

4. Geología y estratigrafía de Managua

4.1 Datos generales

Managua, capital de Nicaragua, se ubica en el suroeste de Nicaragua, específicamente en la cuenca sur del Lago de Managua (Xolotlán). El municipio tiene un área total de 267 km² de extensión, de los cuales 173.7 km² son del área urbana. La población estimada es de 1, 025,000 habitantes (datos al 30 de Junio de 2000). La altitud promedio es de alrededor de 80 m.s.n.m, el clima es tropical y las temperaturas promedio oscilan entre 27° C hasta 32°C. ⁽³³⁾

4.2 Marco geológico-estructural del área de Managua

La ciudad de Managua se ubica dentro de la cordillera volcánica entre los volcanes Apoyeque al noroeste y Masaya al sureste. En ella y en sus alrededores se reconocen numerosos pequeños edificios volcánicos y remanentes de volcanes: Santa Ana, Asososca, Tiscapa, Ticomo, Motastepe, entre otros. Existe una estrecha relación entre la segmentación del frente volcánico y el emplazamiento de un complejo estructural en la zona de Managua. El proceso de estiramiento de la corteza fue lo que llevó a la formación del graben o de la depresión estructural conocido como graben de Managua. ⁽³³⁾

Este graben de aproximadamente 40 Km. de ancho, se abre a lo largo de dos zonas distintas de fallamiento normal, denominados: Sistema Falla Mateare al Oeste y el Sistema Falla Las Nubes al Sur, que parecen estar ligando los dos segmentos separados del frente volcánico; el Sistema Falla Cofradía marca el límite este del graben. ⁽³³⁾

Todas las fallas presentan un rumbo promedio de NE-SW. Por su longitud y desplazamiento, en el área de Managua existen cinco fallas principales, a saber, Falla Estadio, Falla Los Bancos, Falla Tiscapa, Falla Escuela y Falla Centroamérica. ⁽³³⁾⁽³⁴⁾

La Figura a.12 muestra una serie de alineaciones, además de las fracturas reconocidas superficialmente, que son trazadas a base de algunas expresiones morfológicas (escarpes de fallas). Estas representan trazas que pueden estar asociadas a fallas o fracturas a profundidad sin presentar manifestación topográfica clara. Han sido reconocidas por métodos indirectos de fotografías aéreas y por medio de zanjas geológicas a lo largo de ellas. ⁽³³⁾

El subsuelo de Managua se caracteriza por la presencia de una secuencia volcano-sedimentaria donde se reconocen productos provenientes de los volcanes Masaya, Apoyeque, Apoyo, de los volcanes del lineamiento Miraflores-Nejapa, Motastepe y de otros conos volcánicos fuera de este lineamiento, como Chico Pelón y Tiscapa que quedan ahora como remanentes de antigua actividad volcánica en el centro del área de estudio. La presencia de numerosos suelos fósiles demuestran la existencia de ciertos períodos de calma entre eventos volcánicos o tectónicos, que han permitidos el desarrollo de suelos de varios tipos. ⁽³⁴⁾

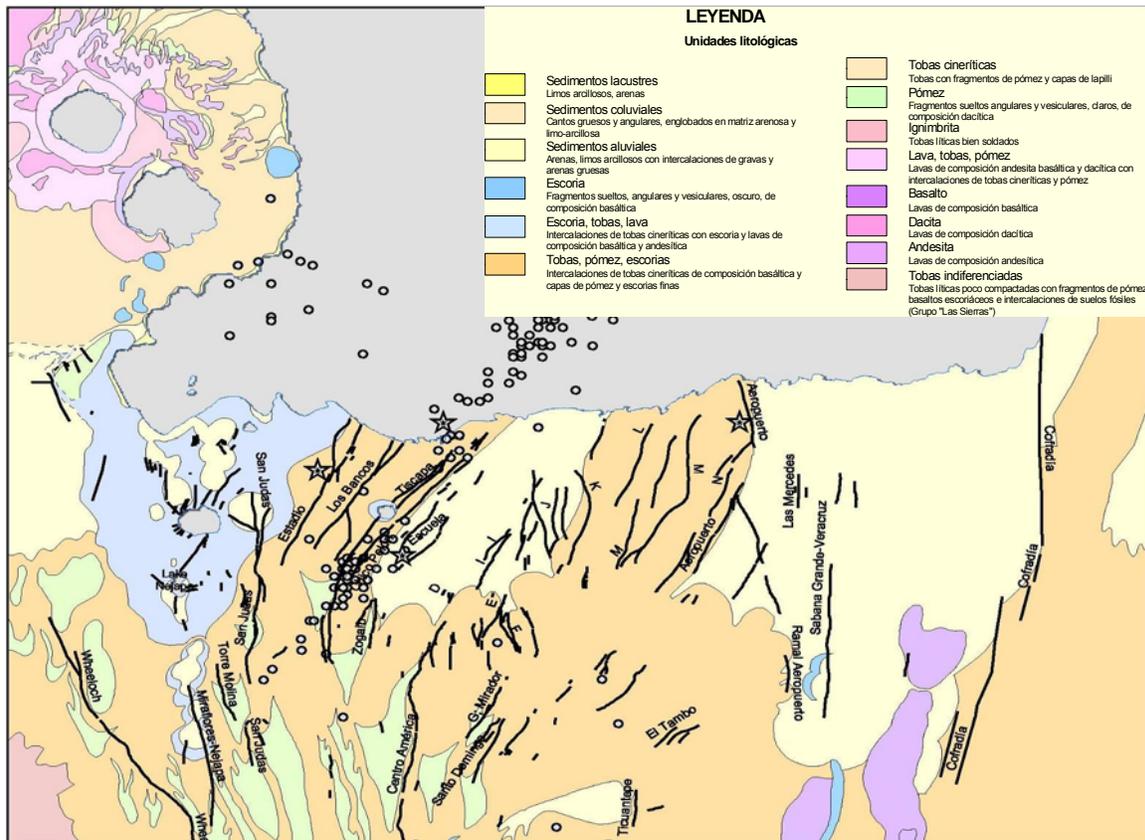


Figura 4.1 "Mapa geológico del área de Managua".

Fuente: INETER, Georiesgo 2003.

Existen varias formaciones claramente diferenciables por su geología estas son: Estructura de Nejapa, Estructura de Tiscapa, y Llanos Aluviales de Centro y Norte de la ciudad de Managua. ⁽⁷⁾

4.2.1 Estructura de Nejapa

En esta estructura se destacan varias formaciones claramente diferenciables por su forma y materiales que la componen, entre las que se encuentran:

Laguna de Acahualinca, formada por piroclastos y pómez.

Laguna de Asososca, al oeste formado por piroclastos, al sureste destaca el esqueleto de cuello volcánico formado por lapilli basálticos y subordinadamente flujos basálticos.

Cerro San Fernando, formado por basalto, piro clásticos y pómez.

Cerro de batahola, formado en gran parte por flujos basálticos.

Cerro Motastepe, formado lapillo basáltico.

Laguna de Nejapa, formado por piroclastos gruesos y aglomerados con bloques basálticos en la parte superior.

Depresión de Ticomo, compuesto por flujos basálticos y en la parte superior por piroclásticos y pómez. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.2.2 Estructura de Tiscapa

En la estructura de Tiscapa se presenta una diferenciación de las formaciones que la componen entre estas destacan:

Laguna de Tiscapa, formada de toba aglomerítica poco compacta, toba suelta, ceniza negra suelta y lapillo.

Cono de Chico Pelón, formado por escoria basáltica lapílica de pobre compactación. ⁽⁷⁾

4.2.3 Llanos aluviales del centro y norte de Managua

En esta zona se presentan materiales de características sedimentarias (aluviales) los que han sido arrastrados por las corrientes que bajan por partes altas de Managua principalmente por las sierritas de Managua, los escarpes Las Nubes y depósitos en las zonas bajas.

Estos sedimentos son producto del intemperismo a que están sometidos los piroclásticos de la zona sur del área de Managua los cuales se desintegran mediante estos procesos y son transportados por las fuertes corrientes hacia la zona norte y este de la ciudad. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3 Estratigrafía de Managua

El subsuelo de Managua se compone, a partir de la base, por productos del Grupo Las Sierras, en los cuales se reconocen ignimbritas, ondas piroclásticas y piroclastos de caída, relacionados a explosiones regionales de calderas que se han formado entre final del Terciario e inicio del Cuaternario. Sobre este grupo se depositaron secuencias piroclásticas del Grupo Las Nubes y del Grupo Managua, las cuales están suficientemente descritas en Hradecky et al (1997) y en Hradecky (2001).

4.3.1 Grupo las sierras

Son materiales formados por rocas piroclásticas depositadas en un ambiente de aguas someras. Sus niveles inferiores están compuestos por tobas aglomeríticas poco cementadas y por partículas de pómez que están entrelazados con la formación El Salto hasta un espesor de 150m. A este entrelazamiento sobreyasen discordantemente capas de tobas de color claro, en partes rosadas y grises intercaladas con basaltito, con un espesor de 500m. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

Este último conjunto y el entrelazamiento anterior suman un total de 650 metros de espesor para el grupo las sierras.

Los niveles superiores están formados por flujos de lodos gris verduscos, tobas soldadas, pómez amarillenta vitrificada y piroclastos bien endurecidos. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

Predominan los flujos de lodos pisolíticos, con su parte superior meteorizada. En esta zona pasa gradualmente conforme aumenta la profundidad a condiciones de rocas más sanas (no meteorizadas) de alta compactación. Los pinolitos son agregados compuestos de arena, limo y arcilla. Los piroclastos son cenizas volcánicas, lapillo, tobas y pómez con suelos fósiles formados localmente. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2 Grupo Managua

La mayoría de materiales que forman el grupo Managua fueron depositados sobre la formación Las Sierras por las erupciones de las estructuras volcánicas de Nejapa, Masaya, Apoyeque y Tiscapa. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

Estos materiales son piroclastos de pobre compactación, arrojados por los centros de emisión cercanos al área de Managua durante el periodo pleistoceno superior o cuaternario. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

A este grupo subyace un suelo residual superpuesto a la formación Las Sierras, lo que indica una interrupción de la actividad volcánica y un periodo relativamente largo en el cual estaba expuesta esta última formación. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

Las unidades que conforman este grupo por lo general están separadas por pequeñas capas de suelo fósil, lo que indica periodos relativamente cortos en los que se vio interrumpida la actividad volcánica. Estas unidades son: ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2.1 Fontana lapilli (hormigón)

Es una de las unidades más distribuidas en Managua y muy fácilmente reconocible. Se trata de capas de polvo, cenizas y lapillo basálticas negras, separadas por dos o tres capas blanquecinas, bien compactadas, especialmente entre las partículas de lapillo. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2.2 Toba pomácea

Este comprende el grupo de pómez inferior. Esta bien distribuida en Managua y en algunos afloramientos se puede 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. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2.3 Lapilli negro intermedio

En esta unidad los fragmentos son basaltitos 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. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2.4 Gravas de Altamira

Son gravas y arenas bien calibradas y estratificadas, con algunas capas muy frágiles (desmoronables), con ausencia de fragmentos menores de arcilla o polvo en su base, aunque en la parte superior se observan materiales finos. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2.5 Cenizas de Tiscapa

Se caracteriza por contener lapilli claro a gris oscuro alternado con ceniza. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2.6 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. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2.7 Formación San Judas

Esta unidad esta 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 y aunque el lapilli está completamente meteorizado, las capas de toba permanecen intactas. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2.8 Tobas del Retiro

Son tobas compactadas de granos finos, de color amarillento en su parte superior y gris claro en la parte inferior. Es la unidad mas distribuida en Managua. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

4.3.2.9 Suelos recientes

Consisten en depósitos aluvionales, materiales piroclásticos superficiales que fueron meteorizados. Los cauces, arroyos valles han sido rellenados con estos materiales alcanzando espesores hasta de 5m, son suelos arcillosos, amarillentos o negros. ⁽⁷⁾⁽³⁴⁾

Columna litoestratigráfica de Managua

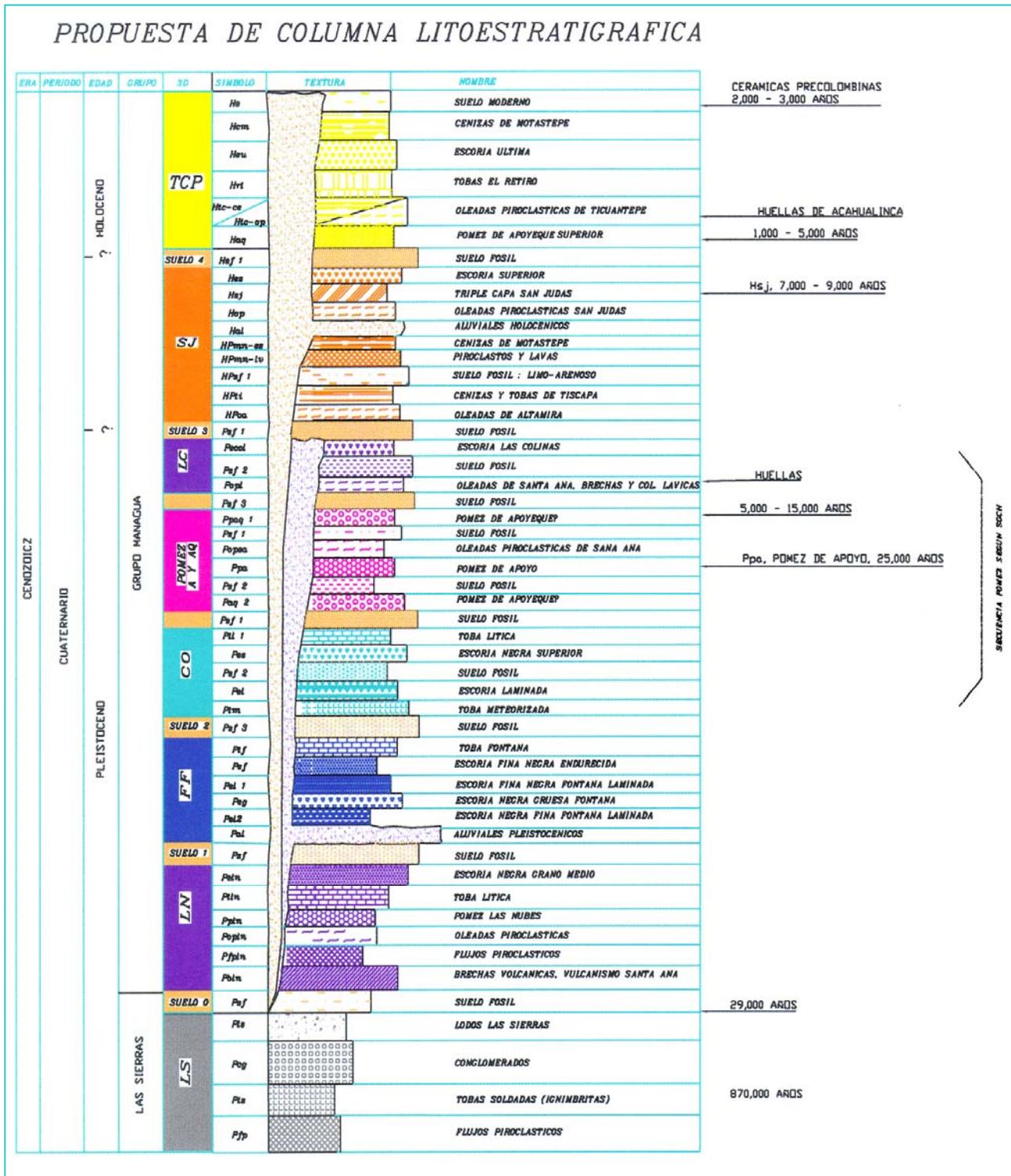


Figura 4.2 "Propuesta de Columna Estratigráfica generalizada de Managua".

Fuente Rodríguez y Montenegro (2002)

4.3.3 Geología local

El área del presente estudio se localiza en la porción sur-oriental de Managua, cercano al sistema de fallas activas denominado: Zogaib – Escuela (al oeste de la zona) y al ramal UNAN (al este de la zona).

De acuerdo a la geofísica, el trazo de la falla Zogaib tiene un rumbo Norte – Sur en la parte central del área, cambiando su orientación en la porción norte del área, hacia el noreste. El escarpe se presenta en forma de colina conocida como Mocerón, 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. ⁽¹²⁾⁽¹³⁾

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 que 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. ⁽¹²⁾⁽¹³⁾

Al este de la zona en el laboratorio de geotecnia del CIGEO, el centro de investigaciones geocientíficas realizó otro estudio geológico por fallamiento superficial, específicamente a 500m del escarpe de la falla Zogaib, en este se concluyó que el terreno se encuentra libre de fallas u otras perturbaciones geológicas mayores y no observaron desplazamientos horizontales en los estratos de las Formaciones El Retiro y San Judas, que sirven como estratos guías para la detección de Fallamiento Superficial para esta zona específica (ver figura a14 y a15 en anexos).

4.3.3.1 Levantamiento Geológico en Trinchera y afloramientos

El trabajo se realizó mediante investigaciones geológicas de superficie a través de observaciones y documentación en la parte alta del cerro Mocerón y periferias del terreno en estudio, para las investigaciones en el subsuelo se hizo necesaria la apertura de una trinchera exploratoria en la parte baja del cerro Mocerón usando los criterios geomorfológicos de selección:

- Materiales recientes
- Equilibrio sedimentación y erosión
- Material datable
- Localización exacta de la falla (geología y/o geofísica)

Las observaciones de sub-superficie se llevaron a cabo a través de la apertura de una zanja (Figura a.8) de dirección N88E perpendicular a la dirección del escarpe de la falla, a una profundidad de 3.5 m y 61 metros de longitud, la que permite la observación directa de la naturaleza de los estratos los que fueron rigurosamente descritos y documentados en la pared Norte de la Trinchera (Figura a.9). El Levantamiento en la parte Oeste de la trinchera se hizo cada 1m y en la parte Este

cada 5m. Esta zanja se proyectó en base a los resultados geofísicos y se abrió en dirección este – oeste (Figura a.10).

4.3.3.2 Estratigrafía local

La estratigrafía se encuentra definida por la presencia de estratos guías como, la toba El Retiro, la escoria San Judas, etc. Además los estratos se encuentran, sin deformación por efecto de fallas activas, relativamente, sin dobladuras y plegamientos. Sin embargo, estos presentan una ligera inclinación hacia la zona de escarpe de falla, que fue detectada por los estudios geofísicos, evidencias horizontales (geomorfología) y definida por el mapa de estructuras publicado por INETER.

En la geología de la zona se encuentran los siguientes tipos de suelos.

Tabla 4.1 “Tipos de suelos en el área de estudio”.

N°	Litología	Caracterización
1	Hs	Suelo Moderno: Su espesor, de 0.30 m. en el este, aumenta hacia la zona de escarpe (al oeste), combinándose con un suelo aluvial de relleno en la zona del trazo de la falla Zogaib, alcanzando un espesor máximo de 1.6 metros. Se caracteriza por ser un suelo no consolidado, moderadamente friable, de color café oscuro, de textura generalmente fina con abundante limo y líticos de toba de hasta 1.5 cm.
2	Hfs	Suelo fósil limoso: Su espesor se mantiene relativamente uniforme hacia la zona de escarpe con 0.38 metros, desaparece hacia el Este. Suelo no consolidado, moderadamente friable. Generalmente este suelo es producto de la meteorización de la toba El Retiro, de color café amarillento, conformado por abundante limo, fragmentos aislados de tobas muy meteorizada de hasta 8cm, líticos escoreaceos de hasta 2 cm.
3	Hrt (w)	Toba El Retiro meteorizada: Con espesor que varía entre 0.0-0.34 metros, ya que en dirección Este, desaparece por erosión. Se encuentra intensamente meteorizada, evidenciada por el color amarillento. Moderadamente consolidada, la parte superior se caracteriza por la presencia de una textura fina, abundante limos y arcilla principalmente. La parte inferior esta conformada por abundantes materiales de lapilli acrecional, soportados por material fino como limo. Este estrato se

		encuentra intensamente fracturado, producto de la meteorización de la toba El Retiro.
4	Hrt	Toba El Retiro: Su espesor varía entre los 0.24-0.50 metros, de color gris a pardo, material consolidado. Este material se caracteriza por presentar una textura fina, con presencia de grano fino (arena fina y limo). Además con presencia de lapilli acrecional. En su parte inferior de este material, contiene una textura escoracea, tamaño arena gruesa, en contacto con los materiales. También tiene restos fósiles de plantas. Hacia el Este se encuentra erosionado.
5	Hsf1	Suelo fósil limoso con fragmentos de pómez: Su espesor varía entre 0.06-0.30 metros. Este suelo es de color café claro, se caracteriza por la presencia de limo principalmente y de fragmentos de pómez, de hasta 3cm de diámetro. Además moderadamente friable.
6	Hes	Escoria superior: Su espesor varía entre 0.06-0.32 metros, es de color gris. Este material se caracteriza por presentar principalmente escorias con gradación normal de tamaños de arena media, hasta escoria gruesa de hasta 2.5cm de diámetro, de color gris. Además es altamente friable, no consolidado.
7	Hsj	Escoria San Judas: Su espesor promedio es de 0.40 metros, aparentemente el espesor se mantiene uniforme, hay zonas que este cambia repentinamente entre 0.30-0.50 metros, reflejando la presencia de estructuras, por efecto de la topografía al momento de ser este material depositado. Se caracteriza por presentar una estratificación e intercalación de materiales de ceniza y toba de arena fina, generalmente esta conformado por 11 capas de pequeño espesor relativamente. La ceniza es de coloración gris oscuro.
8	Hsf2	Suelo fósil limoso con líticos basálticos: Su espesor esta indefinido con mas de 2.0 metros. Este suelo se caracteriza por el predominio de material limo arcilloso, con presencia de líticos basálticos de hasta 4cm de diámetros. Este material se presenta de color café oscuro, bajamente friable.

En anexo 5 (Figura a.11) se muestra el Perfil geológico de la zona de estudio.

En la figura 4.3 se muestran los diferentes estratos por los cuales esta compuesta la zona de estudio hasta una profundidad de aproximadamente 3.5m.

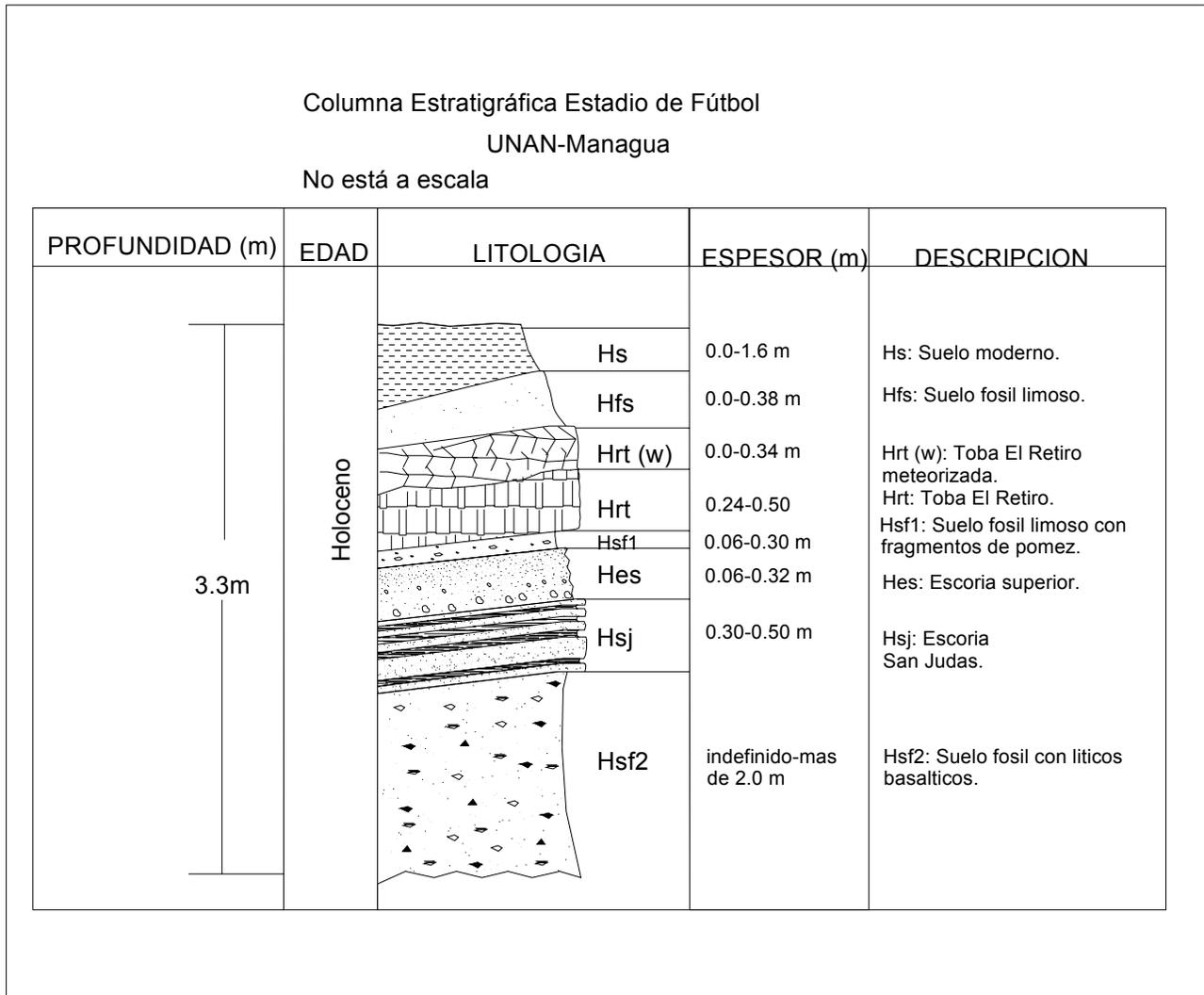


Figura 4.3 “Columna estratigráfica compuesta de la zona de estudio”.

4.3.3.3 Zonificación sísmica del terreno

Los terremotos, a diferencia de las otras catástrofes naturales, se caracterizan por que no es el evento sísmico en si el que origina la pérdida de vidas humanas, sino por que son sus consecuencias, básicamente, el colapso de las edificaciones, las que provocan los muertos y heridos.

Así, en áreas como Managua, con alto riesgo sísmico, se pretende mediante el reforzamiento de las estructuras, que en caso de sismos o terremotos no se de el colapso de las mismas.

De acuerdo a la Guía Técnica Para la Elaboración de Estudios Geológicos Por Fallamiento Superficial y Obtención Del Aval Correspondiente en la Ciudad de Managua y sus Alrededores, editada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER (2004), se obtuvo como resultado final del presente trabajo la siguiente zonificación sísmica: Zona 1 Buena, Zona 6 de Alto Riesgo Sísmico y Zona 2 de Margen de Seguridad.

4.3.3.3.1 Zona 1 Buena

El terreno se encuentra libre de fallas u otras perturbaciones geológicas mayores. En la zona, los estratos se encuentran sin deformación por efecto de fallas activas, relativamente, sin dobladuras y plegamientos. No hay rupturas tectónicas en los estratos observados dentro de las zanjas y afloramientos.

En esta zona se permite hacer uso del terreno para todo tipo de edificación, sin embargo para el emplazamiento de estructuras críticas se deberá hacer estudios de mecánica de suelo y de efecto de sitio sobre todo si consideramos que la mayor parte del terreno presenta heterogeneidades en relación a la estructura y textura del suelo y subsuelo.

Es importante construir con materiales de alta calidad y excelente mano de obra.

4.3.3.3.2 Zona 6 de Alto Riesgo Sísmico

Ocurre a lo largo de la falla Zogaib, la cual se localiza en el borde oeste del terreno en estudio y se comprobó mediante los levantamientos de los campos magnéticos y eléctricos, los cuales presentaron valores anómalos con respecto al resto del área. La localización de este patrón de falla coincide con los resultados magnéticos y eléctricos, obtenidos así, también con la falla trazada en los mapas de fallas elaborados por INETER (2002) para esta zona. Los datos y mediciones los cuales están georeferenciados.

El uso del terreno queda limitado a la construcción de obras estructurales tales como mercados abiertos, residencias familiares, edificios industriales, edificios para parqueos, talleres y bodegas habitadas, usando el “Estándar A” del Código de la Construcción; y para Bodegas No habitadas, cobertizos para animales, cobertizos para parqueo, casas de paneles livianos y de madera, estructuras especiales de techo y paredes livianas para habitaciones no permanentes, etc. Usando el “Estándar B” del Código de la Construcción.

4.3.3.3 Zona Indefinida

Se aplica a los terrenos adyacentes circundantes al terreno a los que no alcanzó este estudio geológico de riesgo sísmico.

4.3.3.4 Zona 2 de Margen de seguridad

Localizada contiguo o junto a la zona 6 de Alto Riesgo Sísmico. Se establece para la seguridad por si el alto riesgo se amplifica o extiende. El terreno es como la zona 1, donde no se presenta ningún riesgo de falla superficial y tiene un margen de 25 m a ambos lados de la zona 6.

4.3.4 Relieve de la zona en estudio

Según el mapa altimétrico el relieve en el área de estudio tiene una inclinación oeste-este, con una diferencia de altura de 33m al oeste del área se encuentra una pequeña colina en este sitio se dan las elevaciones máximas disminuyendo hacia el este, las pendientes varían de 12.4% desde el cauce hasta el pie de la colina; y 52.2% desde el pie hasta la cima de la colina.