIGO:	CAPA # 1
	ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS			
NORMA:	ASTM D 4318; 2000	PROPOSITO:	MONOGRAFIA		
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA				

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA ARCILLOSA SC	A-1-b (0)	Miércoles, 02 de Octubre, 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					
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)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
FACTOR PARA LÍMITE LÍQUIDO					
CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDA (g)					



LÍMITE PLÁSTICO		MÉTODO DE ENSAYO: MANUAL		ÍNDICE 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:

Técnico de laboratorio: **Doracis E. Almirante Gutiérrez.**

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA			
	UNAN - MANAGUA			
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:
	ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS		
NORMA:	AASHTO T 100	CÓDIGO:	CAPA # 1	
BANCO:	CERRO MOKORÓN, UNAN MANAGUA			

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA ARCILLOSA SC	A-1-b (0)	Viernes, 04 de Octubre, 2019	1	1

TIPO DE SUELO	MASA DE MUESTRA SECA CUANDO LA CAPACIDAD DEL RECIPIENTE SEA DE:		SECAR LA MUESTRA COMO MÍNIMO 12 HORAS EN UN HORNO A UNA TEMPERATURA DE 110 ± 5 °C
	230 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	30 ± 3	30 ± 10	

Pasa el tamiz: N° 4	ECUACIONES	ENSAYOS			PROMEDIO
Retenido en el tamiz:		1	2	3	
Masa de muestra seca (g)	A= C - D	53.69	66.45		
Masa de picnómetro, muestra de suelo y agua (g)	B	589.07	593.27		
Masa de picnómetro y muestra de suelo (g)	C	290.60	295.68		
Masa de picnómetro (g)	D	233.11	229.23		
Masa de picnómetro y agua (g)	E	557.11	555.13		
Volumen (cm³)	F= A + (E - B)	23.73	28.31		
GRAVEDAD ESPECIFICA	G= A / F	2.347	2.347		2.347

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 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	297.92	14.74	14.74	85		
N° 4	4.750	579.78	28.69	43.43	57		
N° 10	2.000	209.91	10.39	53.81	46		
N° 40	0.425	233.91	12.66	66.46	34		
N° 200	0.075	289.16	14.31	80.78	19		
FONDO		17.78	19.22	100.00	0	OK	

> ENSAYO REQUERIDO PARA AASHTO T 88. CRIBAR A TRAVÉS TAMIZ N°10 (2 mm)

Observaciones:
<i>Técnico de laboratorio: Darwin E. Altamirano Gutiérrez.</i>

	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 DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS		
NORMA:	AASHTO T 27	CODIGO:	CAPA #2	
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA			

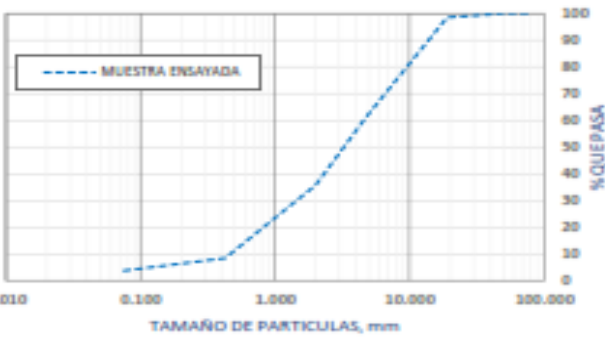
Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	A-1-a (1)	Martes, 22 de Oct, 2019	2	1

Masa de la muestra inicial húmeda (g):	2539.63	Masa inicial seca, corregida (g)	2398.08
Masa de la muestra lavada (g):	2315.59	Masa de tara (g):	71.14
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):	82.49	Masa húmeda + tara (g):	396.06
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):	7.50	Masa seca + tara (g):	377.93
Masa total, menor de 0.075 mm (g):	89.99	% de humedad:	5.90

Tamiz Estandar	Abertura Estandar (mm)	Masa Retenida (g)	Masa Retenida (%)	Masa Ret. Acumulada (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍN.	ESP. MAX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100		
3/4"	19.000	35.33	1.47	1.47	99		
N° 4	4.750	894.34	37.29	38.77	61		
N° 10	2.000	612.49	25.54	64.31	36		
N° 40	0.425	653.35	27.24	91.55	8		
N° 200	0.075	112.58	4.69	96.25	4		
FONDO		7.50	3.75	100.00	0	OK	

PARÁMETROS DE GRADUACIÓN	
TAMAÑO MÁXIMO:	50.000
GRADUACIÓN:	Evaluar Graduación
D(10)	0.31 mm
D(30)	1.67 mm
D(60)	4.62 mm
Cu = D60/D10	8.97
Cc = (D30) ² / D60 x D10	1.17

CURVA GRANULOMETRICA

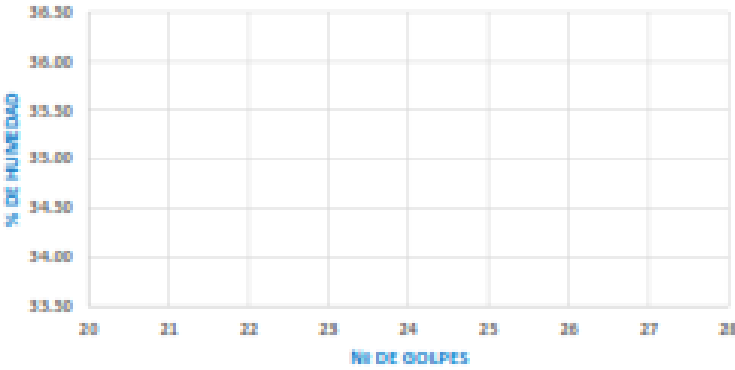


Observaciones:
Técnico de laboratorio: Dorwin E. Alvarado Gutiérrez.

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA			
	UNAN - MANAGUA			
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	CÓDIGO:
	ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS		
NORMA:	ASTM D 4318; 2000	PROPOSITO:	MONOGRAFIA	
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA			

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	A-1-a (1)	Martes, 19 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 RECIENTE				
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)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
FACTOR PARA LÍMITE LÍQUIDO				
CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDA (g)				



LÍMITE PLÁSTICO	MÉTODO DE ENSAYO: MANUAL		ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
CANTIDAD DE PRUEBAS	1	2	MÉTODO	LÍMITE	VALOR
IDENTIFICACIÓN DEL RECIENTE			MANUAL	LL	0
MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA +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:

Técnico de laboratorio: Dorado E. Alfamirano Gutiérrez.

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA			
	UNAN - MANAGUA			
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:
	ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS		
NORMA:	AASHTO T 100	CÓDIGO:	CAPA # 2	
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA			

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	A-1-a (1)	Viernes, 22 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: N° 4	ECUACIONES	ENSAYOS			
Retenido en el tamiz:		1	2	3	PROMEDIO
Masa de muestra seca (g)	A= C - D	63.97	61.57		
Masa de picnómetro, muestra de suelo y agua (g)	B	591.38	587.86		
Masa de picnómetro y muestra de suelo (g)	C	299.08	290.82		
Masa de picnómetro (g)	D	235.11	229.25		
Masa de picnómetro y agua (g)	E	557.10	555.13		
Volumen (cm³)	F= A + (E - B)	29.69	28.84		
GRAVEDAD ESPECIFICA	G= A / F	2.155	2.135		2.145

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	35.33	1.47	1.47	99		
N° 4	4.750	894.34	37.29	38.77	61		
N° 10	2.000	612.49	25.54	64.31	36		
N° 40	0.425	653.35	27.24	91.55	8		
N° 200	0.075	112.58	4.69	96.25	4		
PONDO		7.50	3.75	100.00	0	OK	

> ENSAYO REQUERIDO PARA AASHTO T 88. CRIBAR A TRAVÉS TAMIZ N°10 (2 mm)

Observaciones:
<i>Técnico de laboratorio: Darwin E. Altamirano Gutiérrez.</i>

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

	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 DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS			
NORMA:	AASHTO T 27	CODIGO:	CAPA #3		
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA				

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA ARCILLOSA SC	A-1-b (0)	Lunes, 28 de Oct, 2019	3	1

Masa de la muestra inicial húmeda (g):	2642.29	Masa inicial seca, corregida (g)	2262.06
Masa de la muestra lavada (g):	1923.87	Masa de tara (g):	71.44
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):	338.19	Masa húmeda + tara (g):	433.51
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):	18.10	Masa seca + tara (g):	398.53
Masa total, menor de 0.075 mm (g):	356.29	% de humedad:	16.81

Tamiz Estandar	Abertura Estandar (mm)	Masa Retenida (g)	Masa Retenida (%)	Masa Ret. Acumulada (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MIN.	ESP. MAX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100		
3/4"	19.000	50.15	2.22	2.22	98		
N° 4	4.750	555.13	24.54	26.76	73		
N° 10	2.000	467.92	20.89	47.44	53		
N° 40	0.425	449.22	19.86	67.30	33		
N° 200	0.075	383.35	16.95	84.25	16		
FONDO		18.10	15.75	100.00	0	OK	

PARAMETROS DE GRADUACION

TAMAÑO MÁXIMO: **50.000**

GRADUACIÓN: **No Evaluar Graduación**

D(10)

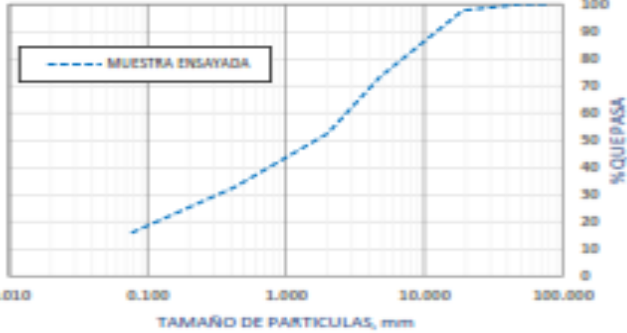
D(30)

D(60)

Cu = D60/D10

Cc = (D30)² / D60 x D10

CURVA GRANULOMETRICA



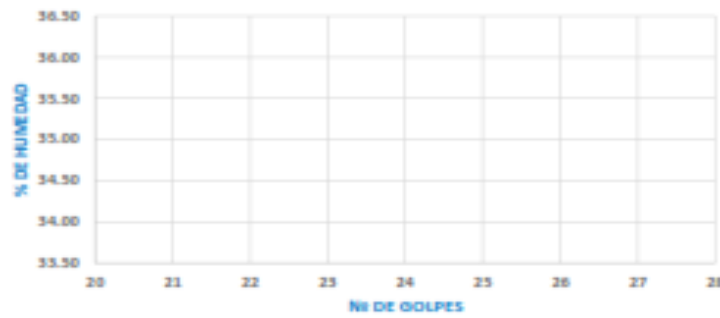
Observaciones:
<i>Técnico de laboratorio: Dorwin E. Almirano Gutiérrez.</i>

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA				
	UNAN - MANAGUA				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
	CARRERA:	INGENIERÍA GEOLOGICA	AÑO: V	CÓDIGO:	CAPA # 3
	ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS			
NORMA:	ASTM D 4318; 2000	PROPOSITO:	MONOGRAFIA		
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA				

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA ARCILLOSA SC	A-1-b (0)	Martha, 10 de Diciembre, 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)		NP			
MASA DE LA MUESTRA SECA +TARA (g)					
MASA DE LA TARA (g)					
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)					
MASA DE AGUA (g)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
FACTOR PARA LÍMITE LÍQUIDO					
CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDA (g)					



% DE HUMEDAD

NO DE GOLPES

LÍMITE PLÁSTICO		MÉTODO DE ENSAYO: MANUAL		ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
CANTIDAD DE PRUEBAS	1	2		MÉTODO	LÍMITE	VALOR
IDENTIFICACIÓN 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:
<i>Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.</i>

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

	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	CODIGO:	CAPA # 3	
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA			

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA ARCILLOSA SC	A-1-b (0)	Miércoles, 11 de Diciembre, 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
	A-1, A-3	60 ± 10	
	A-2	45 ± 10	
	A-4, A-5, A-6, A-7	35 ± 5	

Pasa el tamiz: Nº 4	ECUACIONES	ENSAYOS			
Retenido en el tamiz:		1	2	3	PROMEDIO
Masa de muestra seca (g)	A= C - D	61.23	55.16		
Masa de picnómetro, muestra de suelo y agua (g)	B	591.35	610.15		
Masa de picnómetro y muestra de suelo (g)	C	290.36	311.27		
Masa de picnómetro (g)	D	229.13	256.11		
Masa de picnómetro y agua (g)	E	555.32	578.04		
Volumen (cm³)	F= A + (E - B)	23.20	23.05		
GRAVEDAD ESPECIFICA	G= A / F	2.430	2.393		2.411

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	50.15	2.22	2.22	98		
Nº 4	4.750	555.13	24.54	26.76	73		
Nº 10	2.000	467.92	20.69	47.44	53		
Nº 40	0.425	449.22	19.86	67.30	33		
Nº 200	0.075	383.35	16.95	84.25	16		
PONDO		18.10	15.75	100.00	0	OK	

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

Observaciones:
<i>Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.</i>

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

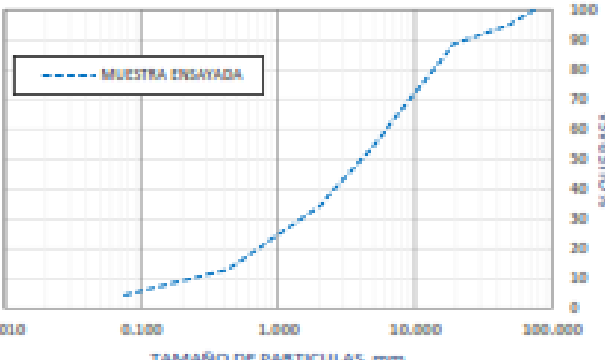
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA				
	UNAN - MANAGUA				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:	MONOGRAFIA
	ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS			
	NORMA:	AASHTO T 27		CODIGO:	CAPA #4
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA				

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestras:
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	A-1-a (1)	Lunes, 11 de Nov, 2019	4	1

Masa de la muestra inicial húmeda (g):	2519.99	Masa inicial seca, corregida (g):	2381.96
Masa de la muestra lavada (g):	2290.08	Masa de tara (g):	71.17
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):	91.90	Masa húmeda + tara (g):	337.30
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):	13.47	Masa seca + tara (g):	341.66
Masa total, menor de 0.075 mm (g):	105.37	% de humedad:	5.78

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	115.56	4.65	4.65	95		
3/4"	19.000	159.40	6.69	11.34	88		
Nº 4	4.750	836.03	35.10	46.64	53		
Nº 10	2.000	454.96	19.10	65.74	34		
Nº 40	0.425	567.10	21.29	87.03	13		
Nº 200	0.075	203.54	8.55	95.58	4		
FONDO		13.47	4.42	100.00	0	OK	

PARÁMETROS DE GRADUACIÓN	
TAMAÑO MÁXIMO:	75.000
GRADUACIÓN:	Evaluar Graduación
D(10)	0.30 mm
D(30)	1.68 mm
D(60)	5.71 mm
Cu = D60/D10	18.81
Cc = (D30) ² / D60 x D10	1.64



Observaciones:
<i>Técnico de laboratorio: Dorwin E. Almirano Gutiérrez.</i>

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA			
	UNAN - MANAGUA			
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	CÓDIGO: CAPA # 4
	ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS		
NORMA:	ASTM D 4318: 2000	PROPOSITO:	MONOGRAFIA	
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA			
Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	A-1-a (1)	Martes, 19 de Nov, 2019	4	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)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
FACTOR PARA LÍMITE LÍQUIDO				
CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDA (g)				
				
LÍMITE PLÁSTICO	MÉTODO DE ENSAYO: MANUAL		ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
CANTIDAD DE PRUEBAS	1	2	MÉTODO	LÍMITE
IDENTIFICACIÓN DEL RECIPIENTE			MANUAL	LL
MASA DE LA MUESTRA HUMEDA + TARA (g)			UN SOLO PUNTO	LP
MASA DE LA MUESTRA SECA + TARA (g)				IP
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 PLÁSTICO).	
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)				
MASA DEL AGUA (g)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
Observaciones:				

Técnico de Laboratorio: Dorinda E. Alvarado Gutiérrez

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA			
	UNAN - MANAGUA			
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:
	ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS		
NORMA:	AASHTO T 100	CODIGO:	CAPA # 4	
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA			

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	A-1-a (1)	Viernes, 22 de Nov, 2019	4	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	
	A-2	45 ± 10	
	A-4, A-5, A-6, A-7	35 ± 5	

Pasa el tamiz: Nº 4	ECUACIONES	ENSAYOS			
Retenido en el tamiz:		1	2	3	PROMEDIO
Masa de muestra seca (g)	A= C - D	63.69	69.61		
Masa de picnómetro, muestra de suelo y agua (g)	B	593.19	594.50		
Masa de picnómetro y muestra de suelo (g)	C	298.80	298.88		
Masa de picnómetro (g)	D	235.11	229.25		
Masa de picnómetro y agua (g)	E	557.10	555.13		
Volumen (cm³)	F= A + (E - B)	27.60	30.24		
GRAVEDAD ESPECIFICA	G= A / F	2.308	2.302		2.305

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	115.56	4.85	4.85	95		
3/4"	19.000	159.40	6.69	11.54	88		
Nº 4	4.750	636.03	35.10	46.64	53		
Nº 10	2.000	454.96	19.10	65.74	34		
Nº 40	0.425	507.10	21.29	87.03	13		
Nº 200	0.075	203.34	8.55	95.58	4		
FONDO		13.47	4.42	100.00	0	OK	

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

Observaciones:
<i>Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.</i>

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

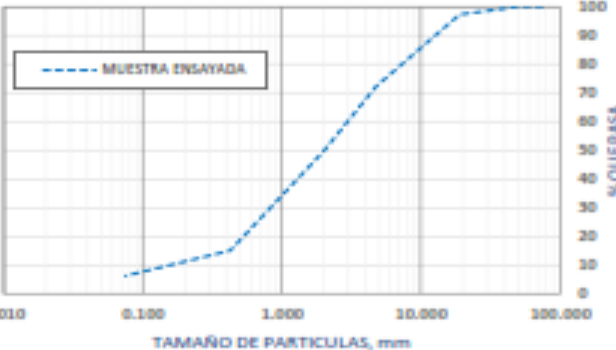
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA				
	UNAN - MANAGUA				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:	MONOGRAFIA
	ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS			
NORMA:	AASHTO T 27	CODIGO:	CAPA #3		
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA				

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA BIEN GRADUADA CON LIMO (SW-SM)	A-1-a (1)	Lunes, 11 de Nov, 2019	5	1

Masa de la muestra inicial húmeda (g):	2587.50	Masa inicial seca, corregida (g):	1952.44
Masa de la muestra lavada (g):	1834.54	Masa de tara (g):	71.18
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):	117.90	Masa húmeda + tara (g):	329.13
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):	4.71	Masa seca + tara (g):	265.82
Masa total, menor de 0.075 mm (g):	122.61	% de humedad:	32.53

Tamiz Estandar	Abertura Estandar (mm)	Masa Retenida (g)	Masa Retenida (%)	Masa Ret. Acumulada (%)	Material que pasa (%)	ESPECIFICACIONES	
						ESP. MÍN.	ESP. MAX.
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100		
3/4"	19.000	53.37	2.73	2.73	97		
N° 4	4.750	488.67	25.03	27.76	72		
N° 10	2.000	438.80	22.47	50.24	50		
N° 40	0.425	676.68	34.66	84.89	15		
N° 200	0.075	172.31	8.83	93.72	6		
PONDO		4.71	6.28	100.00	0	OK	

PARÁMETROS DE GRADUACIÓN	
TAMANO MAXIMO:	50.000
GRADUACIÓN:	Evaluar Graduación
D(10)	0.22 mm
D(30)	1.10 mm
D(60)	3.25 mm
Cu = D60/D10	14.62
Cc = (D30) ² / D60 x D10	1.68

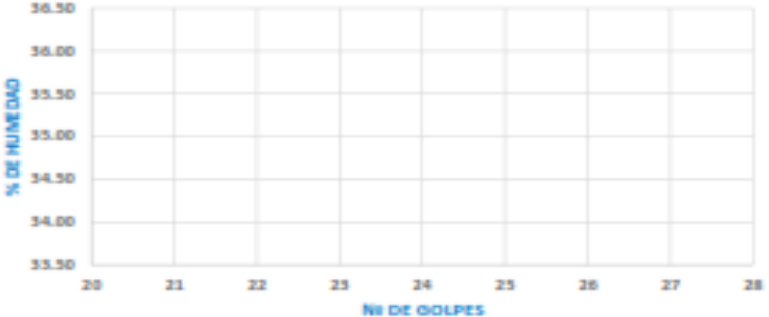


<i>Observaciones:</i>	
<i>Técnico de laboratorio: Dorotea E. Altamirano Gutiérrez.</i>	

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA				
	UNAN - MANAGUA				
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	CÓDIGO:	CAPA # 3 (2)
	ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS			
NORMA:	ASTM D 4318; 2000	PROPOSITO:	MONOGRAFIA		
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA				

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	A-1-a (1)	Marles, 19 de Nov, 2019	6	1

LÍMITE LÍQUIDO	METODO DE PREPARACIÓN DE ESPECIMENES HUMEDOS			
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
IDENTIFICACION DEL RECIPIENTE				
GOLPES EMPLEADOS PARA EL CIERRE				
MASA DE LA MUESTRA HUMEDA +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)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
FACTOR PARA LÍMITE LÍQUIDO				
CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDA (g)				



LÍMITE PLÁSTICO	MÉTODO DE ENSAYO: MANUAL		ÍNDICE 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:

Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA			
	UNAN - MANAGUA			
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:
	ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SUELOS		
NORMA:	AASHTO T 100	CODIGO:	CAPA # 3 (2)	
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA			

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	A-1-a (1)	Viernes, 22 de Nov, 2019	6	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: N° 4	ECUACIONES	ENSAYOS			
Retenido en el tamiz:		1	2	3	PROMEDIO
Masa de muestra seca (g)	A= C - D	59.90	60.50		
Masa de picnómetro, muestra de suelo y agua (g)	B	586.63	583.69		
Masa de picnómetro y muestra de suelo (g)	C	295.01	289.75		
Masa de picnómetro (g)	D	235.11	229.25		
Masa de picnómetro y agua (g)	E	557.10	555.13		
Volumen (cm³)	F= A + (E - B)	30.37	29.94		
GRAVEDAD ESPECIFICA	G= A / F	1.972	2.021		1.997

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	17.27	0.75	0.75	99		
N° 4	4.750	879.96	38.21	38.96	61		
N° 10	2.000	740.90	32.17	71.14	29		
N° 40	0.425	534.88	23.23	94.36	6		
N° 200	0.075	49.52	2.15	96.51	3		
PONDO		2.60	3.49	100.00	0	OK	

> ENSAYO REQUERIDO PARA AASHTO T 88. CRIBAR A TRAVÉS TAMIZ N°10 (2 mm)

Observaciones:
<i>Técnico de laboratorio: Darwin E. Altamirano Gutiérrez.</i>

“ANÁLISIS DE INESTABILIDAD DE TALUD EN LA RESERVA CERRO MOKORÓN DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO (UNAN-MANAGUA)”

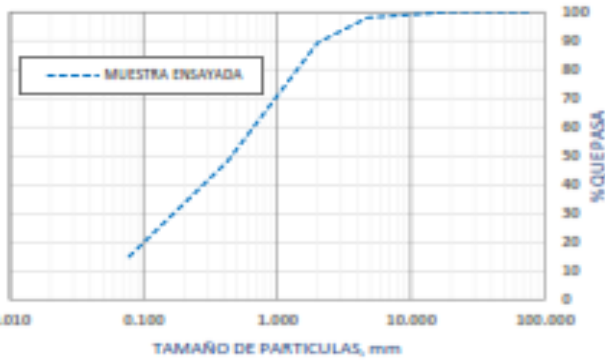
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA			
	UNAN - MANAGUA			
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
	CARRERA:	INGENIERIA GEOLOGICA	AÑO: V	PROPOSITO:
	ENSAYO:	ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS		
NORMA:	AASHTO T 27	CODIGO:	CAPA #2 (2)	
BANCO:	CERRO MOKORON, UNAN MANAGUA			

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Fecha de ensayo:	Sondeo:	Muestra:
ARENA ARCILLOSA SC	A-1-b (0)	Lunes, 11 de Nov, 2019	7	1

Masa de la muestra inicial húmeda (g):	2631.96	Masa inicial seca, corregida (g)	2117.23
Masa de la muestra lavada (g):	1826.66	Masa de tara (g):	71.44
Agregado lavado menor de 0.075 mm (g):	290.57	Masa húmeda + tara (g):	332.83
Agregado tamizado menor de 0.075 mm (g):	10.68	Masa seca + tara (g):	281.71
Masa total, menor de 0.075 mm (g):	301.25	% de humedad:	24.31

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	40.77	1.93	1.93	98		
N° 10	2.000	185.71	8.77	10.70	89		
N° 40	0.425	872.18	41.19	51.89	48		
N° 200	0.075	717.32	33.88	85.77	14		
FONDO		10.68	14.23	100.00	0	OK	

PARAMETROS DE GRADUACIÓN	
TAMANO MAXIMO:	19.000
GRADUACIÓN:	No Evaluar Graduación
D(10)	
D(30)	
D(60)	
Cu = D60/D10	
Cc = (D30) ² / D60 x D10	



Observaciones:	
<i>Técnico de laboratorio: Dorwin E. Altamirano Gutiérrez.</i>	