

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO Y EVALUACION DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO QUE CONSTITUYE EL CAMPUS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS (CUC)**

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela para  
Optar al titulo de Ingeniero Geólogo  
Por las Brs.  
Acero Barreat, Maria Herminia  
Domínguez Fernández, Jennifer

Junio, 2005

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO Y EVALUACION DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO QUE CONSTITUYE EL CAMPUS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS (CUC)**

**Tutor Académico: Prof. Feliciano De Santis**

**Tutor Industrial: Arq. Melín Nava Hung**

Trabajo Especial de Grado  
Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela para  
Optar al título de Ingeniero Geólogo  
Por las Brs.  
Acero Barreat, María Herminia  
Domínguez Fernández, Jennifer

Junio, 2005

## DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen que en todo momento me acompañan.

A la magna casa de estudios *Universidad Central de Venezuela*, que me acogió durante mis años de estudiante y que me permitió crecer como persona y como profesional que hoy soy.

A mis padres Antonia y Edgar, que los amo muchísimo y estoy inmensamente agradecida por todas sus enseñanzas y apoyo en todo momento. Se que siempre me han dado lo mejor y por eso hoy les correspondo de esta manera.

A mi hermana Enif, que siempre me has tendido tu mano y me has apoyado en todo sentido. Gracias y te quiero muchísimo.

A mi amor Juan Andrés, que llegaste de la forma menos imaginada, pero me has hecho y me sigues haciendo cada día más feliz. Te amo.

A Feliciano De Santis, Melín Nava y Ricardo Alezones, que me acompañaron y ayudaron en este hermoso trabajo.

A mis compañeros de estudio de la básica y de la escuela, que me hicieron descubrir gente realmente valorable. En especial a mi compañera de tesis Maria Herminia.

JENNIFER DOMÍNGUEZ FERNÁNDEZ

## DEDICATORIA

Unirse es el inicio, mantenerse juntos es el proceso; trabajar juntos es el éxito.... Es por esto que agradezco, a todas esas personas que siempre han estado presentes para apoyarme, criticarme, corregirme, ayudarme, o tan solo que han estado para mí.

Le doy Gracias a Dios porque siempre ha estado a mi lado. A mis padres, por creer en mí, y siempre estar dispuestos a hacer cualquier sacrificio por mi bienestar. A la familia Magarelli-Ranghi, porque me han apoyado cuando los he necesitado, y me han permitido considerarme una integrante más de su familia. A mi hermana por su apoyo. A ti Dani, para que algún día entiendas que cuando se quiere se puede. A Rino, por haber sido mi compañero de vida durante tantos años, Te quiero mucho Be. A ti Jennifer María, te agradezco inmensamente por todo este tiempo que compartimos juntas, y en el cual nunca tuvimos problemas.

Finalmente, a todas esas personas que al leer este trabajo, sienten que han aportado algo para su realización quiero darles mis más sinceras gracias y respeto.

Y a los que están comenzando a recorrer este camino de la Geología, les digo: “Si sale, sale. Si no sale, hay que volver a empezar. Todo lo demás son fantasías”; Édouard Manet

*María Herminia*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la ilustre Universidad Central de Venezuela la cual nos brindó la oportunidad de hacernos profesionales y crecer como individuos íntegros.

Al Ing. Feliciano De Santis y a la Arq. Melín Nava, por habernos brindado la oportunidad de realizar este proyecto, y aún más por creer en nosotras.

A COPRED, por haber sido los precursores en el tema de este proyecto.

Al Ing. Atías Badín, al Arq. Marielena Ghersy, Ing. Piero Feliziani, Ing. Adrián Castillo, FUNVISIS, Ing. Salvador Safina, Ing. Lenin González, Ing. Pietro De Marco, Ing. Víctor León, Ing. Luis Camposano, Ing. Diomar (†), Iván Gyoris, Ing. Johann Fernandes, Ing. Diana De Ponte, Ing. Luis Sandoval, Ing. Sebastián Grande, Lic. Morella Mikaty, Ing. Eduardo Castillo, Ing. Franklyn Ruíz, Ing. Inírida Rodríguez, José Miguel Vielma e Hildemaro Rodríguez.

Al Ing. Ricardo Alezones por habernos brindado la oportunidad de desarrollar este proyecto en su laboratorio, y por su apoyo incondicional.

Al Ing. Ricardo Arellano, padre de los mapas, por siempre llegar a tiempo para demostrarnos sus dotes en el AUTOCAD; y por ser nuestro *Chico del Tiempo*.

A nuestra amiga Doris Olívar, madre de los mapas, por su incondicional ayuda y asesoramiento.

A todas aquellas personas que de una u otra forma aportaron para la realización de este Trabajo Especial de Grado, y a aquellos que nos acompañaron durante cada etapa de esta carrera, GRACIAS.

**Acero B., María H.  
Domínguez F., Jennifer**

**ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y EVALUACIÓN  
DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO QUE CONSTITUYE  
EL CAMPUS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE  
CARACAS (CUC)**

**Tutor Académico: Prof. Feliciano De Santis, Tutor Industrial: Arq. Melín  
Nava Hung. Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de  
Geología, Minas y Geofísica. 2005, 97 Págs.**

**Palabras claves: Ciudad Universitaria, Estudio Geológico, Suelos, Geotecnia.**

**Resumen.** Se realizó un modelo geológico-geotécnico y la evaluación de las condiciones del terreno que constituyen el campus de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC), a partir de seis mapas temáticos y la caracterización geotécnica del subsuelo mediante la realización de cinco perfiles.

La zona de estudio se encuentra ubicada al norte de Venezuela, Ciudad de Caracas, específicamente en la zona centro sur del Valle de Caracas, comprendida entre la intersección de los ríos Valle (al Sur) y Guaire (al Norte). Está delimitada por las coordenadas reticulares: N -700 / N -2.100; E 3.700 / E 5.900 y su ubicación espacial está delimitada por las coordenadas geográficas: 10°30'N, 66°52'W.

La información geológica del área se obtuvo a partir de un recorrido de campo por los 17 afloramientos descritos al pie del Jardín Botánico y Cerro Sierra Maestra, utilizando como base cartográfica un mapa topográfico (CIASIG 2002) de la CUC a escala 1: 2.500; y con la interpretación de las fotografías aéreas del año 1936 Misión 7, 1951 Misión C-8 y 2002 Misión 204193.

La distribución de la mineralogía está caracterizada principalmente por un predominio de esquisto calcáreo–cuarzoso–micáceo. La hidrografía de la CUC muestra que el río Guaire no ha sufrido grandes cambios en su trayectoria original, mientras que en el río Valle, si sufrió una modificación durante su canalización, debido a una rectificación del cauce.

El análisis de las propiedades geotécnicas de los sedimentos presentes en la CUC se ejecutó a partir de los estudios realizados durante la construcción de la misma, recopilados principalmente de los archivos encontrados en la Casona Ibarra, ubicada dentro del recinto universitario. Se cartografió la ubicación de 278 perforaciones y 4 pozos de agua, de lo que se obtiene que los suelos de la CUC están constituidos predominantemente de material denso–semiduro y rígido, caracterizado por arcillas de baja plasticidad arenosas s(CL) y arenas con alto contenido de finos de baja plasticidad (SM-SC), el cual se estima como un subsuelo de predominio cohesivo.

La profundidad de la base rocosa se estimó hasta aproximadamente 60 m de profundidad desde el pie del Jardín Botánico y del Cerro Sierra Maestra profundizándose al sureste. La respuesta dinámica del perfil del suelo y su forma espectral se clasificó como S1 con coeficiente de corrección de aceleración horizontal 1 m/s<sup>2</sup> y S2 con coeficientes de corrección de aceleración horizontal 0,90 y 0,95 m/s<sup>2</sup>, a las profundidades de < 15 m, 15 – 50 m y ≤ 50; considerando un manto de meteorización de 10 m.

Las edificaciones altas de la CUC con períodos de vibración de aproximadamente 1 s, tienen amplificaciones menores respecto a las edificaciones bajas con dos o menos plantas, debido a que los períodos estimados de vibración natural del suelo son períodos cortos que varían de 0,2 a 0,4 s; por lo que se estima que la zona presenta mayor probabilidad de ser afectada por sismos cercanos a intermedios.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. Objetivos generales	1
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Ubicación y extensión del área de estudio	2
1.3. Trabajos previos	4
CAPITULO II	
2. METODOLOGIA	7
2.1. Recopilación de información	7
2.2. Trabajo de campo	7
.....2.3. Trabajo de oficina	9
2.3.1. Mapas temáticos	9
CAPITULO III	
3. GEOLOGÍA REGIONAL	13
3.1. Generalidades	13
3.2. Esquistos de Las Mercedes	14
3.3. Marco tectónico	17
3.4. Metamorfismo regional	20
3.5. Geología estructural	21

3.6. Amenaza sísmica	22
----------------------	----

#### CAPITULO IV

4. GEOLOGÍA LOCAL	24
4.1. Generalidades	24
4.2. Afloramiento # 1	24
4.3. Afloramiento # 2	25
4.4. Afloramiento # 3	26
4.5. Afloramiento # 4	28
4.6. Afloramiento # 5	29
4.7. Afloramiento # 6	30
4.8. Afloramiento # 7	31
4.9. Afloramiento # 8	32
4.10. Afloramiento # 9	33
4.11. Afloramiento # 10	33
4.12. Afloramiento # 11	34
4.13. Afloramiento # 12	35
4.14. Afloramiento # 13	37
4.15. Afloramiento # 14	38
4.16. Afloramiento # 15	40
4.17. Afloramiento # 16	40
4.18. Afloramiento # 17	41
4.19. Metamorfismo	43

#### CAPITULO V

5. GEOGRAFÍA FÍSICA	44
5.1. Clima	44
5.2. Vegetación	44
5.3. Suelo y subsuelo	44
5.4. Hidrografía	46

## CAPITULO VI

6. MAPAS TEMÁTICOS	47
6.1. Mapa de perforaciones	47
6.2. Mapa de geología de campo y drenaje	50
6.2.1. Interpretación del análisis fotogeológico del drenaje	52
6.2.1.1. Río Guaire	52
6.2.1.2. Río Valle	55
6.2.1.3. Drenaje interno de la CUC	57
6.3. Mapa isópaco de roca	59
6.4. Mapa litológico	63
6.5. Mapa de porcentaje litológico	68
6.6. Mapa de periodo de vibración natural de los suelos y periodo de las edificaciones	69
6.7. Caracterización geotécnica del subsuelo en perforaciones	75
6.7.1. Perfil V4	76
6.7.2. Perfil V7	79
6.7.3. Perfil V10	81
6.7.4. Perfil G2	84
6.7.5. Perfil G5	86

## CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES	89
7.1. Geológica	89
7.2. Geotécnica	90

## CAPITULO VIII

8. RECOMENDACIONES	93
9. BIBLIOGRAFÍA	94

10. ANEXO: MARCO TEORICO

11. ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fotografías aéreas	8
Tabla 2. Valores de consistencia y compacidad	9
Tabla 3. Ubicación de los afloramientos	24
Tabla 4. Distribución de las perforaciones realizadas en la CUC	47
Tabla 5. Tabla de distribución de los pozos de agua realizados en la CUC	48
Tabla 6. Ubicación relativa de los afloramientos en el mapa de campo	51
Tabla 7. Tabla indicativa de las perforaciones que llegan a la profundidad de la base rocosa	59
Tabla 8. Forma espectral y factor de corrección $\phi$ . Tomada de la norma venezolana de edificaciones sismorresistentes, 2000	61
Tabla 9. Formas espectrales y coeficiente de aceleración horizontal	61
Tabla 10. Distribución granulométrica	63
Tabla 11. Períodos estimados de las edificaciones y de vibración natural del suelo de la CUC	72
Tabla 12. Perforaciones usadas para la realización del perfil V4	77
Tabla 13. Tabla indicativa de la profundidad del nivel freático en las perforaciones presentes en el perfil V4	78
Tabla 14. Perforaciones usadas para la realización del perfil V7	79
Tabla 15. Tabla indicativa de la profundidad del nivel freático en las perforaciones presentes en el perfil V7	81
Tabla 16. Perforaciones usadas para la realización del perfil V10	82
Tabla 17. Tabla indicativa de la profundidad del nivel freático en las perforaciones presentes en el perfil V10	83
Tabla 18. Perforaciones usadas para la realización del perfil G2	84
Tabla 19. Tabla indicativa de la profundidad del nivel freático en las perforaciones presentes en el perfil G2	85
Tabla 20. Perforaciones usadas para la realización del perfil G5	86
Tabla 21. Tabla indicativa de la profundidad del nivel freático en las perforaciones presentes en el perfil G5	88

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	3
Figura 2. Mapa geológico modificado por DENG (1951)	13
Figura 3 Fotografía de detalle del afloramiento # 1	25
Figura 4 Fotografía de la muestra UCV1	25
Figura 5 Fotomicrografía de la muestra UCV1	25
Figura 6 Fotografía del afloramiento # 3	26
Figura 7 Fotografía de la muestra UCV2	27
Figura 8 Fotomicrografía de la muestra UCV2	27
Figura 9 Fotografía de detalle de cristales de calcita	28
Figura 10 Fotografía de detalle del afloramiento # 4. Pliegue abierto	28
Figura 11 Foto de la muestra UCV3	28
Figura 12 Fotomicrografía de la muestra UCV3	28
Figura 13 Fotografía del afloramiento # 5	29
Figura 14 Foto de la muestra UCV4	30
Figura 15 Fotomicrografía de la muestra UCV4	30
Figura 16 Fotografía del afloramiento # 7. Patrón de diaclasas	31
Figura 17 Fotografía del afloramiento # 7. Pequeña falla de orientación N32W26N	31
Figura 18 Fotografía de detalle de pliegue abierto	32
Figura 19 Fotografía de detalle de pliegue isoclinal	32
Figura 20 Fotografía de detalle de foliación	32
Figura 21 Fotografía de detalle de pequeña falla	32
Figura 22 Fotografía del afloramiento # 9	33
Figura 23 Fotografía de detalle de pliegue	33

Figura 24 Foto de la muestra UCV5	34
Figura 25 Fotomicrografía de la muestra UCV5	34
Figura 26 Fotografía de detalle del afloramiento # 11	35
Figura 27 Fotografía del afloramiento # 12	35
Figura 28 Fotografía de detalle del afloramiento # 12	35
Figura 29 Foto de la muestra UCV6	36
Figura 30 Fotomicrografía de la muestra UCV6	36
Figura 31 Fotografía del afloramiento # 13	37
Figura 32 Foto de la muestra UCV7	37
Figura 33 Fotomicrografía de la muestra UCV7	37
Figura 34 Fotografía de detalle del afloramiento # 14	39
Figura 35 Grieta de fricción	39
Figura 36 Foto de la muestra UCV8	39
Figura 37 Fotomicrografía de la muestra UCV8	39
Figura 38 Fotografía de detalle del afloramiento # 15	40
Figura 39 Fotografía de detalle de plegamientos	40
Figura 40 Fotografía de detalle del afloramiento # 16	41
Figura 41 Fotografía del afloramiento # 17	41
Figura 42 Foto de la muestra UCV9	42
Figura 43 Fotomicrografía de la muestra UCV9	42
Figura 44 Fotocalco año 1936	53
Figura 45 Fotocalco año 1951	54
Figura 46 Fotocalco año 1936	56
Figura 47 Fotocalco año 1951	56
Figura 48 Fotocalco año 1936	57
Figura 49 Fotocalco año 1951	58

Figura 50 Formas espectrales tipificadas elásticas S1-S4	62
Figura 51 Compresión velocidad de onda de corte versus valor de $N$ ; SUAYAMA <i>et. al.</i> (1984)	70

# 1. INTRODUCCIÓN

En este Trabajo Especial de Grado (TEG), se emplearon diversos conocimientos geológicos y geotécnicos, con la finalidad de encontrar y explicar los problemas de inestabilidad que se han observado en algunas edificaciones presentes en la zona de estudio, específicamente aquellos ubicados dentro del campus de la Ciudad Universitaria Caracas (CUC).

## 1.1. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es el de realizar una evaluación geológica y geotécnica del terreno de la CUC, a partir de recopilación de información antigua y moderna sobre ensayos de suelos efectuados para la construcción de la misma. Para cumplir con este objetivo, se establece la siguiente discriminación de objetivos generales y específicos.

### 1.1.1. OBJETIVOS GENERALES

- Caracterización de la geología local de la zona, a través de la naturaleza estructural de la misma, su textura, mineralogía y grado de alteración del macizo rocoso.
- Efectuar el seguimiento de la evolución de los criterios y condiciones del terreno en diversos lugares de la CUC, donde se encuentran problemas asociados al comportamiento defectuoso de los suelos.
- Correlacionar los tipos de suelo con el patrón de asentamiento de algunas edificaciones.
- Elaborar un modelo geotécnico de la CUC a través de mapas temáticos.

### 1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar una base de datos a partir de la revisión, obtención, selección y evaluación de información existente de estudios geotécnicos previos.
- Con base en el levantamiento de geología de superficie; determinar litología, grado de meteorización de las rocas aflorantes, orientación de los planos de foliación, planos de fracturas de la masa rocosa, y elaboración de secciones finas para análisis petrográfico.
- Establecer mediante análisis fotogeológico, la geometría y posición del drenaje principal del área y la geomorfología de la misma para identificar el relieve y el sistema de drenaje presente en la zona de estudio.
- Realizar perfiles geotécnicos donde se observan las variaciones laterales y verticales de los sedimentos y el contacto Roca-Aluvión.
- Elaborar un modelo geotécnico de la CUC a través de perfiles correlacionados y de los mapas temáticos: mapa de perforaciones, mapa de geología de campo y drenaje, mapa isópaco de roca, mapa litológico, mapa de proporción litológica y mapa de período de vibración natural del suelo y de las edificaciones.

### 1.2. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada al norte de Venezuela, en la Ciudad de Caracas, específicamente en la zona centro sur del Valle de Caracas a unos cientos de metros del cordón montañoso sur, comprendida entre la intersección de dos ríos: El Valle (al Sur) y El Guaire (al Norte) (Fig. 1).

El terreno ocupa una superficie de 202,53 hectáreas (2.025.300 m<sup>2</sup>), las cuales están compuestas de 129,42 hectáreas (1.294.000 m<sup>2</sup>), planas y sus colinas ocupan 73.11 hectáreas (731.100 m<sup>2</sup>). Actualmente se encuentran construidas 164 hectáreas (1.640.000 m<sup>2</sup>).

Está delimitada por las coordenadas reticulares: N -700/N -2.100; E 3.700/E 5.900 y su ubicación espacial está delimitada por las coordenadas geográficas: 10°30'N, 66°52'W.



Figura 1. Ubicación del área de estudio. Tomado de INTERNET: [www.maps.com](http://www.maps.com)

### 1.3. TRABAJOS PREVIOS

De los archivos de los trabajos realizados durante la construcción de la CUC, los informes que se consideraron en este trabajo fueron:

- PARDO *et al.* (1945) Estudio de suelos del terreno donde se construyó el **Hospital Clínico**.
- PARDO *et al.* (1945). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio del **Instituto Anatómico**.
- PARDO *et al.* (1945). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de **Medicina Experimental**.
- LÓPEZ, E. (1949). Estudio de suelos realizado en terreno donde se construyeron las **Residencias Estudiantiles**. (Archivador N° 3, Gaveta D, N° 81).
- SEISMOGRAPH SERVICE CORP OF DELAWARE, (1948). Perforación de un pozo de agua.
- LÓPEZ, E. (1949). Estudio de suelos del área donde se construyó la **Escuela de Química en Ciencias**.
- LÓPEZ, E. (1949). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de **Medicina Tropical**.
- MÉNDEZ C., R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio del Rectorado, Auditorio, Museo y Biblioteca** (Archivo N° 17, gaveta C, N° 3 y 27).
- MÉNDEZ C., R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Ingeniería Sanitaria**.
- LÓPEZ, E. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Ingeniería Básica**. realizado por el Ing. Eudoro López, consignado el 11 de Enero de 1950. (Archivador 18, Gaveta A, N° 2)
- LÓPEZ, E. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Ingeniería Eléctrica**. (Archivador 18, Gaveta C, N° 43).
- LÓPEZ, E. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio del Comedor**. (Archivado 8, Gaveta C, N° 31).

- MÉNDEZ C., R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Arquitectura**. (Archivador 13, Gaveta C, N° 89).
- MÉNDEZ C., R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio del Laboratorio de Química**. (Archivado 18, Gaveta C, N° 25).
- MÉNDEZ C., R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el **Estadio Universitario de Béisbol**. (Archivador 15, Gaveta C, N° 15).
- MÉNDEZ C., R. (1951). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Humanidades**. (Archivador 13, Gaveta B, N° 14 Y 15).
- MÉNDEZ C., R. (1951). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Laboratorio de Física**. (Archivador 18, Gaveta C, N° 17).
- PROCONSUE, S.A. (1952). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Comunicaciones**. (Archivador 6, Gaveta D, N° 114).
- MÉNDEZ C., R. (1953). Estudio de suelos del área donde se construyó la **Piscina Olímpica**. (Archivador 15, Gaveta B, N° 7).
- MÉNDEZ C., R. (1953). Estudio de suelos del área donde se construyó las **Gradas Olímpicas**. (Archivador 15, Gaveta B, N° 7).
- MÉNDEZ C., R. (1953). Estudio de suelos del área donde se construyó el **Reloj**. (Archivador 17, Gaveta D, N° 17).
- ESPINAL, R. (1955). Estudio de suelos del área donde se construyó la **Dirección de Deporte/Gimnasio**.
- ESPINAL, R. (1955). Estudio de suelos del área donde se construyó la **Piscina de clavados**. (Archivador 15, Gaveta C, N° 8).
- ESPINAL, R. (1955). Estudio de suelos del área donde se construyó la **Piscina Olímpica**. (Archivador 15, Gaveta C, N° 8).
- QUINTANA, T. (1956). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Farmacia**.
- PROCONSUE, S.A. (1957). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Farmacia**. (Archivador 5, Gaveta C, N° 81).
- GARCÍA I., L. (1967). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio Faces, Escuela de Economía**.
- GARCÍA I., L. (1970). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio Faces, Escuela de Economía**.

- GARCÍA I., L. (1973). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio del Decanato de la Facultad de Medicina.**
- GEOTÉCNICA DE VENEZUELA, C.A. (1975). Estudio de suelos del área donde se construyó el **Estacionamiento detrás de del Hospital Clínico.**
- RORCA. (1979). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Trasbordo.**
- GEOTÉCNICA DE VENEZUELA, C.A. (1979). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Metalurgia.**
- IMME. (1981). Estudio de suelos del área donde se construyó el **edificio de Metalurgia.**
- JOSÉ PÉREZ GUERRA Y ASOCIADOS. (1981). Estudio de suelos del área donde se construyó el **Estadio de Fútbol.**
- JOSÉ PÉREZ GUERRA Y ASOCIADOS. (1981). Estudio de suelos del área donde se construyó la **Plaza Universitaria Simón Bolívar.**
- JOSÉ PÉREZ GUERRA Y ASOCIADOS. (1981). Estudio de suelos del área donde se construyó el **Estacionamiento de los Estadios.**
- GALAVIS, L. E. Informe final del estudio de suelos en el tramo Plaza Venezuela – Los Símbolos (línea III). Metro de Caracas.
- IMME. (1993). Estudio de suelos del área donde se construyó la **Escuela de Ingeniería Mecánica.**
- PARKO. (1996). Perforación de tres pozos de aguas.

## **2. METODOLOGÍA**

La ejecución del presente trabajo se realizó en tres fases:

### **2.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

Durante esta fase se realizó una revisión bibliográfica y se recopiló información geológica y geotécnica referente al área en estudio, las cuales facilitaron el cumplimiento de los objetivos planteados.

Esta documentación consistió en Trabajos Especiales de Grado, publicaciones de congresos geológicos y memorias geológicas, mapas, normas ASTM, NORMA VENEZOLANA DE EDIFICACIONES SISMORESISTENTES 1756:2001 COVENIN, libros, direcciones de Internet y entrevistas personalizadas; todo esto facilitó la realización del presente trabajo.

En esta fase, se realizaron visitas a los archivos de los trabajos realizados durante la construcción de la Ciudad Universitaria de Caracas, ubicados en la Casona Ibarra dentro del recinto universitario. Aquí se obtuvo la información de gran parte de las planillas de perforación presentes en este trabajo y se efectuó una reunión con el Ing. Piero Feliziani para la obtención de 50 planillas de perforación adicionales. Así mismo se adquirieron en el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar las misiones aerofotogeológicas, que sirvieron de base para la ejecución del análisis fotogeológico. El mapa del área fue facilitado por el CIASIG (2002) (Centro de Investigación Aplicada en Sistemas de Información Georeferenciada).

### **2.2 TRABAJO DE CAMPO**

El trabajo de campo consistió en un recorrido por los afloramientos aledaños a la zona de los Bomberos UCV, Gimnasio Cubierto, Departamento de Meteorología e Hidrología de la Facultad de Ingeniería, piscinas y canchas de tenis. A lo largo de la avenida 21 de Noviembre; por la entrada Plaza Venezuela pasando por el Instituto de Medicina Tropical y sus respectivos anexos hasta los afloramientos cercanos a las

edificaciones pertenecientes al Instituto Nacional de Higiene. Por último, los afloramientos que se encuentran a lo largo de la calle Hospital Universitario hasta el campo deportivo Sierra Maestra.

En dicho recorrido se realizó una descripción de la geología local de la zona, obteniendo la siguiente información:

- Litología de la roca aflorante.
- Grado de meteorización
- Orientación de los planos de foliación
- Orientación de los planos de fracturas
- Toma de muestras duras para la elaboración de secciones finas

Esta actividad se efectuó utilizando como base cartográfica un mapa topográfico (CIASIG 2002) de la Ciudad Universitaria de Caracas a escala 1: 2.500 y las fotografías aéreas correspondientes a distintas misiones entre los años 1936 – 2002 (Tabla 1), lo que permitió realizar un mapa de información de campo a escala 1:2500, en el cual se observan la ubicación de lo afloramientos levantamientos, toma de muestras, orientación de los planos de foliación y diaclasas. (Anexo 2).

Tabla 1. Fotografías aéreas

<b>FOTOGRAFIAS AEREAS</b>			
<b>AÑO</b>	<b>MISION</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FOTOS</b>
1936	7	1:4500	228 – 237
1951	C - 8	1:8000	506G - 510G
1966	30434	1:5000	717 - 722 1920 – 1923
2002	304193	1:5000	658 – 660

Además se realizó un análisis petrográfico en el cual se describieron 9 secciones finas en el laboratorio de Petrografía de rocas ígneas y metamórficas de la Universidad Central de Venezuela, pertenecientes a las muestras de mano recolectadas. (Anexo 2).

### 2.3. TRABAJO DE OFICINA

Durante la fase de oficina se revisó, se evaluó y se seleccionó toda la documentación recopilada en la fase de recopilación de información y en la fase de campo.

En la realización del análisis fotogeológico se revisaron un total de 28 fotografías aéreas de distintas misiones que sirvieron de base para la ejecución de dicho análisis, para obtener una visualización de las condiciones antiguas y actuales del terreno.

Una vez revisada la información proveniente de las perforaciones, se procedió a elaborar una base de datos (Anexo 13), la cual muestra:

- Lugar de ubicación de la perforación.
- Número de pisos de las edificaciones.
- Altura de los edificios.
- Coordenadas reticulares.
- Nomenclatura original de la planilla.
- Nomenclatura asignada.
- Empresa que realizó la perforación.
- Año en que se realizó la perforación.
- Profundidad total de la perforación
- Profundidad del tope de roca si está presente en la perforación.

Las planillas de perforación poseen información geotécnica, la cual es reflejada a través de ensayos de caracterización de los suelos.

#### 2.3.1. MAPAS TEMÁTICOS

A partir de la información recopilada y revisada, se elaboraron seis mapas temáticos, utilizando como base cartográfica un mapa topográfico de la CUC a escala 1:

2.500 (CIACIG). Los resultados obtenidos de la interpretación fotogeológica y la geología de superficie, se listan a continuación:

- **Mapa de perforaciones.** Escala 1:2.000. En este mapa se muestran todas las perforaciones ubicadas por sus respectivas coordenadas reticulares, nomenclatura, referenciadas en la tabla del Anexo 13. Base de datos de perforaciones. Este mapa se realizó con el programa *Autocad 2004*. (Anexo 1)
- **Mapa de geología de campo y drenaje.** Escala 1:2.500. En este mapa se presenta la ubicación de los afloramientos, la orientación de las foliaciones y el drenaje del área de los años 1936, 1951 y 2002, interpretado en el análisis fotogeológico. (Anexo 2).
- **Mapa isópaco de roca.** Escala 1:2.500. En este mapa se muestra la profundidad a la que se encuentra la roca, según la información contenida en las planillas de perforación de la base de datos. (Anexo 3).
- **Mapa litológico.** Escala 1:2.500. En este mapa se representa de manera gráfica la variación de espesores de sedimentos de forma proporcional, y su distribución areal. (Anexo 4).
- **Mapa de porcentaje litológico.** Escala 1:1.250. En este mapa se muestra en forma de gráficos de torta la distribución de la litología de manera proporcional, a partir de las planillas de perforaciones. (Anexo 5).
- **Mapa de período de vibración natural de los suelos y período de vibración de las edificaciones.** Escala 1:2.500. En este mapa se tiene el período del suelo  $T_s$  el cual se calculó a través de la fórmula MADERA (1971):

$$T_s = 4H / V_s \quad (\text{Ec: 2.1})$$

Donde

H: espesor del estrato

$V_s$ : velocidad de onda de corte (m/s), la cual se obtuvo de la fórmula de SUAYAMA *et. al.* (1984):

$$V_s = 97.0 * N^{0.314} \quad (\text{Ec: 2.2})$$

Donde

N: número de golpes del ensayo de SPT

El período de la estructura  $T_e$ , se obtuvo de la expresión para edificaciones Tipo I de la NORMA PARA EDIFICACIONES SISMORRESISTENTE 1756:2001:

$$T_e = C_t * h_n^{0.75} \quad (\text{Ec: 2.3})$$

Donde

$C_t$ : 0.07 para edificaciones de concreto armado o mixto de acero-concreto

$h_n$ : altura de la edificación en metros, medida desde el último nivel hasta el primer nivel cuyos desplazamientos estén restringidos total o parcialmente.

Este mapa se realizó en el programa *Surfer 8*. (Anexo 6)

A partir del mapa de perforación y con la base de datos de las planillas de perforación, se elaboraron cinco perfiles geotécnicos (V4, V7, V10, G2 y G5) los cuales poseen diferentes orientaciones a lo largo de la zona de estudio (aproximadamente N28W para los V y N62E para los G) (Anexo 7 al 11). La clasificación de las planillas se muestra en la tabla del anexo 14, donde se tomó en consideración la profundidad de la perforación (hasta 20 m), cálculo de la compacidad para las arenas y gravas, y de la consistencia para limos y arcillas según la tabla 2 suministrada por INGENIEROS DE SANTIS, C.A.

Tabla 2. Valores de Consistencia y Compacidad. Tomada de INGENIEROS DE SANTIS, C.A.

Arenas y Gravallas			Limos y Arcillas		
Nº de golpes	Compacidad	Angulo Fricc.	Nº de golpes	Consistencia	Cohesión Kg/cm <sup>2</sup>
0	Muy suelta	25	0	Muy blanda	0,25
1	Muy suelta	25	1	Muy blanda	0,25
2	Muy suelta	25	2	Muy blanda	0,25
3	Muy suelta	26	3	Blanda	0,38
4	Muy suelta	26	4	Blanda	0,50
5	Suelta	27	5	Media	0,63
6	Suelta	27	6	Media	0,75
7	Suelta	28	7	Media	0,88
8	Suelta	28	8	Media	1,00
9	Suelta	29	9	Semidura	1,14
10	Suelta	29	10	Semidura	1,29
11	Media	30	11	Semidura	1,43
12	Media	30	12	Semidura	1,57
13	Media	31	13	Semidura	1,71
14	Media	31	14	Semidura	1,86
15	Media	31	15	Semidura	2,00
16	Media	31	16	Dura	2,13
17	Media	32	17	Dura	2,26
18	Media	32	18	Dura	2,39
19	Media	32	19	Dura	2,53
20	Media	32	20	Dura	2,67
21	Media	33	21	Dura	2,80
22	Media	33	22	Dura	2,93
23	Media	33	23	Dura	3,07
24	Media	33	24	Dura	3,20
25	Media	34	25	Dura	3,33
26	Media	34	26	Dura	3,47
27	Media	34	27	Dura	3,60
28	Media	34	28	Dura	3,73
29	Media	35	29	Dura	3,86
30	Media	35	30	Dura	4,00
31	Densa	35	>30	Rígida	4,00
32	Densa	35			
33	Densa	35			
34	Densa	35			
35	Densa	36			
36	Densa	36			
37	Densa	36			
38	Densa	36			
39	Densa	36			
40	Densa	36			
41	Densa	37			
42	Densa	37			
43	Densa	37			
44	Densa	37			
45	Densa	37			
46	Densa	38			
47	Densa	38			
48	Densa	38			
49	Densa	38			
50	Densa	38			
>50	Muy densa	38-43			

### 3. GEOLOGÍA REGIONAL

#### 3.1. GENERALIDADES

El área de estudio está ubicada en uno de los principales valles del tramo central de la Cordillera de la Costa, Sistema Montañoso del Caribe. Geomorfológicamente esta Cordillera es muy compleja, debido en parte a que las secuencias volcánicas y metamórficas se asocian con unidades sedimentarias cuya combinación influye sobre la complejidad topográfica del sistema. Debido a esto, la zona cuenta con diferentes tipos litológicos, los cuales han sufrido diferentes procesos de deformación y metamorfismo.

En el caso particular el área de estudio, se puede decir que la unidad litodémica aflorante es Esquisto de las Mercedes, aunque la zona se ubica en un sedimento cuaternario (Fig. 2).

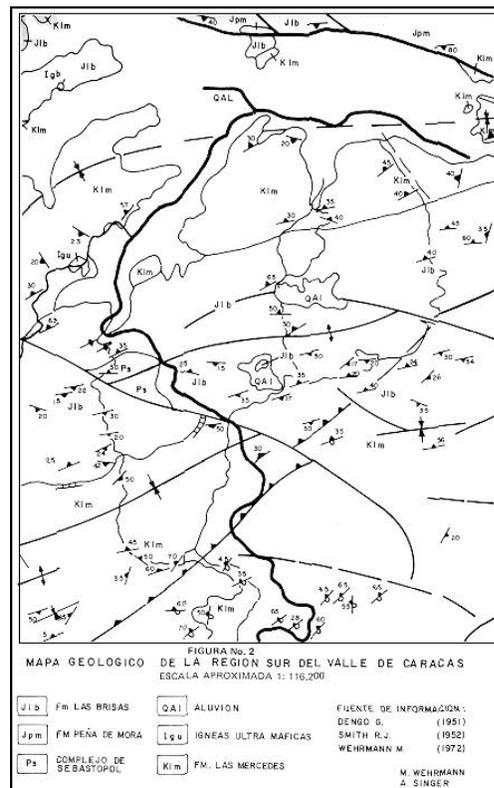


Figura 2. Mapa geológico modificado por DENGO (1951)

### 3.2. ESQUISTO DE LAS MERCEDES

AGUERREVERE & ZULOAGA (1937) introducen el nombre de Esquisto de Las Mercedes para designar una extensa zona de afloramientos de esquisto calcáreo – grafitoso, con zonas micáceas, en la región de Caracas, pero luego los mismos autores (1938) lo elevan a rango formacional.

DENGO (1951) la describe como un esquisto calcáreo consistente de entre 25 y 50% de calcita recristalizada, con mucho cuarzo, muscovita, clorita y grafito, con capas de caliza en la base (Fase Los Colorados en AGUERREVERE & ZULOAGA 1938). El autor incluye características petrológicas de las rocas de la Cordillera de la Costa y concluye, que han sido afectadas por un metamorfismo dinamotermal, con deformaciones ocurridas bajo presiones dirigidas tangencialmente, acompañadas probablemente por invasiones de material granítico y granodiorítico. Además plantea que una sucesión de rocas, que consistía de sedimentos arenáceos, calcáreos y pelíticos y de rocas ígneas basálticas, fue transformada durante el metamorfismo en gneises, esquistos, mármoles y anfibolitas.

La localidad tipo propuesta por AGUERREVERE & ZULOAGA (1937) es la antigua Hacienda Las Mercedes al este de Caracas, estado Miranda, hoy urbanización Las Mercedes y Valle Arriba. Debido al crecimiento del urbanismo con la consecuente desaparición de los afloramientos de la localidad tipo, WEHRMANN (1972) propone como sección de referencia a la carretera Petare – Santa lucía, donde está expuesta una sección casi continua hasta su transición con el esquisto de Chuspita. Igualmente, URBANI (1999) sugiere la existencia de secciones bien expuestas en la autopista Caracas – Valencia, en el tramo Hoyo de la Puerta – Charallave, así como en la Quebrada Las Canoas, al sureste de Hoyo de la Puerta.

AGUERREVERE & ZULOAGA (1937, 1938) la definen como esquisto principalmente calcáreo, con zonas micáceas. Según WEHRMANN (1972) y la

revisión de GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) la litología predominante consiste en esquistos cuarzo – muscovítico – calcítico – grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes, que cuando alcanza gruesos espesores se ha denominado “Mármol de Los Colorados”. Las rocas presentan buena foliación y grano de fino a medio, el color característico es el gris parduzco. La mineralogía promedio consiste en cuarzo (40%) en cristales dispuestos en bandas con la mica, moscovita (20%) en bandas lepidoblásticas a veces con clivaje crenulado, calcita (23%) en cristales con maclas polisintéticas, grafito (5%), y cantidades menores de clorita, óxidos de hierro, epidoto y ocasionalmente plagioclasa sódica. El mármol intercalado con esquistos se presenta en capas delgadas usualmente centimétricas a decimétricas, son de color gris azulado, cuya mineralogía es casi en su totalidad calcita, escasa dolomita y cantidades accesorias de cuarzo, moscovita, grafito, pirita y óxido de hierro.

WEHRMANN (1972) menciona la presencia de metaconglomerado en su base, esquistos cloríticos y una sección en el tope de filita negra, con nódulos de mármol negro, de grano muy fino, similares a las calizas de las formaciones Luna y Querecual. Este mismo autor indica que la unidad se hace más cuarcífera y menos calcárea en su transición hacia el Esquisto de Chuspita. SEIDERS (1965) menciona además, metarenisca pura, feldespática y cuarcífera, de estratificación de grano variable, a veces gradada.

En la zona de Valencia – Mariara, estado Carabobo, URBANI *et al.* (1989a) cartografían dos subunidades. La mayoritaria de esquistos calcítico – grafitosos y mármol, con una asociación mineralógica de cuarzo, calcita, moscovita, albita, grafito, clorita y epidoto. Una segunda subunidad minoritaria de cuerpos de mármol masivo, contentivo de calcita, cuarzo, moscovita, grafito y albita. En la zona de La Sabana – Chirimena – Cayapa, estados Vargas y Miranda, URBANI *et al.* (1989b) reconocen cuatro unidades cartografiables, la primera y mayoritaria de esquistos grafitosos y mármol, así como de mármol, de metaconglomerado y metarenisca y de esquistos albitico – grafitoso. Todas estas rocas corresponden a

un metamorfismo de bajo grado en la facies de los esquistos verdes, zona de la clorita.

Característico de la unidad es la presencia de pirita, que al meteorizar, infunde una coloración rojiza en sus alrededores, en afloramientos al menos algo meteorizados existe la constante presencia de vetas de calcita blanca, pero también de colores pardo a marrón claro, que ha sido identificada erróneamente como calcita ferruginosa, ankerita o siderita. En muestras de sondeos profundos con muestras de sondeos profundos con muestras no meteorizadas, esta coloración marrón de la calcita está ausente.

URBANI *et al.* (1997) estudian mineralógicamente los mármoles de esta unidad en la zona de Birongo, estado Miranda, encontrando que la dolomita se encuentra en baja concentración predominando los mármoles calcíticos.

Las asociaciones de fósiles encontrados, son poco diagnósticas sólo permiten sugerir una edad Mesozoica, sin diferenciar, sin embargo, han sido muchos los autores que agrupan la edad del esquisto en muchas tendencias: (a) correlación o ausencia de correlación entre el Grupo Caracas y rocas metamorizadas de edad conocida en áreas de estudio diferentes a la propia de cada uno de ellos; (b) correlación del Grupo Caracas con rocas no metamorizadas de edad conocida; (c) transiciones de rocas no metamorizadas de edad conocida a rocas del Grupo Caracas y (d) evidencias paleontológicas basadas en fósiles encontrados en rocas metamorizadas correlacionadas con el Grupo Caracas.

AGUERREVERE & ZULOAGA (1937) proponen la correlación de este complejo metamórfico con rocas no metamorizadas, pero con edades Cretácicas bien establecidas en el occidente del país, con rocas de la Cordillera Norte en Trinidad (con fósiles encontrados en estas de edad Cretácica).

WOLCOTT (1943) con base en la identificación de varios macrofósiles (conchas de Pelecípodos y Gasterópodos) encontrados en algunos lentes de caliza

interestratificados con los esquistos de la Formación Las Mercedes, sugiere edad Jurásico-Cretácico para la Formación.

BUCHER (1952) en su trabajo sobre la geología estructural de Venezuela, estableció que el Grupo Caracas no incluía unidades estratigráficas típicas del PreCretáceo en los Andes, y debido a que consideraba el metamorfismo de la Cordillera de la Costa como de bajo grado, no le pareció que este pudiera borrar características de estas formaciones, lo cual le propuso que el Grupo Caracas no contenía rocas Paleozoicas. Sin embargo y asentándose en un análisis estructural y litológico planteó correlacionar a la Formación Las Mercedes con la Formación La Luna (Turoniense-Coniaciense).

SMITH (1952) estableció una correlación que pone en contacto a las formaciones Las Brisas y Las Mercedes cerca del tope del Albiense (Cretácico Medio), además propuso que esta última prolongó su depositación hasta Turoniense Inferior (a finales del Cretácico Medio), cuando la secuencia fue parcialmente levantada, y las rocas se vieron afectadas por el primer metamorfismo.

### 3.3. MARCO TECTÓNICO

La zona de estudio se encuentra, dentro del sistema Montañoso del Caribe, el cual comienza al este de San Felipe, estado Yaracuy (Surco de Barquisimeto) y termina en Cabo Codera. En él afloran rocas ígneas y metamórficas cuyas relaciones estructurales y estratigráficas son bastantes complejas, lo que ha llevado a diversas interpretaciones de estas relaciones.

MENÉNDEZ (1966), fue el primero en realizar un estudio regional. Dividió formalmente el Sistema Montañoso del Caribe en Venezuela en cuatro fajas tectónicas, a saber:

- Faja de la Cordillera de la Costa

- Faja de Caucagua-El Tinaco
- Faja de Paracotos
- Bloque alóctono de Villa de Cura

Posteriormente BELL (1968), amplía la subdivisión y agrega al Sistema Montañoso del Caribe en Venezuela cuatro fajas tectónicas adicionales paralelas al eje de la Cordillera de la Costa, basándose en rasgos estructurales similares:

- Faja Piemontina
- Zona de Fallas de Corrimiento
- Faja Volcada
- Faja de Buzamientos Suaves

BELLIZZIA (1972), integra las fajas tectónicas ya definidas y divide al Sistema Montañoso del Caribe en ocho fajas tectónicas bien definidas desde el punto de vista estratigráfico-estructural:

- Faja de la Cordillera de Costa
- Faja de Caucagua-El Tinaco
- Faja de Paracotos
- Faja de Villa de Cura
- Faja Piemontina
- Faja de Fallas de Corrimiento
- Faja Volcada
- Faja de Buzamientos Suaves

URBANI & OSTOS (1989) Y URBANI (1988) dividen la Cordillera de la Costa en tres fajas según asociaciones litológicas, las cuales son:

- Faja Septentrional, donde predominan las rocas metaígneas máficas y ultramáficas.

- Faja Central, donde las litologías características son los gneises graníticos, usualmente rodeados por un esquisto cuarzo-plagioclásico micáceo de alto grado metamórfico, caracterizado por la presencia del mineral metamórfico biotita en coexistencia con el almandino (asociación biotita-granate, índice de alto grado metamórfico)
- Faja generalmente ubicada al sur de la zona de fallas de El Ávila, La Victoria y Las Trincheras-Mariara, donde aflora una secuencia de rocas metasedimentarias pertenecientes al Grupo Caracas, fundamentalmente constituida por sedimentos pelíticos y psamíticos metamorfizados a la facie de los esquistos verdes.

OSTOS (1990), basándose en las nuevas herramientas y teorías de tectónica global, dividió el Sistema Montañoso del Caribe en Venezuela en cinco cinturones tectónicos, los cuales han sido fuertemente deformados, en cuatro fases de plegamiento reconocidas. Los cinturones son:

- Cinturón tectónico de la Cordillera de la Costa
- Cinturón tectónico de Paracotos
- Cinturón tectónico de Caucagua-El Tinaco
- Cinturón tectónico de Villa de Cura
- Terreno de la Cordillera de la Costa-Margarita

Las primeras dos fases de deformación fueron identificadas en el cinturón tectónico Caucagua-El Tinaco y ellas probablemente fueron el resultados de una orogénesis ocurrida durante el Pérmico, la cual debió afectar también al cinturón de la Cordillera de la Costa, mientras que las dos últimas fases de deformación fueron reconocidas en todos los cinturones, y probablemente se generaron durante la orogénesis del Cretácico Tardío-Terciario.

En el Sistema Montañoso del Caribe fueron reconocidas tres generaciones de fallas regionales, las cuales son:

- Fallas Transcurrentes dextrales y de corrimiento de orientación este-oeste.
- Fallas Transcurrentes dextrales orientadas noroeste-suroeste.
- Fallas Normales con rumbo este-oeste, las cuales son interpretadas como posteriores a las anteriores y son en la actualidad activas.

Las rocas aflorantes dentro del área estudiada pertenecen a la Faja de la Cordillera de la Costa.

### 3.4. METAMORFISMO REGIONAL

BELL (1968), explica que la mineralogía del Grupo Caracas, en la Faja de la Cordillera de la Costa, indica que, para la época de su metamorfismo, se encontraba enterrada a una profundidad de unos 30 km, lo que representa una evidencia de un considerable combamiento hacia abajo en esta zona, adicionalmente, existen evidencias de que el grado metamórfico disminuye hacia el sur en esta faja.

BELL (1971), expone mediante un esquema, como ha ido incrementando la intensidad de la actividad tectónica a través del tiempo. De acuerdo al modelo propuesto por el autor, los sedimentos fueron enterrados a profundidades entre 20 y 30 km, y metamorfizados a facies del epidoto-anfibolita, esquistos azules y esquistos verdes.

MARESCH (1974) describe una distribución de las facies en el sistema Montañoso del Caribe manifestando una clara zonación de facies metamórficas, que va de sur a norte desde rocas no metamorfizadas de edad Cretácica hasta rocas metamorfizadas en la facies de epidoto-anfibolita en la Faja Tectónica de la Cordillera de la Costa, aislando la Faja de Villa de Cura, interpretada por el autor como un *klippe*, pasando por la Faja de Paracotos en la facies de zeolita a prehnita-pumpellita y por la Faja de Cauagua-El Tinaco, en la facies de los esquistos verdes.

OSTOS (1990) menciona en relación al metamorfismo de la faja tectónica de la Cordillera de la Costa, que varios períodos de metamorfismo han ocurrido en el norte de Venezuela durante el Precámbrico y Paleozoico, conjuntamente con un importante evento durante el Cretácico, y que en particular esta faja fue afectada por un metamorfismo de relación P/T intermedia, posiblemente debido a la poca profundidad que pudieron alcanzar estas rocas, estos eventos los relacionó con un proceso de subducción y posterior levantamiento en un borde convergente, lo cual ubica a sus litologías en las facies de los esquistos verdes, anfíbolita epidótica y anfíbolita.

### 3.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Según DENGÓ (1951), los pliegues y fallas mostrados en el mapa tectónico de la región de Caracas, fueron formados después del metamorfismo de la región. Algunas de estas estructuras, particularmente varias de las fallas, pueden ser bastantes recientes.

La Sierra del Ávila está formada principalmente por gneiss, y está limitada por el norte y el sur por zonas de fallas. No se trata de un simple horst o bloque de falla, ya que las fallas en el lado norte, zona de fallas de Macuto, son de carácter y edad diferente a las del lado sur, o zona de fallas del Ávila. DENGÓ (1951).

La franja de esquistos entre la Sierra del Ávila y la costa del Mar Caribe presenta una estructura muy compleja, que el autor no ha intentado descifrar. Al sur y al oeste de Caracas existen varios pliegues grandes y asociados a ellos hay algunas estructuras menores. DENGÓ (1951)

Los tres pliegues principales son el Anticlinal del Junquito, el Sinclinal del Cementerio y el Anticlinal de Baruta. Las secciones en dirección norte-sur, muestran las estructuras principales de la región de Caracas (Fig. 2)

Para el caso de la zona de estudio, la estructura que domina la zona es el anticlinal del Cementerio; el cual se encuentra al norte del anticlinal de Baruta. El esquistoso de Las Mercedes se encuentra en el fondo del sinclinal, plegado y fallado en menor escala en una forma compleja. DENGO (1951)

El rumbo general de su eje es N60E, y el declive (*plunge*) es en esa misma dirección. El eje está en gran parte cubierto por el aluvión del valle de Caracas pero, a juzgar por los afloramientos del esquistoso de Las Mercedes al este de Petare, parece que cambia de rumbo, tomando uno este – oeste, paralelo a la zona de fallas del Ávila. DENGO (1951)

En la región de Caracas han sido encontrados tres tipos principales de fallas, a saber:

- Fallas inversas con buzamiento hacia el sur.
- Fallas con rumbo aproximado de N60O y buzamiento hacia el suroeste.
- Fallas con rumbo este – oeste y buzando al norte en ángulos fuertes.
- Estas fallas siguen un orden cronológico relativo, por lo que las fallas inversas con buzamiento al sur son las más antiguas.

### 3.6. AMENAZA SÍSMICA

De acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 1756-01 titulada Edificaciones Sismorresistentes del año 2001, el país se ha dividido en ocho zonas sísmicas; a partir de esto se tiene que, la zona de estudio se encuentra en una zona sísmica 5 con un coeficiente de aceleración horizontal  $A_0$  de 0,30, lo que se entiende como un área donde la peligrosidad sísmica es elevada.

Haciendo base en la norma y en los estudios de caracterización geotécnica, las formas espectrales que imperan en la zona, clasifican al suelo en, S1 para suelo duro o denso con un factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal

de 1 para una profundidad  $< 15$  m, S2 para suelo duro o denso con un factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal de 0,9 para una profundidad de 15 – 50 m y S2 para suelo firme / medio denso con un factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal de 0,95 para una profundidad de  $\leq 50$  m; considerando una manto de meteorización de aproximadamente 10 m.

## 4. GEOLOGÍA LOCAL

### 4.1. GENERALIDADES

Las rocas son agregados de minerales, por lo tanto, la condición necesaria para su reconocimiento es la identificación de las especies mineralógicas que cada una contiene; en otras palabras, para reconocer con precisión una roca es necesario establecer estudios profundos, en este caso la identificación de minerales a través de microscopio mineralógico, valiéndose de secciones finas, descripción de muestras de rocas directamente sobre el terreno.

La ubicación de cada afloramiento estudiado, se expone en la tabla 3 y detalladamente en el mapa de geología de campo y drenaje del Anexo 2.

Tabla 3. Ubicación de los afloramientos

AFLORAMIENTO	COORDENADA NORTE	COORDENADA ESTE
1	-1000	5440
2	-1040	5355
3	-1015	5340
4	-955	5310
5	-1035	5245
6	-1090	5255
7	-1065	5230
8	-1075	5130
9	-1110	5090
10	-1190	4935
11	-1275	4565
12	-1330	4495
13	-1485	4285
14	-1570	4440
15	-1670	4370
16	-1640	4150
17	-1570	4135

### 4.2. AFLORAMIENTO # 1

El afloramiento se caracteriza por encontrarse sumamente saprolitizado, además de poseer abundante capa vegetal (Fig. 3)



Figura 3. Fotografía de detalle del afloramiento # 1

#### 4.3. AFLORAMIENTO # 2

##### ESQUISTO CUARZO – MICÁCEO (UCV1)

A nivel macro se presenta una roca, en general, muy meteorizada, homogénea y esquistosa; de orientación preferencial de la foliación N55W13S. De grano muy fino a afanítica. Color grisáceo, se aprecia mucha oxidación y minerales laminares hojosos (muscovita) (Fig. 4)

Al microscopio se observan secciones de grano muy fino, microcristalinas, alteradas, con presencia de oxidación. Buena distinción de los minerales de cuarzo, y minerales laminares (muscovita) (Fig. 5)



Figura 4. Fotografía de la muestra UCV

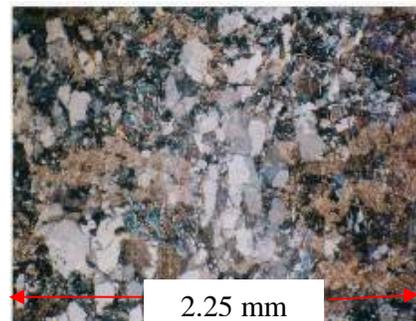


Figura 5. Fotomicrografía de la muestra UCV1 en nicoles cruzados, objetivo 4/0.12 ocular 12.5X

Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se aprecia masivamente y en forma de agregados granulares dando a la muestra textura granoblástica. Algunos granos presentan escasas inclusiones y microfracturas en su superficie. El cuarzo se encuentra asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea a lo largo de toda la sección.

Muscovita:

Incolora y ligeramente pleocrómica, anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados escamosos-laminar y tabular finamente divididos. Presenta escasas inclusiones de epidoto y pirita, con restos de pirita esqueletal meteorizada.

Esta se encuentra asociada a todos los minerales presentes en la muestra, y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### 4.4. AFLORAMIENTO # 3

##### ESQUISTO CALCÁREO–CUARZO–MUSCOVÍTICO (UVC2)

Macroscópicamente se tienen muestras de rocas meteorizadas, competentes, homogéneas. De grano fino a afanítica, color rojizo (Fig. 6 y 7). Se aprecia con dificultad la orientación de los planos de foliación y una textura poco esquistosa; existen abundantes vetas de cuarzo con alguna influencia ferruginosa. Caracterizadas por pliegues abiertos con ángulo limbar de  $110^\circ$  aproximadamente,



Fig. 6. Fotografía del afloramiento # 3

Al microscopio se observan calcitas con clivaje polisintético, secciones cuarzosas y feldespáticas, en general inequigranulares. Se aprecia leve alteración sobre los minerales micáceos y suaves y difusas microfracturas sobre los granos de mayor tamaño. Ésta representa la sección tipo del Esquisto de Las Mercedes (Fig. 8)



Figura 7. Fotografía de la muestra UCV2

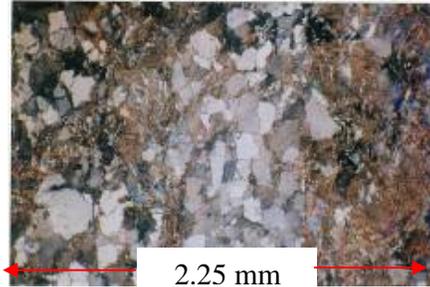


Figura 8. Fotomicrografía de la muestra UCV2 en nicols cruzados, objetivo 4/0.12 ocular 12.5X

#### Calcita:

Los granos se son de color crema claro, anhedrales, de bordes corroídos e irregulares suaves, hábito semi-granudo hojoso. Presentan dos direcciones de clivaje; su distribución es homogénea a lo largo de la sección.

#### Cuarzo:

Anhedral, de bordes irregulares a corroídos y hábito granudo. Se aprecian granos mono y policristalinos y en agregados microgranulares. La asociación es general y su distribución homogénea en agrupaciones poco numerosas sobre la sección.

#### Muscovita:

Se distribuye heterogéneamente a lo largo de la sección. De subhedral a anhedral de bordes lisos y corroídos, con hábito hojoso-laminar, algunas hojas amorfas y ligeramente curvadas.

#### 4.5. AFLORAMIENTO # 4

##### ESQUISTO CALCÁREO–CUARZO–MUSCOVÍTICO (UVC3)

Macroscópicamente se tiene una roca poco meteorizada, compacta. De grano fino a muy fino, de color gris oscuro. Se aprecian vetas de calcita y cuarzo paralelas a la foliación con presencia de abundantes micas y recristalización de la calcita (Fig. 9). La orientación preferencial varía de N33E29N a N87E57N. Hay presencia de pliegues muy abiertos (Fig.10)



Figura 9. Fotografía de detalle de cristales de calcita



Figura 10. Fotografía de detalle del afloramiento # 4. Pliegue abierto

Al microscópico se observan secciones de grano muy fino, alteradas, con presencia de oxidación y fracturas. La distinción de los minerales de cuarzo, calcita y muscovítico es buena. Equigranular, con presencia de finas bandas, filamentosas (Fig. 11 y 12)



Fig.ura 11 Foto de la muestra UCV 3

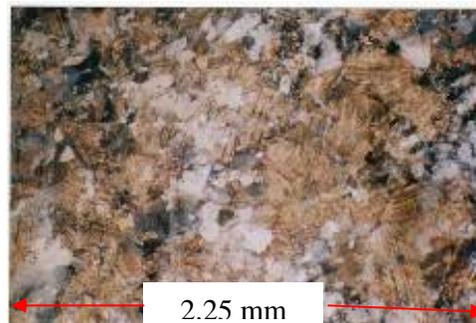


Figura 12. Fotomicrografía de la muestra UCV3 en ñicoles cruzados, objetivo 4/0.12 ocular 12.5X

Calcita:

Anhedral, de bordes corroídos pocos marcados, hábito granudo, de color crema. Los granos presentan clivaje en dos direcciones.

Cuarzo:

El mineral es micro-granular, anhedral, de bordes irregulares redondeados y hábito granular. Se observan algunas inclusiones de microlitos en la mayoría de los bordes. Se observan unos pocos granos policristalinos de mayor tamaño.

Muscovita:

Mica con plecroísmo débil, anhedral, con bordes semi lisos astillosos y hábito hojoso laminar. Distribución heterogénea y muy dispersa a lo largo de la sección.

#### 4.6 AFLORAMIENTO # 5

A nivel macroscópico muestra un avanzado grado de meteorización. Presenta un color homogéneo grisáceo parduzco, ligeramente micácea, con tamaño de grano fino. Los minerales se presentan orientados. Se aprecian vetas de calcita. La roca se clasifica como un esquistó calcáreo-muscovítico-cuarzoso. La foliación presenta una orientación N3E39N (Fig. 13)

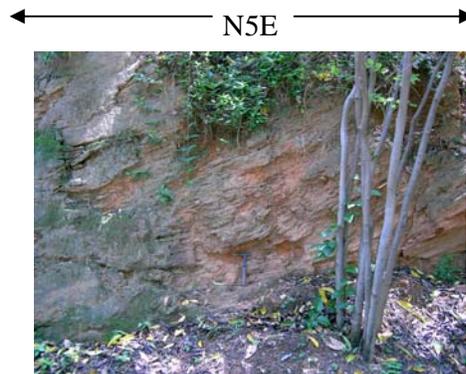


Figura 13. Fotografía del afloramiento # 5

#### 4.7 AFLORAMIENTO # 6

##### ESQUISTO CUARZO–CALCÁREO-MUSCOVÍTICO (UVC4)

De manera macro, se observa una muestra de roca meteorizada de color gris, con presencia de micas y con minerales orientados, fanerítica de grano muy fino a afanítica y homogénea; Muestra una proporción de los minerales en 1/3 para cada uno. La mineralogía se hace más calcárea y menos micácea, respecto a la muestra del afloramiento # 5. Presencia de abundantes cristales de calcita muy bien cristalizados. La orientación de la foliación es N53E49S.

Al microscopio se observa una muestra heterogénea, ligeramente limpia, con micas con textura lepidoblástica, calcita con clivaje polisintético y abundancia de granos de cuarzo con textura granoblástica (Fig. 14 y 15)



Figura 14. Foto de la muestra UCV 4

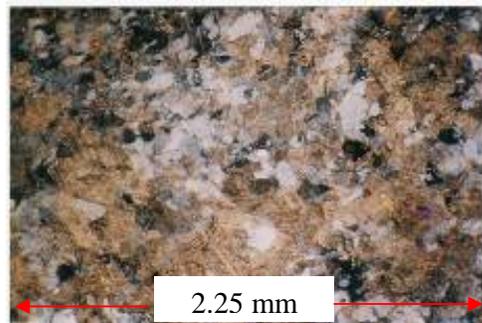


Figura 15. Fotomicrografía de la muestra UCV4

##### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta masivamente y en agregados granulares dando a la muestra textura granoblástica. Algunos granos presentan escasas inclusiones y microfracturas en su superficie. Asociado a todos los minerales presentes y su distribución es homogénea a lo largo de la sección.

##### Calcita:

Se presenta un mineral amarillento pálido, anhedral, de bordes corroídos poco marcados y hábito granudo. Casi todos los granos muestran el sistema de clivaje en dos direcciones.

Muscovita y sericita:

Mica muy diminuta, con pleocroísmo muy débil, anhedral, con bordes semi lisos astillosos y hábito hojoso laminar. Se encuentra en asociación a clorita y calcita, con distribución heterogénea y muy dispersa a lo largo de la sección.

Grafito:

Opaco, anhedral de aspecto filamentoso formado como especie de hebras entrecruzadas paralelamente sobre la sección, de bordes irregulares. Se observa poco conservado, distribución heterogénea en finas bandas, atravesando la sección. Las alineaciones de este mineral bordean agregados de minerales claros como el cuarzo, calcita y feldspatos.

#### 4.8 AFLORAMIENTO # 7

El afloramiento muestra una gran cantidad de vetas de calcita que van paralelas a la foliación y algunas de ellas las cortan, la roca se define como un esquisto calcáreo-cuarzo-muscovítico. Hay un patrón de diaclasas (Fig. 16), el cual presenta una orientación preferencial de N44W67N. Se generan plegamientos homoclinales y pliegues abiertos; las vetas cortan a la foliación. Existe una pequeña falla de orientación N32W26N (Fig 17).



Figura 16. Fotografía del afloramiento # 7  
Patrón de diaclasas



Figura 17. Fotografía del afloramiento # 7.  
Pequeña falla de orientación N32W26N

#### 4.9 AFLORAMIENTO # 8

A nivel macro se aprecian pequeños pliegues que van desde muy abiertos (Fig. 18) a isoclinales de orientación N25W (Fig. 19). La muestra posee una mineralogía más calcárea que las observadas anteriormente, con presencia de micas y cuarzo, además de muchas vetas de calcita, la roca se hace más competente, definiéndola como un esquisto calcáreo-cuarzo-micáceo. La orientación de la foliación es N65E59S (Fig. 20). A medida que se avanza en el afloramiento (hacia el oeste), las capas se van horizontalizando y va aumentando la cantidad de cuarzo en la misma. Hay presencia de una pequeña falla (Fig. 21) en la cual se observan las estrías (N62W).



Figura 18. Fotografía de detalle de pliegue abierto



Figura 19. Fotografía de detalle de pliegue isoclinal



Figura 20. Fotografía de detalle de foliación



Figura 12. Fotografía de detalle de pequeña falla

#### 4.10 AFLORAMIENTO # 9

Macroscópicamente el afloramiento presenta la misma mineralogía que se describió en el afloramiento anterior, pero con mayor cantidad de cuarzo (Fig 22). Se aprecian planos de diaclasas, de orientación preferencial de la familia de N20W79N. Hay presencia de pequeños pliegues (Fig. 23)



Figura 22. Fotografía del afloramiento # 9



Figura 23. Fotografía de detalle de pliegue

#### 4.11 AFLORAMIENTO # 10

##### ESQUISTO CALCÁREO-CUARZO-CLORÍTICO (UCV5)

Macroscópicamente la muestra de roca está muy meteorizada, es compacta, masiva y homogénea. Afanítica, presenta una coloración gris verdosa, con bandas más claras y minerales hojosos. Las capas poseen una orientación N42W38S a N55W19S, los buzamientos van bajando a medida que se avanza al sur. Las vetas de calcita se encuentran perpendiculares a la foliación. La mineralogía es mucho más calcárea, con presencia de micas y algo de pirita, clorita, sericita y hay presencia de cuarzo.

Al microscópico se observan secciones de grano muy fino, alteradas, con presencia de oxidación y fracturas. Existe buena distinción de los minerales de

cuarzo, calcita y micáceo. Equigranular, con presencia de finas bandas, filamentosas (Fig. 24 y 25).



Figura 24. Foto de la muestra UCV 5

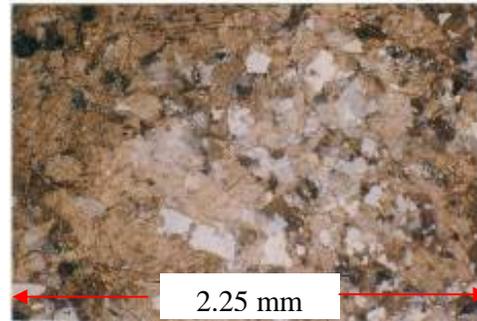


Figura 25. Fotomicrografía de la muestra UCV5 en nicoles cruzados, objetivo 4/0.12 ocular 12.5X

#### Calcita:

Anhedral, de bordes corroídos pocos marcados, hábito granular, de color crema. Los granos presentan clivaje en dos direcciones.

#### Cuarzo:

El mineral es micro-granular, anhedral, de bordes irregulares redondeados y hábito granular. Se observan algunas inclusiones de microlitos en la mayoría de los bordes. Se observan unos pocos granos policristalinos de mayor tamaño.

#### Clorita:

Mineral verdoso, sin pleocroísmo, anhedral, con bordes irregulares y hábito hojoso escamoso. Reconocido con dificultad entre el grupo de las micas.

#### Muscovita y Sericita:

Micas muy diminutas, anhedrales, con bordes semi lisos astillosos y hábito hojoso laminar. Existe un poco de dificultad para su reconocimiento.

#### 4.12 AFLORAMIENTO # 11

Al nivel macro, las capas se van verticalizando con orientación N73WV. Presencia poco abundante de delgadas vetas de cuarzo y calcita paralelas a la

foliación y se aprecia abundante mica en la roca. La clasificación consiste en un esquistos micáceo-calcáreo-cuarzo. Es menos competente y más foliado (Fig. 26).



Figura 26. Fotografía de detalle del afloramiento # 11

#### 4.13 AFLORAMIENTO # 12

##### ESQUISTO CALCÁREO-MICÁCEO-GRAFITOSO-CLORÍTICO (UCV6)

Macroscópicamente la roca presenta un moderado estado de meteorización, homogénea, esquistosa y grafitosa. La textura es afanítica, de color rosa a ocre. Presenta vetas de calcita paralelas y pseudoparalelas a la foliación que pueden ser descritas como calcita ferruginosa; la calcita está cristalizada en forma de lentes (Fig. 27). Hay presencia de pequeños pliegues, familias de diaclasas N56WV. Foliación posee orientación N75W50S (Fig. 28)



Figura 27. Fotografía del afloramiento # 12



Figura 28. Fotografía de detalle del afloramiento # 12

Microscópicamente, la sección muestra presencia de óxido, fracturas, buena distinción de los minerales de cuarzo y calcita. Es equigranular, con finas bandas de grafito, entre otros minerales laminares finos con dificultad de distinción. (Fig. 29 y 30)



Figura 29. Foto de la muestra UCV 6

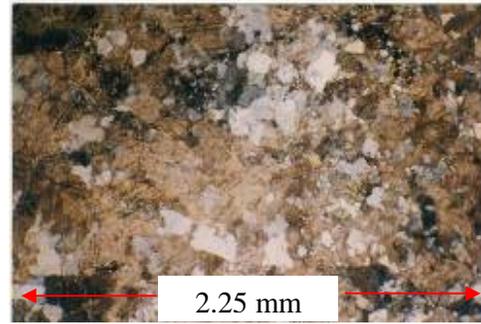


Figura 30. Fotomicrografía de la muestra UCV6 en nìcoles cruzados, objetivo 4/0.12 ocular 12.5X

#### Calcita:

Los granos muestran un color crema, anhedral, de bordes corroídos e irregulares, hábito semi granudo hojoso. Los granos no muestran tres direcciones de clivaje sino dos.

#### Muscovita:

Se encuentran en forma anhedral, bordes irregulares algo corroídos sobre los lados más cortos y suaves a semi lisos sobre el lado más largo. Presenta hábito laminar hojoso y se observa en algunos granos posible cloritización.

#### Grafito:

Anedral, bordes irregulares, hábito granudo, están de forma paralelas sobre las secciones. Se distribuye heterogéneamente.

#### Clorita:

De color verde y con pleocroísmo débil, anhedral de bordes irregulares y corroídos, se presenta en agregados escamoso-laminares. Con inclusiones de epidoto y pirita. Asociada a la moscovita principalmente y su distribución es irregular a lo largo de la sección.

#### 4.14 AFLORAMIENTO # 13

##### ESQUISTO CALCÁREO – CUARZO – MICÁCEO (UCV7)

A nivel macro la roca presenta un avanzado grado de meteorización, esquistosidad y homogeneidad. Es de grano fino a muy fino. Muestra un color gris rosado con algunas tonalidades verdosas, en finas bandas (Fig. 31). Presenta muchas vetas de calcita paralelas a la foliación; la orientación general de la foliación N65W24S.



Figura 31. Fotografía del afloramiento # 13

Al microscopio se observa una sección microcristalina alterada, con presencia de pequeñas fracturas. Buena distinción de los minerales de calcita y cuarzo. Muestran bandas, muy delgadas de grafito en algunas zonas de la sección, y la distribución de las micas no es homogénea (Fig. 32 y 33)



Figura 32. Foto de la muestra UCV 7

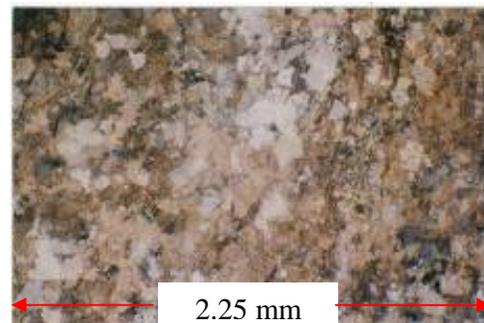


Figura 33. Fotomicrografía de la muestra UCV7 en ñicoles cruzados, objetivo 4/0.12 ocular 12.5X

Calcita:

Los granos son anhedrales de color crema, de bordes corroídos, y hábito granudo a hojoso. Posee clivaje polisintético en dos direcciones. Los granos están conservados.

Cuarzo:

El mineral es de hábito granular, anhedral, de bordes irregulares. Se aprecian granos mono y policristalinos y en agregados microgranulares. Una pequeña cantidad de granos presentan micro fracturas.

Micas: muscovita y clorita

La muscovita es de color amarillento, ligeramente pleocróica en tono verdoso (clorita), anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados escamoso-laminar. Con escasas inclusiones de epidoto y pirita. Su distribución es irregular a lo largo de la sección.

Grafito:

Se aprecia en muy poca cantidad, pero se presenta de forma fibrosa, con bordes irregulares. Poco conservado. Alineado con minerales claros como el cuarzo y la calcita.

#### 4.15 AFLORAMIENTO # 14

##### ESQUISTO CUARZOSO – CALCÁREO – GRAFITOSO (UCV8)

Macroscópicamente se aprecia un afloramiento muy alterado, donde se tiene un patrón de diaclasas de orientación N32W; pequeños pliegues muy abiertos  $>120^\circ$  (Fig. 34) con orientación del plano axial de N84E53N.

Existen muchas vetas de calcita que van pseudoparalelas a la foliación, la cual posee una orientación N85W29S. Hay pequeñas grietas de fricción (Fig. 35).

A medida que se avanza en el afloramiento, la foliación tiende a variar su dirección de N42W60S a N55W52S.



Figura 34. Fotografía de detalle del afloramiento # 14



Figura 35. Grieta de fricción

A nivel microscópico se observa una muestra heterogénea, bien foliada, ligeramente limpia, con abundancia de granos de calcita con clivaje polisintético, y de cuarzo con textura granoblástica. Además se aprecia feldespato, pirita limonitizada y una buena foliación (Fig. 36 y 37)



Figura 36. Foto de la muestra UCV8

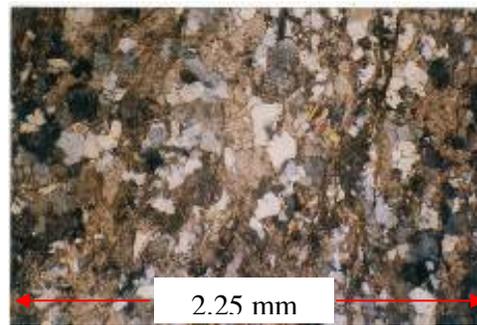


Figura 37. Fotomicrografía de la muestra UCV 8 en nicols cruzados, objetivo 4/0.12 ocular 12.5X

#### Cuarzo:

Anhedral de bordes irregulares, se presenta en agregados granulares con textura granoblástica. Algunos presentan inclusiones y microfracturas en su superficie. Su distribución es homogénea a lo largo de toda la sección.

Calcita:

Algo oscurecida en comparación con las descritas anteriormente, con pleocroísmo débil, anhedral, de bordes irregulares y con clivaje polisintético muy apreciable.

Grafito:

Se encuentra en poca proporción, pero se presenta de forma filamentosa, con bordes irregulares, alineado con minerales claros como el cuarzo y la calcita.

#### 4.16 AFLORAMIENTO # 15

A nivel macro, el afloramiento muestra una mineralogía que lo cataloga como un esquisto cuarzo – calcáreo – micáceo (Fig. 38). La foliación presenta una orientación que va de N15E30N a N19W38N. Al seguir avanzado en el recorrido del afloramiento, se encuentra que la orientación de la foliación es N48W47S. Hay presencia de pliegues muy abiertos, cuyo plano axial es N77W8N (Fig. 39)



Figura 38. Fotografía de detalle del afloramiento # 15



Figura 39. Fotografía de detalle de plegamientos

#### 4.17. AFLORAMIENTO # 16

A medida que se avanza en el recorrido, se observa que las capas se van verticalizando y la roca se hace más masiva y menos foliada. Por la mineralogía presente, se considera un esquisto cuarzo – micáceo con algunas vetas de calcita

paralelas a la foliación; el afloramiento presenta un avanzado grado de meteorización (Fig. 40). La orientación de la foliación es N64E a N44W26S.



Figura 40. Fotografía de detalle del afloramiento # 16

#### 4.18 AFLORAMIENTO # 17

##### ESQUISTO CALCÁREO-CUARZO–GRAFITOSO–MICÁCEO (UCV9)

Macroscópicamente se observa una roca ligeramente meteorizada, de color gris verdoso, micácea, de minerales orientados (Fig. 41). Hay presencia de vetas de calcita y cuarzo paralelas a la foliación, la cual es N46W26N. La roca es muy competente, y muestra pequeños pliegues cuya orientación del plano axial es N54E32N (isoclinal antiformal).



Figura 41. Fotografía del afloramiento # 17

Al microscopio se observan secciones calcáreas, cuarzosas y feldespáticas. En general es inequigranular, homogénea y con inclusiones microcristalinas. Se aprecia leve alteración de los minerales micáceos (Fig. 42 y 43).



Figura 42. Foto de la muestra UCV9



Figura 43. Fotomicrografía de la muestra UCV 9 en nicoles cruzados, objetivo 4/0.12 ocular 12.5X

#### Calcita:

Presenta una coloración amarillo pálido a incoloro, Anhedral, hábito granudo. Los granos muestran clivaje polisintético, con pleocroísmo débil.

#### Cuarzo:

Se aprecian granos mono y policristalinos y en agregados microgranulares, con pocas inclusiones hacia el centro de los mismos. Poseen bordes irregulares a corroídos, hábito granudo.

#### Grafito:

Anhedral, bordes irregulares, hábito granudo, se presenta como vetillas paralelas sobre las secciones. Se distribuye heterogéneamente.

#### Micas:

Se encuentra de subhedral a anhedral de bordes lisos y corroídos, con hábito hojoso-laminar, algunas hojas amorfas y ligeramente curvadas. Asociada a todos los minerales presentes y su distribución es heterogénea en la sección.

Epidoto:

Se presenta en muy poca cantidad, amarillento, de moderado relieve, Anhedral, de bordes irregulares, con hábito granular y amorfo. Asociado a las micas y su distribución es irregular en la sección.

#### 4.19. METAMORFISMO

Una vez realizado los análisis petrográficos que permiten conocer más detalladamente la mineralogía de las rocas que corresponden a este estudio, se pudo determinar la facies metamórfica a la cual pertenecen según las asociaciones mineralógicas.

La unidad estudiada presenta con mayor frecuencia el siguiente conjunto mineralógico para las rocas:

- Esquisto calcáreo - cuarzo – grafitoso – micáceo
- Esquisto calcáreo – cuarzo – micáceo
- Esquisto calcáreo – cuarzo – moscovítico
- Esquisto calcáreo – cuarzo – clorítico
- Esquisto calcáreo – micáceo – grafitoso – clorítico
- Esquisto cuarzoso – calcáreo – grafitoso
- Esquisto cuarzo – calcáreo - moscovítico
- Esquisto cuarzo – micáceo

Estas rocas han sufrido un metamorfismo no más alto que la subfacies de Cuarzo – Albita – Moscovita – Clorita de lo Esquistos Verdes de metamorfismo regional de baja presión y temperatura.

Estas asociaciones mineralógicas e interpretaciones de metamorfismo concuerdan con DENG (1951).

## 5. GEOGRAFÍA FÍSICA

### 5.1. CLIMA

La temperatura media anual es de 21° a 22° C, siendo la mínima media de 14° en diciembre y la máxima de 27° C a 28° C en agosto.

Según la clasificación climática de Koeppen, el clima de Caracas y por lo tanto el de la zona en estudio puede clasificarse como un clima de sabana (Aw), caracterizado por la presencia de un período lluvioso, en los meses de mayo a noviembre, y otro seco en los meses de diciembre hasta abril. La precipitación media anual es de unos 870 mm, con una máxima total de 1100 mm, y más de 25 días mayores de 10,00 mm. La evaporación total es superior a los 900 mm anuales.

### 5.2. VEGETACIÓN

La región capital pertenece al suelo térmico subtropical, con alturas oscilantes entre 800 y 1.500 m.s.n.m, las diferencias altitudinales presentes en esta entidad permiten la existencia de variadas condiciones de humedad, lo cual a su vez influye sobre las características o tipologías de la vegetación.

De esa manera se observa que en el área en estudio, de menor altitud, donde la humedad es restringida, se desarrollan matorrales, espinares, bosques semidecíduos, así como manchas de sabanas. Aunque hay que destacar que por la cercanía al Jardín Botánico de la UCV, existe mucha vegetación alóctona.

### 5.3. SUELOS Y SUBSUELO

El potencial agrícola de las tierras de esta entidad, además de ser escaso, se ha reducido en extensión debido a las labores de terráceo allí efectuadas para la vialidad y urbanismo. La zona de estudio, se encuentra básicamente constituida

por sedimentos blandos de poca a mediana plasticidad, normalmente consolidados, presentando espesores máximos entre 40 y 60 m donde se ubica la base rocosa de manera decreciente desde la zona NW hacia la SE, de acuerdo al mapa de tope de roca realizado a partir de la base de datos del registro de las planillas de perforación y de acuerdo al mapa de investigaciones sísmicas del subsuelo del Valle de Caracas, preparado por WESTON GEOPHYSICAL INC bajo la planificación y supervisión de la COMISIÓN PRESIDENCIAL PARA EL ESTUDIO DEL SISMO DEL 29-7-67 (1970).

El sector en estudio ocupa una porción de suelos de relleno a nivel superficial que no superan los 6,2 m encontrándose distribuidos a lo largo de la zona estudio, cuya roca de origen de estos sedimentos es un esquisto cuarzo micáceo, caracterizado por una secuencia litológica consistente en gravas y arenas con intervalos de arcillas y limos a diferentes niveles dependiendo de las variaciones del contorno físico que condiciona la sedimentación sin que pueda establecerse un predominio de los suelos granulares sobre los suelos de grano fino.

Investigaciones realizadas en el Valle de Caracas en el año 1951 (inédita) y posteriormente THOMS y DALLMUS (1961), señalan la existencia de una secuencia estratigráfica de depósitos lacustres a lo largo del río Guaire.

Los depósitos lacustres detectados en la Plaza Venezuela, en la Zona Rental de la Universidad Central y los acuñados contra las estribaciones de las colinas de la Ciudad Universitaria están constituidos por sedimentos finamente laminados, rítmicos-recurrentes, en dos facies litocromas de varvas lacustres: una más antigua con capitas arcillosas de colores altamente ocre y café; otra con binomios de arcillas limosas grises y arenas finas o limos rojizos. En los lechos arcillosos analizados se ha detectado caolinita, ilita, clorita e ilmenita (MUÑOZ J, N.G & SINGER, A 1977)

Tanto la litocromía, como la composición mineralógica de las arcillas, indican aportes de carácter local, coluvio-torrenciales, originados en los latosuelos que habían sido formados a expensas de los esquistos calcáreos y anfibolíticos de la Formación Las Mercedes. (MUÑOZ J, N.G & SINGER, A 1977)

La sucesión de estos sedimentos varvados alcanza espesores de 6 a 15 metros. El tope y la base aparentes del material lacustre no parecen definir un horizonte continuo de sedimentación lacustre, sino más bien ambientes erráticos locales ubicados en sitios de confinamiento aluvial de los ríos Guaire y Valle. Estos depósitos de varvas se ocultan bajo mantos de arenas grises del Holoceno reciente, atribuidas a terrazas de obturación fluviotorrenciales de origen sísmico (SINGER 1977). La sedimentación errática de horizontes de varvas, de probable edad Pre-Holoceno, se cree responde también a mecanismos de represamiento análogos, integrado en un “complejo sísmico-lacustre” (BORDE 1960)

#### 5.4. HIDROGRAFÍA

Los ríos principales son el río Guaire y el río Valle. El río Guaire con un cauce fundamentalmente rectilíneo en dirección Oeste-Este, y luego Noroeste, para finalmente volver a su sentido principal Oeste-Este, en su confluencia con el río Valle adyacente a la zona de estudio.

El río valle presenta un trazado casi rectilíneo, con pequeñas curvaturas. La dirección del cauce es Norte-Sur hasta que se vuelve Oeste-Este cuando se encuentra con el río Guaire en el Distribuidor El Pulpo.

## 6. MAPAS TEMÁTICOS

Corresponden a la Cartografía realizada mediante el sistema de información geográfica (SIG), para representar temas específicos de investigación, y se obtienen combinando coberturas gráficas de información, con información numérica específica extraída de bancos de datos.

Los mapas temáticos realizados comprenden la totalidad del área de estudio a diferentes escalas. A continuación una descripción de la cartografía temática:

### 6.1. MAPA DE PERFORACIÓN

En este mapa se cartografían la ubicación de las perforaciones de la Universidad Central de Venezuela y del Metro de Caracas, de acuerdo a su distribución en toda el área de estudio. La realización de éste mapa se hizo con la ayuda del programa *Autocad 2000i*, a una escala de 1:2500.

Se cartografiaron un total de 278 perforaciones distribuidas de la manera siguiente:

Tabla 4. Distribución de las perforaciones realizadas en la CUC

UBICACIÓN DE LA PERFORACIÓN	Nº DE PERF. REALIZADAS	Nº DE LA PERFORACIÓN
Estac. detrás del HUC	5	1 - 5
HUC	17	6 - 22
Dec. Fac. de Medicina	2	23 y 24
Estac. del Edif. Trasbordo	6	25 - 30
Química (Ccias)	9	31 - 39
Medicina Tropical	4	40 - 43
Instituto Anatómico	4	44 - 47
Medicina Experimental	3	48 - 50
Farmacia	14	51 - 64
Metalurgia	7	65 - 71
Comunicaciones	3	72 - 74
Rectorado	9	75 - 83
Auditorio	3	84 - 86
Museo y Biblioteca	8	87 - 94
Estac. prof. Biblioteca	7	95 - 101

UBICACIÓN DE LA PERFORACIÓN	Nº DE PERF. REALIZADAS	Nº DE LA PERFORACIÓN
Jardín del balancín	5	102 - 106
Postgrado de Derecho	1	107
Ingeniería. Sanitaria	2	108 y 109
Ingeniería Mecánica	6	110 - 115
Reloj	1	116
Economía	5	117 - 121
Humanidades	27	122 - 148
Ingeniería	12	149 - 160
Lab. de Física	3	161 - 163
Esc. de Ing. Eléctrica	10	164 - 173
Comedor Universitario	5	174 - 178
Arquitectura	8	179 - 186
Lab. de Química	3	187 - 189
Piscina Olímpica	8	190 - 197
Gradas Piscina Olímpica	2	198 y 199
Piscina de Clavados	2	200 y 201
Escuelas de Arte y Estadística	12	202 - 213
Direc. de Dep./ Gimnasio	4	214 - 217
Estadio Olímpico	6	218 - 223
Pza. Universitaria S. B.	12	224 - 235
Edif. Estacionam. Estadios	10	236 - 245
Estadio Univ. de Beisbol	13	246 - 258
Metro	20	259 - 278

Tabla 4. Distribución de las perforaciones realizadas en la CUC (cont.)

De igual manera fueron cartografiados 4 pozos de agua, los cuales sirvieron como dato para conocer la profundidad de la base rocosa en el sector correspondiente a cada pozo, estos son:

Tabla 5. Tabla de distribución de los pozos de agua realizados en la CUC

UBICACIÓN DEL POZO	Nº DE LA PERFORACIÓN
Arquitectura	279
Ing. Química	280
Estadio Olímpico	281
PA-FC	282

La distribución de cada perforación obedece a estudios realizados para la construcción de edificios en la Ciudad Universitaria, y estas se muestran repartidas de manera homogénea convenientemente para definir perfiles de la masa del suelo en cada

edificio del área estudiada, a fin de establecer espesores de los diferentes estratos, ubicación de los mismos, continuidad del área explorada y variaciones de las propiedades físicas del subsuelo; mientras que la distribución de las 20 perforaciones del Metro se encuentran distribuidas a lo largo de la línea III del Metro de Caracas, tramo Plaza Venezuela – Los Símbolos, desde el Paseo Los Ilustres hasta la Av. Las Acacias.

## 6.2. MAPA DE GEOLOGÍA DE CAMPO Y DRENAJE

En este mapa se hace un reconocimiento de los afloramientos que se encuentran en la CUC, a fin de establecer, mediante el estudio de la geología local, la naturaleza estructural, textura, mineralogía y grado de alteración del macizo rocoso.

El estudio detallado de la geología de superficie, permite determinar litología, grado de meteorización de las rocas aflorantes, orientación de los planos de foliación, planos de fracturas de la masa rocosa, presencia de pliegues y fallas, y elaboración de secciones finas para análisis petrográfico. Para efectos de este mapa, sólo se cartografiaron la ubicación de los afloramientos, la orientación de los planos de foliación y diaclasas.

El drenaje de CUC está gobernado por la presencia de los ríos Guaire y Valle. En la fotointerpretación de las misiones 7 del año 1936, C-8 del año 1951 y 304193 del año 2002, se estableció la geometría y posición del drenaje, para tratar de identificar el relieve y el sistema de drenaje presente en la zona de estudio.

El mapa de geología de campo se elaboró a partir del reconocimiento y muestreo sistemático de los afloramientos de la zona. Estos fueron georreferenciados utilizando el software *Autocad 2000i*

Para el caso del drenaje, se escaneó la fotointerpretación y se llevó al mapa base de la CUC a través del programa *Autocad 2000i*. La escala utilizada para éste mapa es 1:2500.

A continuación se expone la tabla 6 donde se muestra la ubicación relativa de los 17 afloramientos estudiados en coordenadas Loma Quintana.

Tabla 6. Ubicación relativa de los afloramientos en el mapa de campo

Nº DEL AFLOR.	COORD. NORTE	COORD. ESTE	LITOLOGÍA
1	-995	5440	Muy meteorizado
2	-1036	5355	Esquisto cuarzo micáceo
3	-1015	5338	Esquisto calcáreo cuarzo muscovítico
4	-955	5310	Esquisto calcáreo cuarzo muscovítico
5	-1035	5240	Esquisto calcáreo muscovítico cuarzoso
6	-1090	5252	Esquisto cuarzo calcáreo muscovítico
7	-1065	5230	Esquisto calcáreo cuarzo muscovítico
8	-1075	5130	Esquisto calcáreo cuarzo micáceo
9	-1115	5090	Esquisto calcáreo cuarzo micáceo
10	-1190	4935	Esquisto calcáreo cuarzo clorítico
11	-1275	4560	Esquisto micáceo calcáreo cuarzo
12	-1330	4495	Esquisto calcáreo micáceo grafitoso clorítico
13	-1490	4285	Esquisto calcáreo cuarzo micáceo
14	-1575	4442	Esquisto cuarzo calcáreo grafitoso
15	-1660	4375	Esquisto cuarzo calcáreo micáceo
16	-1640	4140	Esquisto cuarzo micáceo calcáreo
17	-1575	4135	Esquisto calcáreo cuarzo grafitoso micáceo

De acuerdo a lo observado en el campo, en el sector de la Facultad de Ingeniería Departamento de Meteorología e Hidrología la litología se caracteriza por un predominio de esquistos calcáreos-cuarzosos, donde hacia la parte norte se exponen poco meteorizados, con presencia de pequeños plegamientos; mientras que al sur la litología se presentan con mayor grado de meteorización y de color gris parduzco, de granos muy finos y con presencia de minerales micáceos.

En el flanco sur de la colina del Jardín Botánico la litología se caracteriza por un predominio de esquistos calcáreos cuarzosos con presencia de minerales micáceos y localmente grafitosos y cloríticos, ligeramente plegados y meteorizados. Es frecuente observar vetas delgadas de caliza marrón y cuarzo lechoso paralelos a los planos de foliación o cortando dichos planos.

En el pie de monte del Cerro Sierra Maestra hacia la parte este, la litología se caracteriza por un predominio de esquistos cuarzosos, calcáreos y micáceos, localmente grafitosos, muy meteorizados con vetas paralelas a los planos de foliación; en su loma,

en la zona correspondiente al campo deportivo Sierra Maestra, la litología se hace más calcárea y grafitosa.

El rumbo general de las rocas metamórficas varía entre N87E y N75W, con valores de buzamiento igualmente variados entre 57°N y 59°N. Existen varios sistemas de diaclasas, siendo las principales las que presentan las siguientes características: N32W y N56W con buzamientos verticales, N20W con buzamiento 79°N y N44W con buzamiento 67°N.

Durante el trabajo de campo se detectó la presencia de dos pequeñas fallas geológicas de carácter local en el afloramiento # 7 con rumbo N32W y buzamiento 26°N, y otra en el afloramiento # 8 con rumbo N62W y buzamiento hacia el norte (Anexo 2)

#### 6.2.1. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FOTOGEOLOGICO DEL DRENAJE

El análisis de drenaje realizado en este Trabajo Especial de Grado, se orienta a investigar las características del drenaje natural presente en la zona de estudio, especialmente los ríos, Guaire y Valle, los cuales limitan la zona por el norte y por el sur.

Esto se realiza con la interpretación de las fotografías aéreas de la zona de estudio, del año 1936 misión 7, 1951 misión C-8 y 2002 misión 304193, además de trabajos acerca del comportamiento hidráulico de estos ríos.

##### 6.2.1.1. RÍO GUAIRE

La cuenca del río Guaire limita por le norte con la Fila el Ávila y al sur se encuentra una serie de formaciones orográficas conformada por montañas y colinas de menor altura. Tiene un área aproximada de 550 km<sup>2</sup>, la elevación máxima de la cuenca es de 2750 m.s.n.m. en el Pico Naiquatá del Macizo el Ávila. (MARTÍNEZ 1987).

El río Guaire discurre en dirección oeste-este a lo largo del valle de Caracas en la región norte de Venezuela, y nace en la confluencia de los ríos San Pedro y Macarao en Las Adjuntas. Confluyen por su margen derecha las quebradas Caricuao, La Vega, Río Valle y Quebrada Baruta; mientras que por la margen izquierda confluyen las quebradas Caraota, Catuche, Arauco, Honda, Canoas, Maripérez, Chacaito, Seca, Sebucán, Agua de Maíz, Tócome y Caurimare, las cuales tienen un alto potencial de arrastre. (MARTÍNEZ 1987).

### Fotointerpretación año 1936

El río sigue un curso cuyo rumbo general es oeste-este con cierta inclinación noreste, de acuerdo a una trayectoria que inicia en el extremo oeste del calco, y posee una forma casi rectilínea, cambiando el rumbo del mismo a partir del punto 2, la trayectoria se hace menos marcada, hasta que llega al punto 3, donde cambia nuevamente de rumbo. En el punto 4 cambia de rumbo, hasta que toma una suave curvatura en el punto 5, y luego continúa su curso hasta que confluye con el río Valle (Fig. 44).

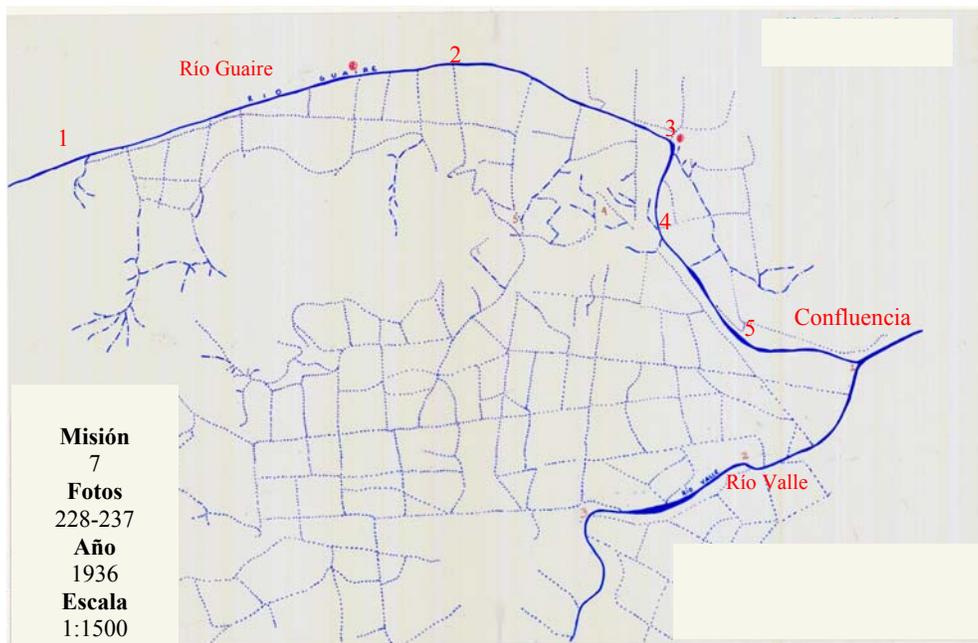


Figura 44. Fotocalco año 1936

### Fotointerpretación año 1951

El río sigue el mismo rumbo general oeste-este con inclinación noreste, su forma es casi rectilínea, luego cambia el rumbo a partir del punto 2, al llegar al punto 3, modifica nuevamente de rumbo. En el punto 4 modifica su rumbo, hasta que sufre una curvatura suave en el punto 5, a partir del cual continúa su trayectoria hasta que confluye con el río Valle. En comparación con la fotografía del año 1936, el tramo que va desde el punto 1 hasta el 2 se nota desplazado hacia el sur, lo que hace inferir que el río fue desplazado hacia el sur durante su canalización (Fig. 45).

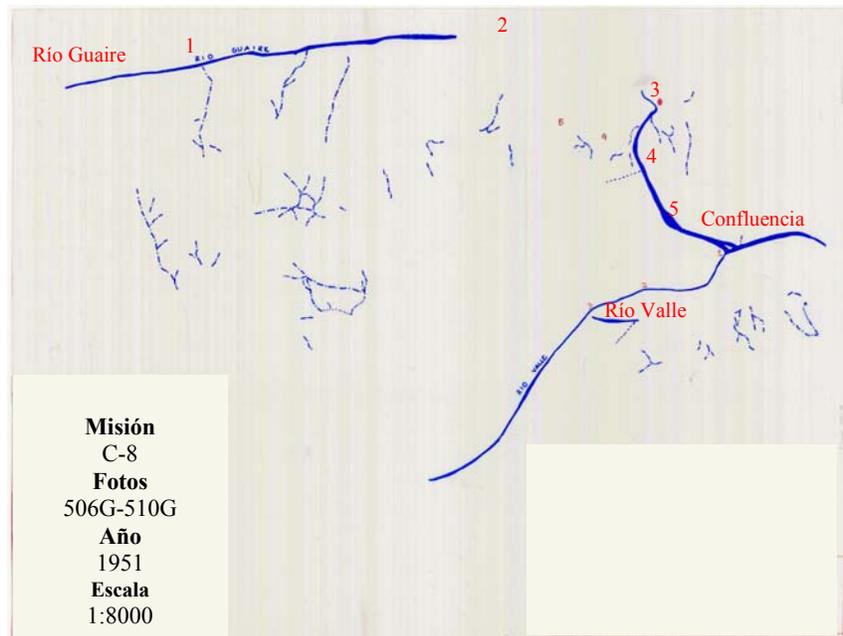


Figura 45. Fotocalco año 1951

### Fotointerpretación año 2002

En este caso se mantiene la misma interpretación presente en los años anteriores, ya que el río a pesar de haber sido canalizado en el año 1953, no sufrió grandes modificaciones aparentes del mismo. Se puede decir que la clasificación genética del río Guaire es de *sobreimposición* ya que se ha adaptado a la topografía.

#### 6.2.1.2. Río VALLE

La subcuenca se extiende desde la zona denominada Cerro Alto, al sureste de San Antonio de los Altos, en una cota de 1400 m.s.n.m., hasta el río Guaire, donde confluyen en la cota 850 m.s.n.m. aproximadamente. Tiene un área de 125 Km<sup>2</sup> aproximadamente y la longitud del cauce de unos 23 km hasta la confluencia con el Guaire (MARTÍNEZ 1987).

Los principales tributarios del río Valle son la quebrada Turmerito y la quebrada Rincón del Valle. A su paso por la zona urbana de Caracas, el río Valle recoge las aguas pluviales de Fuerte Tiuna, Coche, El Valle, Santa Mónica y Los Chaguaramos (MARTÍNEZ 1987).

#### Fotointerpretación año 1936

El río posee un curso cuyo rumbo es aproximadamente norte-sur; describiendo una trayectoria meandriforme, con distintos quiebres; a<sub>1</sub> que representa un cambio notorio de rumbo al noreste, luego pasa por el quiebre a<sub>2</sub> y sigue manteniendo su rumbo y una trayectoria menos sinuosa hasta que confluye con el río Guaire (Fig. 46).

La disposición del río Valle puede deberse a algún tipo de control litológico, ya que no existe una uniformidad del drenaje, debido a que el cauce presenta una forma sinuosa que va de moderada-suave.

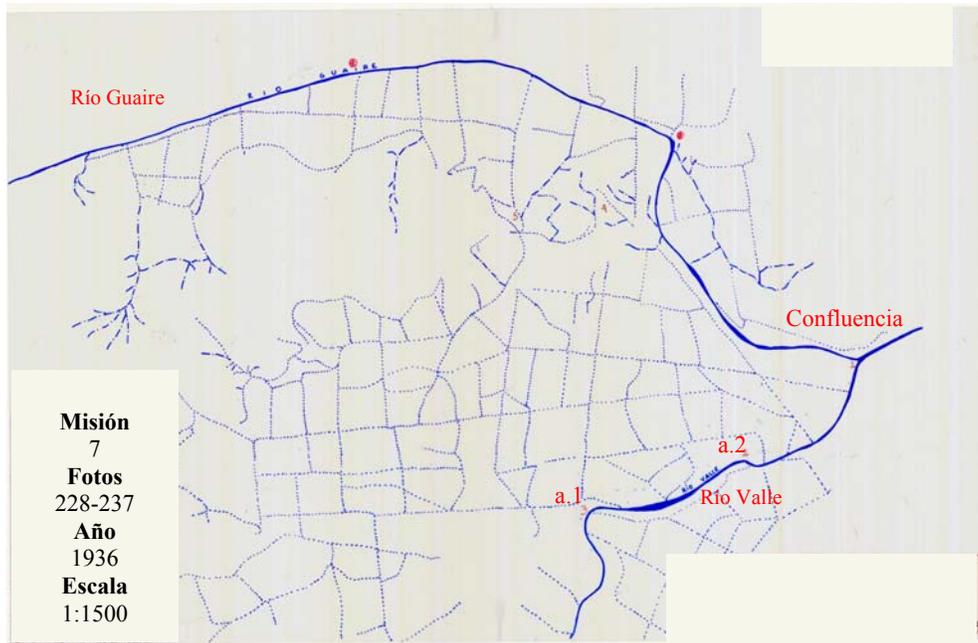


Figura 46. Fotocalco año 1936

### Fotointerpretación año 1951

Aparentemente para esta fecha el río ya había sufrido la canalización, la cual modificó la trayectoria meandriforme que tenía en años anteriores con rumbo norte-sur, a una trayectoria más rectilínea. Sigue respetando el quiebre a<sub>2</sub>, y sigue el rumbo noreste que mantiene hasta llegar a su confluencia con el río Guaire (Fig. 47)

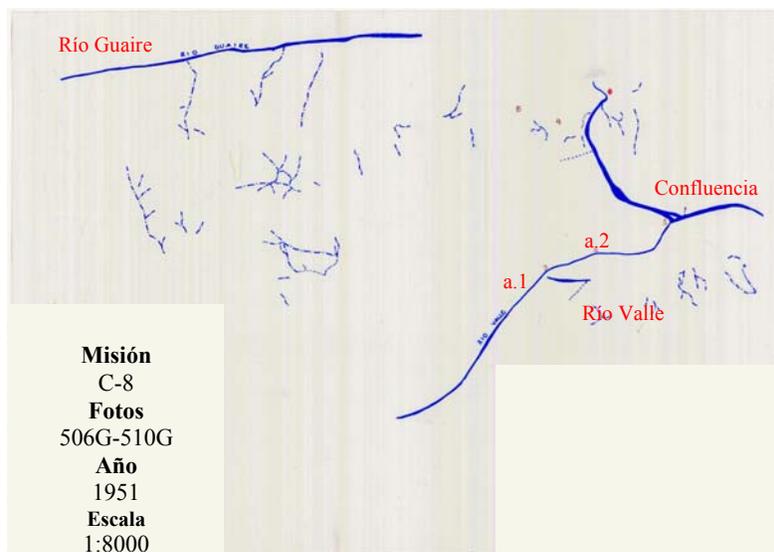


Figura 47. Fotocalco año 1951

### Fotointerpretación año 2002

En este caso se mantiene la misma interpretación presente en el año anterior, ya que el río sigue conservando la trayectoria marcada por la canalización.

#### 6.2.1.3. DRENAJE INTERNO DE LA CUC

### Fotointerpretación año 1936

En la Ciudad Universitaria de Caracas existe una red de canales de riego agrícola y un sistema de escorrentía superficial que separa los sembradíos. También se aprecia la presencia de dos pequeñas quebradas ( $Q_1$  y  $Q_2$ ) dentro de zona las cuales drenan hacia la UCV (Fig. 48).

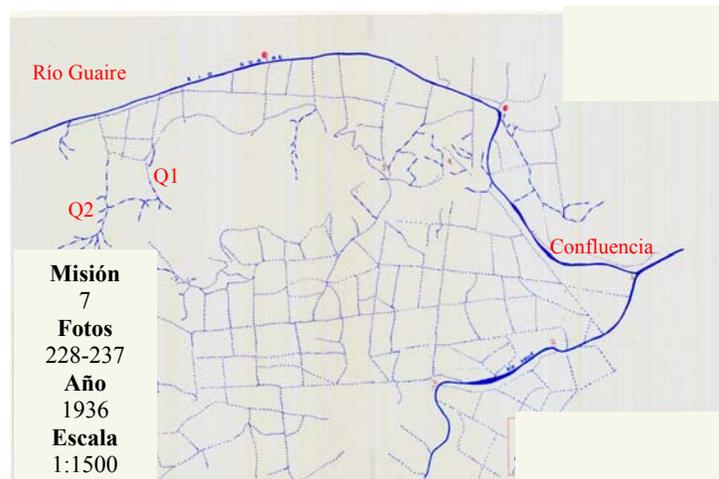


Fig. 48. Fotocalco año 1936

### Fotointerpretación año 1951

En este calco se aprecia que la red de canales de riego agrícola y el sistema de escorrentías superficial, fueron eliminadas debido a la construcción de las edificaciones que conforman a la CUC. También destaca el hecho de que no se muestran grandes movimientos de tierra (Fig. 49).

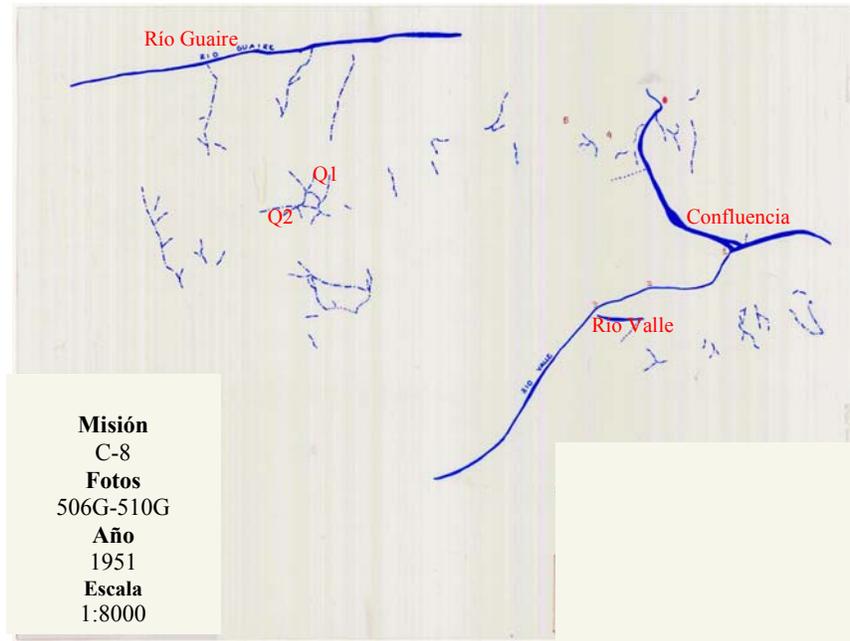


Fig. 49. Fotocalco año 1951

### Fotointerpretación año 2002

Ya para este momento, no se tiene ninguna visión del sistema de drenajes, debido a que la zona de estudio se encuentra totalmente urbanizada.

El área en estudio está conformada por dos unidades topográficas, una ubicada al norte y noroeste constituida por las colinas de Jardín Botánico y por el cerro Sierra Maestra respectivamente. Otra unidad topográfica, es la de valle constituida por una terraza urbanizada en la cual se presentan las edificaciones de la CUC.

El terreno que constituye el campus de la CUC a manera general. No ha sufrido importantes cambios de topografía, sino pequeñas modificaciones locales entre su condición original y definitiva, limitándose a nivelaciones locales del terreno para efectos de urbanismo.

### 6.3. MAPA ISÓPACO DE ROCA

Este mapa fue elaborado mediante el programa de interpolación SURFER 8 a escala 1:2.500. Éste generó una serie de isolíneas, representadas cada 5 m, las cuales simbolizan la profundidad a la cual se encuentra la base rocosa.

A partir de la base de datos de las planillas de perforación, se tiene un registro de 39 perforaciones que llegaron a la profundidad de la base rocosa, las cuales fueron consideradas para la elaboración de este mapa. En la Tabla 7 se muestra la ubicación de la perforación utilizada para este estudio, su numeración correspondiente y la profundidad a la cual se encuentra la roca.

Tabla 7. Tabla indicativa de las perforaciones que llegan a la profundidad de la base rocosa

UBICACIÓN DE LA PERFORACIÓN	Nº DE PERF.	PROFUNDIDAD DE LA ROCA (m)
Estac. detrás del HUC	1	14
Estac. detrás del HUC	2	23,5
Estac. detrás del HUC	4	19,5
Estac. detrás del HUC	5	10,5
HUC	6	21,7
HUC	7	34,57
HUC	8	25,4
HUC	9	35,95
HUC	10	18,35
HUC	11	38,57
HUC	12	44,2
HUC	13	47,89
HUC	14	17,63
HUC	15	24,23
HUC	16	32,08
HUC	17	18,2
HUC	18	17,28
HUC	19	37,65
HUC	20	29,4
HUC	21	19,27
HUC	22	24
Instituto Anatómico	44	7,45
Instituto Anatómico	45	14
Instituto Anatómico	47	28,5
Medicina Experimental	48	33
Medicina Experimental	49	39,5

UBICACIÓN DE LA PERFORACIÓN	Nº DE PERF.	PROFUNDIDAD DE LA ROCA (m)
Medicina Experimental	50	39,63
Economía	117	26
Economía	118	18,9
Economía	119	24,5
Economía	120	23
Economía	121	26,2
Piscina Olímpica	191	16,2
Piscina de Clavados	200	14,6
Piscina de Clavados	201	18
Direc. de Deportes / Gimnasio	214	18,1
Direc. de Deportes / Gimnasio	215	28
Direc. de Deportes / Gimnasio	216	27
Direc. de Deportes / Gimnasio	217	27

Tabla 7. Tabla indicativa de las perforaciones que llegana la profundidad de la base rocosa (cont.)

Adicionalmente se tiene el registro de cuatro pozos de agua expuestos en la tabla 5, los cuales llegan a una profundidad de roca de 49 m, 61 m, 50 m y 70,2 m respectivamente.

El área de estudio se encuentra sobre una semicuenca, en la cual la profundidad de su base rocosa estima encontrarse al pie del Jardín Botánico y del Cerro Sierra Maestra aproximadamente a 10 m, y se va profundizando de noroeste a sureste hasta alcanzar aproximadamente 60 m.

Tomando en cuenta la información anterior, acerca del la profundidad de la base rocosa y la velocidad de onda de corte, se evalúa la respuesta dinámica del perfil de suelo y se establece su forma espectral y el coeficiente de corrección de aceleración horizontal de acuerdo con la Tabla 8.

Tabla 8 Forma Espectral y Factor de Corrección  $\phi$ . Tomada de la NORMA VENEZOLANA DE EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES, 2001

Material	Vsp (m/s)	H (m)	Zonas Sísmicas 1 a 4		Zonas Sísmicas 5 a 7	
			Forma Espectral	$\phi$	Forma Espectral	$\phi$
Roca sana/fracturada	>500	-	<b>S1</b>	0.85	<b>S1</b>	1.00
Roca blanda o meteorizada y suelos muy duros o muy densos	>400	<30	<b>S1</b>	0.85	<b>S1</b>	1.00
		30-50	<b>S2</b>	0.80	<b>S2</b>	0.90
		>50	<b>S3</b>	0.70	<b>S2</b>	0.90
Suelos duros o densos	250-400	<15	<b>S1</b>	0.80	<b>S1</b>	1.00
		15-50	<b>S2</b>	0.80	<b>S2</b>	0.90
		>50	<b>S3</b>	0.75	<b>S2</b>	0.90
Suelos firmes/medio densos	170-250	$\leq 50$	<b>S3</b>	0.70	<b>S2</b>	0.95
		>50	<b>S3<sup>(a)</sup></b>	0.70	<b>S3</b>	0.75
Suelos blandos/sueltos	<170	$\leq 15$	<b>S3</b>	0.70	<b>S2</b>	0.90
		>15	<b>S3<sup>(a)</sup></b>	0.70	<b>S3</b>	0.80
Suelos blandos o sueltos <sup>(b)</sup> intercalados con suelos más rígidos	-	H <sub>1</sub>	<b>S2<sup>(c)</sup></b>	0.65	<b>S2</b>	0.70

(a) Si  $A_0 \leq 0.15$ , úsease S4

(b) El espesor de los estratos blandos o sueltos ( $V_{sp} < 170$  m/s) debe ser mayor que 0.1H

(c) Si  $H_1 \geq 0.25 H$  y  $A_0 \leq 0.20$  úsease S3

Según los datos obtenidos a partir de la comparación de la tabla anterior con los datos proporcionados de los estudios de velocidades, se tiene que las formas espectrales que imperan en la zona (Tabla 9), clasifican al suelo en:

Tabla 9. Formas Espectrales y Coeficiente de Aceleración Horizontal

Material	Forma Espectral	$\phi$	H (m)
Suelo duro o denso	S1	1	<15
Suelo duro o denso	S2	0,9	15-50
Suelo firme/medio	S2	0,95	$\leq 50$

**S1:** para suelo duro o denso con espesor menor a 15 m, con un factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal de 1 considerando aproximadamente 10 m de manto de meteorización. Además se observa que las perforaciones que generan esta forma espectral, poseen mucha cercanía a roca aflorante tal es el caso de las perforaciones pertenecientes al edificio de Medicina Tropical cercanas al Jardín Botánico, edificio Trasbordo cercano a Sierra Maestra, escuela de Estadística y Artes, Comedor Universitario y Piscina Olímpica cercanos a material muy resistente producto de

meteorización del espolón calcáreo del sector de la Facultad de Ingeniería departamento de Meteorología e Hidrología.

Considerando los resultados de las formas espectrales y el período de vibración natural de los suelos ( $T_e$ ), y comparándolo con la fig. 50 se obtiene que la Aceleración Espectral Normalizada,  $A_d/A_o$  se encuentra en un intervalo de 2,4 a 2,6 con un coeficiente de corrección del Coeficiente de Aceleración Horizontal ( $\phi$ ) que va de 0,95 a 1.

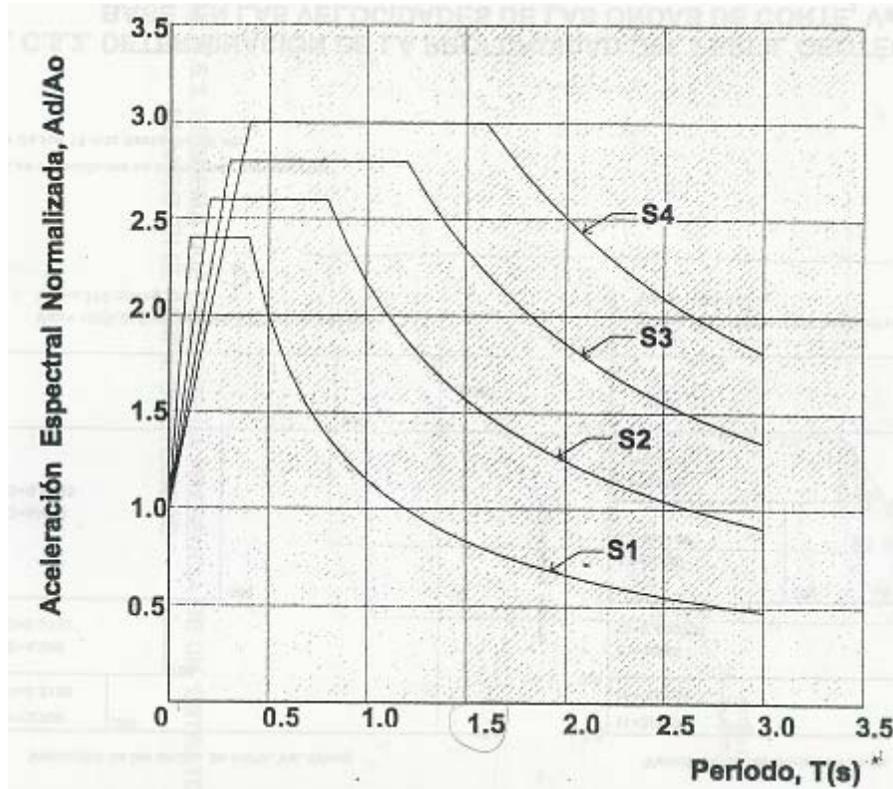


Figura 50 Formas Espectrales tipificadas elásticas S1 – S4. Tomada de la NORMA VENEZOLANA DE EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES, 2001

#### 6.4. MAPA LITOLÓGICO

Este mapa es útil para la descripción y clasificación de los tipos de suelo presentes en CUC. A partir del ensayo granulométrico, contenido en las planillas de perforación se obtiene la distribución del tamaño de las partículas en una masa de suelo a una profundidad aproximada de 20 m (Tabla 10).

Con esta información, fueron definidas las áreas de depósitos recientes (tipo aluvión) para delinear las áreas definidas, en función de sus propiedades mecánicas y contenido de material en un tipo de suelo. Para este caso, se definieron los siguientes tipos de suelos: suelo gravoso, suelo arenoso, suelo limoso y suelo arcilloso.

El sistema de elaboración de este mapa, se realizó a través de la interpolación de isolíneas, las cuales se definieron a partir de la asignación de un valor numérico correspondiente a un tipo de suelo, con el programa *Surfer 8*, a escala 1:2.500.

Tabla 10. Distribución granulométrica

Nº PERF.	RELLENO (%)	GRAVA (%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	ROCA (%)	TOTAL (%)
2	4	0	0	0	55	41	100
3	0	0	0	0	100	0	100
5	0	0	0	0	44	56	100
23	25	0	0	29	46	0	100
32	0	5	12	40	43	0	100
36	0	6	16	42	35	0	100
39	0	12	33	24	31	0	100
51	0	1	29	47	24	0	100
53	0	2	15	60	25	0	100
55	0	2	29	40	29	0	100
57	0	6	26	36	33	0	100
60	0	10	20	40	30	0	100
62	0	4	28	34	35	0	100
64	0	6	33	30	31	0	100
65	0	0	30	8	63	0	100
67	0	0	45	0	55	0	100
75	23	0	29	37	11	0	100
77	22	0	20	0	58	0	100
79	15	4	27	33	20	0	100
81	11	0	17	18	55	0	100
85	0	2	8	39	51	0	100

86	0	0	8	36	57	0	100
87	0	0	6	36	58	0	100
91	7	0	0	6	87	0	100
90	4	0	44	0	52	0	100
94	0	0	0	9	91	0	100
96	0	2	26	39	33	0	100
102	0	11	28	35	26	0	100
98	0	7	24	34	36	0	100
100	11	0	14	35	40	0	100
106	0	0	53	47	0	0	100
108	11	29	28	0	32	0	100
104	13	0	27	47	13	0	100
116	0	12	39	28	21	0	100
118	0	0	0	20	43	37	100
121	0	2	3	13	48	35	100
122	0	11	34	29	27	0	100
124	0	6	39	30	25	0	100
126	0	14	32	30	24	0	100
128	0	5	28	32	36	0	100
130	0	19	31	28	23	0	100
134	0	5	28	32	35	0	100
137	0	7	34	35	24	0	100
139	0	17	40	25	19	0	100
150	0	2	18	47	33	0	100
152	0	3	33	39	25	0	100
154	0	5	26	40	30	0	100
155	0	6	24	32	38	0	100
157	0	4	34	33	30	0	100
159	0	11	31	31	27	0	100
162	0	4	33	30	32	0	100
163	0	2	41	31	27	0	100
165	0	5	30	42	23	0	100
171	0	13	30	37	20	0	100
172	0	25	27	28	20	0	100
173	0	3	29	43	25	0	100
174	0	2	45	34	19	0	100
176	0	8	42	35	16	0	100
178	0	6	52	31	11	0	100
179	0	1	34	41	24	0	100
181	0	11	37	31	21	0	100
184	0	5	33	38	24	0	100
186	0	6	37	31	26	0	100
190	0	21	55	17	8	0	100
194	0	13	38	34	16	0	100
195	0	24	55	13	8	0	100
197	0	18	48	28	6	0	100
198	0	9	44	31	16	0	100
203	0	4	51	31	14	0	100

206	0	19	43	30	8	0	100
211	0	17	47	30	6	0	100
213	0	21	48	23	8	0	100
216	16	10	50	11	3	10	100
218	19	0	48	13	20	0	100
219	0	0	50	11	39	0	100
220	2	0	72	0	25	0	100
222	8	0	18	24	51	0	100
223	4	0	58	7	30	0	100
224	8	0	49	11	32	0	100
226	8	6	25	17	44	0	100
229	22	0	61	0	17	0	100
230	11	0	59	3	28	0	100
233	5	12	21	10	52	0	100
234	11	0	55	0	34	0	100
235	7	0	85	0	9	0	100
236	7	0	40	6	46	0	100
238	7	0	45	23	25	0	100
242	0	8	50	4	38	0	100
247	0	11	34	29	26	0	100
248	0	28	45	19	8	0	100
251	0	18	43	23	16	0	100
255	0	28	38	20	14	0	100
257	0	9	41	30	20	0	100
260	10	40	25	0	25	0	100
268	5	5	33	0	57	0	100
269	4	4	11	7	74	0	100
270	0	4	23	0	73	0	100
271	4	4	11	7	74	0	100
272	7	8	8	0	77	0	100
273	7	0	15	0	78	0	100
275	8	0	20	0	72	0	100
276	4	0	25	7	64	0	100
279	0	39	8	3	0	51	100
280	0	49	36	2	0	14	100
281	3	0	86	0	7	4	100
282	3	0	86	0	7	4	100

La zona de estudio está constituida en su mayor parte por sedimentos aluviales recientes y coluviones, de composición litológica heterogénea, debido a que la deposición en el sector sur está originada por la actividad fluvial del río Valle en el pasado geológico, debido a inundaciones de la zona.

En este mapa se pueden apreciar cinco unidades litológicas:

#### Unidad de gravas

Representa aproximadamente un 9 % del área total de estudio, se encuentra ubicada en la zona sureste del mapa, y está representada por la presencia de gravas arenosas mayoritariamente. Esta unidad contiene parte del edificio de Estacionamiento Estadios y Plaza Universitaria Simón Bolívar.

#### Unidad de arenas

Representa aproximadamente un 28 % del área total de estudio, se encuentra principalmente distribuida en el sector este del mapa y una porción en el sector suroeste, y está representada por la presencia de arenas limosas y arenas limosas con grava.

La unidad de arenas abarca el área ocupada por los Estadios de Béisbol y Olímpico, los edificios de Dirección de Deportes, Arquitectura, Escuela de Química (Ingeniería), Escuela de Geodesia y Agrimensura, Facultad de Ciencias-Edificio de Aulas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Básica. La unidad abarca sectores de los edificios que corresponden a: Estacionamiento de los Estadios, Comedor Universitarios, Escuela de Comunicación Social, Escuela de Sociología, Facultad de Humanidades, Escuela de Geología, Departamento de Física Aplicada, Instituto de Medicina Tropical, Economía y el edificio correspondiente a la Facultad de Farmacia

#### Unidad de limos

Representa un 42 % del área total de estudio, se encuentra principalmente ubicada en la zona central del mapa. En esta zona se desarrollan limos arenosos, y una muy pequeña proporción de limo arenoso con grava.

Esta unidad contiene a los edificios pertenecientes al IMME, Postgrado de Derecho, Comunicaciones, Rectorado, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Sanitaria, Instituto de Medicina Experimental, Instituto Anatómico-Patológico, Escuela de Artes y Estadística y parte de los edificios de la Facultad de Odontología, Metalurgia, Facultad de Farmacia,

Instituto de Medicina Tropical, Aula Magna, Biblioteca Central, Escuela de Geología, Facultad de Arquitectura, departamento de Física Aplicada, Facultad de Humanidades, Ciencias Políticas y Jurídicas, Escuela de Sociología, Facultad de Economía, Comunicación Social, Dirección de Deportes, Estacionamiento de los Estadios y Plaza Universitaria Simón Bolívar.

### Unidad de arcillas

Representa un 21 % del área total de estudio, se encuentra bordeando el sector que corresponde a la unidad de limos. El material presente en la zona, está caracterizado por arcillas de baja plasticidad y arcillas de baja plasticidad arenosa. Este material fino se encuentra representado por coluviones, debido a que son materiales sueltos y heterogéneos, de suelo depositados por derrubios de gravedad formados por cantos de matriz arcillosa, ubicado en la zona de penillanura más próximas al pie del Jardín Botánico.

Esta unidad agrupa a los edificios pertenecientes al Hospital Universitario, Instituto de Higiene y parte de los edificios del Decanato de la Facultad de Medicina, Traslado, Aula Magna, Biblioteca Central, Gimnasio Cubierto y Ingeniería Metalúrgica.

Por último se define una *unidad rocosa*, la cual está representada por las laderas del Jardín Botánico y de Sierra Maestra. Los edificios de Traslado y el Gimnasio Cubierto se encuentran parcialmente ubicados sobre esta unidad.

En general, el material litológico que caracteriza a la CUC, está constituido por limos y arenas, los cuales corresponde a depósitos aluviales, más recientes, pero la mayoría de sus elementos rocosos han sido heredados de las rañas (depósitos continentales en régimen de sistemas de abanicos aluviales), y de los coluviones. Su distribución en el área va de sureste a noroeste, partiendo de la unidad de grava hasta la unidad de arcillas, en general, los sedimentos de la cuenca se encuentran distribuidos en

dicha orientación, encontrándose los gruesos hacia el centro de la misma y los finos hacia los bordes.

#### 6.5. MAPA DE PORCENTAJE LITOLÓGICO

Este mapa permite visualizar a través de gráficos de tortas, el porcentaje del contenido litológico, obtenido a partir del ensayo granulométrico, y así comprobar las unidades litológicas en la CUC.

Estos gráficos se fijan sobre el punto donde se ubica cada perforación, y se puede apreciar en cada uno de ellos cual es el contenido litológico en una profundidad aproximada de 20 m.

Los programas utilizados para la elaboración del mapa fueron, *Excel* para construir los gráficos de tortas y *Autocad 2000i* para la ubicación de las mismas sobre el mapa base de la CUC. La escala utilizada en este mapa es 1:1.250.

La distribución de la litología en la zona de la CUC, se encuentra representada por las unidades definidas en el Mapa Litológico. Este mapa se realizó a partir de los datos de la Tabla 10.

## 6.6. MAPA DE PERÍODO DE VIBRACIÓN NATURAL DE LOS SUELOS Y PERÍODO DE VIBRACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

La ocurrencia de sismos ha demostrado la vulnerabilidad de muchas edificaciones ante la amenaza sísmica. La experiencia adquirida con los daños causados por el terremoto del 29 de Julio de 1967, sirvió como campanada de alerta y produjo un cambio radical en la forma de concebir y construir en Venezuela.

Muchas de las edificaciones presentes en la Ciudad Universitaria de Caracas fueron proyectadas y construidas antes de ocurrir el sismo de 1967, cuando las normas para edificios sismorresistentes eran mucho menos exigentes que en la actualidad. En las cercanías del río Valle, en los sectores donde se detectaron varvas lacustres, dicho sismo ocasionó grandes daños. FERRER & CLUFF (1970). Motivo por el cual nace la necesidad de realizar estudios pertinentes para conocer los posibles comportamientos del suelo y de las estructuras ante la presencia de sismos.

La incorporación del comportamiento no lineal de los suelos se logra usando valores de módulo de cortante y de amortiguamiento compatibles con las deformaciones desarrolladas en los estratos, de tal modo que las características de los materiales varían con la intensidad de los movimientos del terreno y las deformaciones correspondientes (SEED, *et. al* 1970).

Hay también métodos indirectos para estimar el módulo de rigidez al cortante, por medio de relaciones empíricas entre  $G$  y el número de golpes por cada 30 cm de la prueba de penetración estándar (SPT) (ASTM D-1586).

Para el caso particular de este estudio, se utilizó la relación de SUAYAMA *et. al.* (1984) para calcular la velocidad de la onda de corte ( $V_s$ ), y entonces estimar el período de vibración natural de los suelos; a fin de analizar las características del comportamiento del suelo de la CUC bajo cargas dinámicas.

La relación de SUAYAMA *et. al.* (1984), se basó en tomar medidas de velocidades sísmicas (usando ondas de reflexión SH y métodos VSP) en suelos aluviales en Japón y comparó sus resultados con el N (número de golpes del ensayo del SPT) (Fig. 51). Evaluó 1654 medidas, y una significativa correlación (coeficiente de correlación de  $r = 0.868$ ) derivaba solamente la onda de velocidad de:

$$V_s = 97.0 * N^{0,314} \quad (\text{Ec: 6.1})$$

Al obtener el valor de la velocidad de onda corta ( $V_s$ ) promedio, se procede a calcular el Período de vibración natural ( $T_s$ ) de los suelos a través de la relación de MADERA (1974) para suelos homogéneos:

$$T_s = 4H / V_s \quad (\text{Ec: 6.2})$$

Donde

H: espesor del estrato considerado

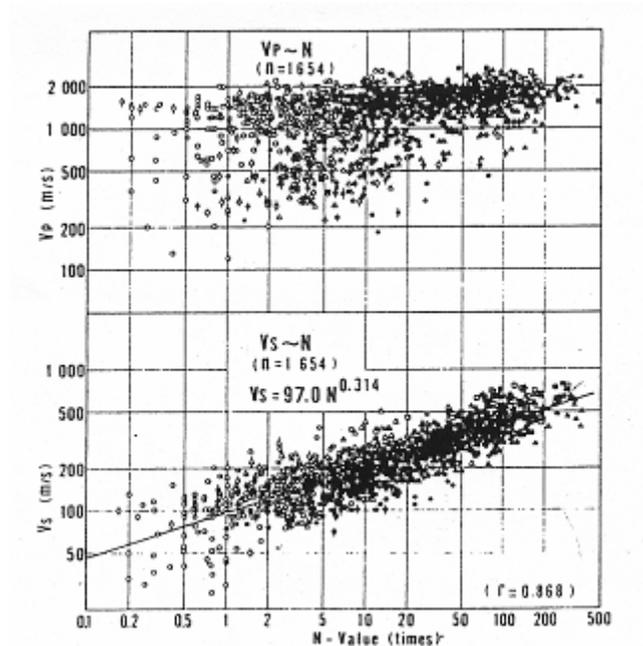


Figura 51 Compresión y velocidad de onda de corte versus valor de N; SUAYAMA *et. al.* (1984)

El período de vibración desde un punto de vista físico, es un intervalo de tiempo durante el cual tiene lugar un fenómeno cíclico de cualquier tipo; es por ello que se estudia la interacción entre los movimientos del suelo y de una estructura, ya que afecta al comportamiento dinámico de la estructura.

El período de vibración de una estructura ( $T_e$ ), en este caso, es estimado en base a relaciones empíricas; este depende de la altura  $h_n$  del edificio, la cual está referida al nivel de base y se extiende hasta el último nivel significativo. De acuerdo con la Norma para Edificaciones Sismorresistente 1756:2001, se obtiene que las edificaciones de la CUC son del Tipo I, es por ello que la relación que se usa para la estimación del período de vibración de las edificaciones es:

$$T_e = C_t * h_n^{0.75} \quad (\text{Ec: 6.3})$$

Donde

$C_t$ : 0.07 para edificaciones de concreto armado o mixto de acero-concreto

$h_n$ : altura de la edificación medida desde el último nivel hasta el primer nivel cuyos desplazamientos estén restringidos total o parcialmente.

Una vez obtenido los valores de los períodos, se crea una base de datos que los contienen de acuerdo a la zona donde se localizan. El sistema de elaboración de este mapa, se hizo con la ayuda de un programa de interpolación SURFER 8 con el cual se estableció un sistema de isolíneas con valores preestablecidos en la base de datos.

Estas líneas representan los valores numéricos del período de vibración del suelo, los cuales se comparan con los valores del período de vibración de las edificaciones, para estimar el comportamiento dinámico de ambos ante un sismo.

Cuando una estructura está sometida a una sollicitación exterior, se restituye una parte de su energía de vibración en la interfaz entre el suelo y la cimentación. Este fenómeno se traduce en la creación de ondas sísmicas que se propagan en las formaciones superficiales, sobre todo cuando el contraste de impedancia con el substrato subyacente

es importante y las frecuencias de vibración del suelo y de la estructura son cercanas (Fenómeno de Resonancia).

En el mapa de período de vibración natural de los suelos y período de vibración de las edificaciones(anexo 6) se puede observar que los períodos estimados de vibración natural del suelo que constituye el campus de la Ciudad Universitaria de Caracas son períodos cortos que varían de 0,2 a 0,4 s; con un error estimado de  $\pm 0.1$  s.

Una edificación de vital importancia es el Hospital Universitario de Caracas, el cual posee un período estimado de vibración de la edificación de 0,9 s y se encuentra en una zona cuyo período estimado de vibración natural del suelo oscila entre 0,2 y 0,3 s. Las edificaciones adyacentes presentan características similares, con valores de períodos altos de las edificaciones con respecto al período de vibración natural del suelo; sin embargo el edificio del Decanato de Medicina presenta un período estimado de la estructura cercano al período estimado de vibración natural del suelo.

A continuación se muestra la Tabla 11 donde se pueden apreciar los períodos estimados de algunas de las edificaciones pertenecientes a la CUC, y el período estimado de vibración natural del suelo correspondiente a la zona donde se ubican.

Tabla 11. Períodos estimados de las edificaciones y de vibración natural del suelo de la CUC

EDIFICACIÓN	Ts (de la zona) (s)	Te (s)
Instituto Nacional de Higiene	$\approx 0,4-0,5$	0,5
H.U.C	$\approx 0,2-0,3$	0,9
Dec. Fac. de Medicina	$\approx 0,2-0,3$	0,4
Edificio Trasbordo	$\approx 0,2-0,3$	0,5
Química (Ccias)	$\approx 0,2-0,3$	0,5
Odontología	$\approx 0,2$	1
Medicina Tropical	$\approx 0,2$	0,3
Instituto Anatómico	$\approx 0,2$	0,5
Medicina Experimental	$\approx 0,2$	0,5
Farmacia	$\approx 0,3-0,4$	0,9
Metalurgia	$\approx 0,3$	0,5
Comunicaciones	$\approx 0,2$	0,4
Rectorado	$\approx 0,2-0,3$	0,6
Museo y Biblioteca	$\approx 0,2-0,3$	1,3
Ingeniería Mecánica	$\approx 0,3-0,4$	0,3

EDIFICACIÓN	Ts (de la zona) (s)	Te (s)
Ing Mecánica e Ing Química	≈ 0,3-0,4	0,4
Postgrado de Derecho	≈ 0,2-0,3	0,2
Ing. Sanitaria	≈ 0,3	0,4
Ingeniería Hidráulica	≈ 0,3	0,4
Economía	≈ 0,4-0,5	1
Humanidades	≈ 0,3	0,3
Facultad de Ingeniería – Esc. Básica	≈ 0,3	0,5
Lab de Física	≈ 0,2	0,5
Esc. de Ing. Eléctrica	≈ 0,3	0,5
Comedor Universitario	≈ 0,1-0,2	0,2
Dpto. de Química. Fac. de Ing	0,3	0,3
Dpto. de Ing. Geodésica y Agrimensura	0,3	0,3
Esc. de Bioanálisis. Bioterio	0,3	0,3
Arquitectura	≈ 0,2-0,3	1,1
Lab. de Química	≈ 0,1-0,2	0,4
Esc. de Artes y Estadísticas	≈ 0,2-0,3	0,5
Direc. de Deportes / Gimnasio	≈ 0,1-0,2	0,4
Estacionamiento Estadios	≈ 0,4	0,6

	Períodos iguales
	Períodos similares
	Períodos cercanos
	Períodos lejanos

La estimación de los períodos de las edificaciones es directamente proporcional a la altura, por lo que una edificación alta con mayor número de pisos tendrá un período de la estructura ( $T_e$ ) largo y una edificación baja con menor número de pisos tendrá un período de la estructura ( $T_e$ ) corto; donde los edificios mayores de diez pisos tienen períodos estimados mayores a 1s. Éste es el caso del Hospital Universitario de Caracas, Facultad de Odontología, Facultad de Farmacia, edificio de la Biblioteca Central, Facultad de Economía y Facultad de Arquitectura.

De los resultados obtenidos para edificios de dos pisos, se estiman valores de  $T_e = 0,3$  s; para edificios de tres pisos se estiman valores de  $T_e = 0,4$  s y para edificios de cuatro pisos se estiman valores de  $T_e = 0,5$  s. En líneas generales, las edificaciones que constituyen el campus de la Ciudad Universitaria de Caracas son bajos entre dos y cuatro pisos, cuyos períodos estimados son cortos y oscilan entre 0,3 y 0,5 s; hay también

edificios de una planta con períodos estimados de 0,2 s, tal es el caso del Comedor Universitario y el edificio de Postgrado de Derecho.

Al comparar los valores numéricos estimados del período de vibración natural del suelo con los valores estimados del período de vibración de las edificaciones, para evaluar el posible comportamiento dinámico de la zona ante la presencia de un sismo, se observa que en general los períodos estimados de vibración natural del suelo que constituye el campus de la Ciudad Universitaria de Caracas son períodos cortos que varían de 0,2 a 0,4 s donde las edificaciones altas con períodos aproximados de 1 s presentan frecuencias lejanas y las edificaciones bajas con dos o menos plantas presentan frecuencias muy cercanas.

Partiendo de estos resultados, se consideran de particular importancia los edificios de la Facultad de Humanidades, Departamento de Química de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura, Escuela de Bioanálisis-Bioterio, Comedor Universitario, Facultad de Ingeniería Mecánica y el edificio de Postgrado de Derecho; ya que presentan períodos estimados de vibración del suelo y de las estructuras con valores muy cercanos.

Otras edificaciones cuyos valores estimados de vibración del suelo y de las estructuras se presentan cercanos son: el edificio del Decanato de la Facultad de Medicina, Medicina Tropical y los edificios de Ingeniería Sanitaria e Hidráulica.

## 6.7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO EN PERFILES

La expresión *perfil del suelo* o simplemente *perfil del subsuelo*, indica una sección vertical a través del terreno, que muestra los espesores y orden de sucesión de los estratos. Hasta una profundidad comprendida entre 1,50 y 2 m, desde la superficie del terreno, y excepcionalmente hasta una profundidad mayor. Las propiedades físicas del suelo son influidas por los cambios periódicos de humedad y temperatura y por los agentes biológicos, como lo son las raíces, los gusanos y las bacterias.

Para una mejor visualización de los materiales a lo largo del área en estudio, y tener un criterio claro y definido del modelado del subsuelo presente en el terreno que constituye el campus de la CUC, se han trazado cinco perfiles mostrando la litología de las perforaciones, la continuidad del área explorada y las variaciones de las propiedades físicas del subsuelo. Se han correlacionado los diferentes estratos, tomando como escala horizontal y vertical 1:200 m, y en ciertas perforaciones debido a la considerable distancia entre ellas se toma un cambio de escala de 1:1.000 m.

La construcción de estos perfiles del subsuelo se realizó bajo el concepto de perfiles geotécnicos, adaptando la litología según la compacidad y la consistencia de los materiales de acuerdo al caso; a una profundidad aproximada de 20 m.

Se realizaron tres perfiles paralelos entre sí y aproximadamente perpendiculares a la dirección del río Valle, con orientaciones de N28W, cuyas litologías fueron adaptadas a la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de Consistencia y Compacidad. Tomada de INGENIEROS DE SANTIS, C.A.

Arenas y Gravels			Limos y Arcillas		
Nº de golpes	Compacidad	Ángulo Fricción	Nº de golpes	Consistencia	Kg/cm <sup>2</sup> Cohesión
0	Muy suelta	25	0	Muy blanda	0.25
1	Muy suelta	25	1	Muy blanda	0.25
2	Muy suelta	25	2	Muy blanda	0.25
3	Muy suelta	25	3	Blanda	0.38
4	Muy suelta	26	4	Blanda	0.50
5	Suelta	27	5	Meda	0.63
6	Suelta	27	6	Meda	0.75
7	Suelta	28	7	Meda	0.88
8	Suelta	28	8	Meda	1.00
9	Suelta	29	9	Semidura	1.14
10	Suelta	29	10	Semidura	1.29
11	Meda	30	11	Semidura	1.43
12	Meda	30	12	Semidura	1.57
13	Meda	31	13	Semidura	1.71
14	Meda	31	14	Semidura	1.86
15	Meda	31	15	Semidura	2.00
16	Meda	31	16	Dura	2.15
17	Meda	32	17	Dura	2.30
18	Meda	32	18	Dura	2.39
19	Meda	32	19	Dura	2.53
20	Meda	32	20	Dura	2.67
21	Meda	33	21	Dura	2.80
22	Meda	33	22	Dura	2.93
23	Meda	33	23	Dura	3.07
24	Meda	33	24	Dura	3.20
25	Meda	34	25	Dura	3.33
26	Meda	34	26	Dura	3.47
27	Meda	34	27	Dura	3.60
28	Meda	34	28	Dura	3.73
29	Meda	35	29	Dura	3.86
30	Meda	35	30	Dura	4.00
31	Densa	35	>30	Rígida	4.00
32	Densa	35			
33	Densa	35			
34	Densa	35			
35	Densa	36			
36	Densa	36			
37	Densa	36			
38	Densa	36			
39	Densa	36			
40	Densa	36			
41	Densa	37			
42	Densa	37			
43	Densa	37			
44	Densa	37			
45	Densa	37			
46	Densa	38			
47	Densa	38			
48	Densa	38			
49	Densa	38			
50	Densa	38			
>50	Muy densa	38-43			

Estos son V4, V7 y V10, los cuales se describen a continuación:

### 6.9.1. PERFIL V4

Este perfil se encuentra hacia el extremo este del mapa, y abarca un gran número de perforaciones mostrando su litología y correlación de los estratos correspondientes. Las perforaciones mostradas en este perfil se mencionan en la siguiente Tabla 12.

Tabla 12. Perforaciones usadas para la realización del perfil V4

Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)	Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)
198	15	165	15
174	9	220	17
208	11	173	15
203	7	223	29
117**	33	222	29
216**	30	188	7
118**	30	260	20
124	16	270	26
137	16	226	30
139	16	230	30
130	16	236	30
141	16	248	14
219	18	235	15
218	15	240	28
152	15	251	14
179	15	257	15
159	15	245	29
184	15	255	15

\*\*Perforaciones que llegan a la profundidad de la roca

La litología presente muestra la presencia de material de relleno de espesores variables, a partir de la cota del terreno, entre 0,4 m hasta 6,2 m en la zona del Estacionamiento de los Estadios. Este relleno se expone en el sector sur del perfil, hacia las zonas correspondientes al Estadio de Fútbol, Plaza Universitaria y Estacionamiento de los Estadios.

El material de relleno está formado por un esquisto muy descompuesto de arena fina limosa y arcillo limoso a arenoso con presencia de fragmentos duros. En la perforación # 260 perteneciente al Metro se tiene en dicho material la presencia de materia orgánica.

El subsuelo a lo largo del perfil geotécnico estudiado, está formado por un depósito de sedimentos aluviales clasificados como medios, densos-semiduro, muy denso-duro, rígido y suelto blando; este último sólo presente en forma de lentes y

bolsones, los cuales se encuentran distribuidos en los extremos norte y sur del perfil y en la zona central del mismo.

Estos lentes exhiben desde muy pocos centímetros de espesor hasta convertirse en bolsones de 4,5 m, hallándose tanto en los topes de las perforaciones como en las profundidades mayores alcanzando hasta 12,2 m. Los lentes presentes a lo largo del perfil son de litología arenosa, encontrándose algunos de litología arcillosa en los primeros metros de la perforación # 179, y hacia mayores profundidades se hallan lentes de litología gravosa (perforaciones # 179 y # 184) y litología limosa y arcillosa (perforación # 223).

Hacia el extremo sur del perfil, en la perforación # 251, se encuentra un lente de arena muy suelta (el cual está sólo presente en esta perforación). El mismo se ubica subyacente a material denso-semiduro y suelto-blando y, suprayacente a material medio y denso-semiduro.

El nivel freático fue detectado principalmente hacia la zona sur del perfil, donde se ubican la Plaza Universitaria Simón Bolívar, el edificio del Estacionamiento de los Estadios y la zona correspondiente al Metro. En la tabla 13 se exponen los números correspondientes a las planillas de perforación y las profundidades alcanzadas en cada uno por el nivel freático.

Tabla 13. Tabla indicativa de la profundidad del Nivel Freático en las perforaciones presentes en el perfil V4

Nº de la Perf	Profundidad del Nivel Freático (m)
117	13,5
118	6
219	4.1
260	6,5
270	6,1
226	5,64
230	5,6
236	6
240	5,5

En general, la litología presente es media y densa-semidensa en las menores profundidades alcanzadas por cada perforación, a partir de la cota del terreno; mientras que hacia las mayores profundidades, a partir de 9 m aproximadamente, se tienen intercalaciones de material muy denso-duro y material rígido. El material de relleno se encuentra principalmente localizado hacia el sur del perfil en las zonas aledañas a la Plaza Universitaria Simón Bolívar.

De norte a sur el material encontrado en el perfil, se clasifica como un material fino de baja plasticidad, el cual se va haciendo arenoso a medida que se avanza al sur hasta la perforación # 124, a partir de la cual dominan nuevamente los materiales finos de baja plasticidad sobre los arenosos. En la perforación # 137, pasa a dominar la litología arenosa, ya en la perforación # 139 aparece un material gravoso que aumenta y disminuye su presencia hacia el sur, hasta la perforación # 165. A partir de la perforación # 173 hasta la # 226 se tienen materiales finos de baja y alta plasticidad, haciéndose arenoso hacia el sur, con apariciones locales de material gravoso.

#### 6.9.2. PERFIL V7

El perfil V7 y su respectiva correlación, se realiza mostrando la litología correspondiente a las planillas de perforación indicadas en la Tabla 14:

Tabla 14. Perforaciones usadas para la realización del perfil V7

Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)	Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)
*42	10	96	15
116	15	98	15
75	15	102	15
77	15	100	15
79	15	163	12
81	15	104	15
83	15	*171	15
86	16	271	27
87	15	273	27
90	14	272	25
91	15	155	15
	94	15	

\*Perforaciones con cambio de escala

En este perfil se realizan dos cambios de escala entre las perforaciones que se presentaron muy distantes, ellas son la # 42 - # 116 y # 171 - # 271. Las cotas de las perforaciones varían desde 870 m hasta 861 m de norte a sur.

Se encuentra material de relleno esquistoso arcillo-limoso y arena arcilloso, con presencia de fragmentos duros, color marrón a gris oscuro. Este material de relleno se halla principalmente hacia el norte del perfil sobre un material denso-semiduro, encontrándose el mismo dispuesto sobre material medio a muy denso-duro del perfil, y sobre material rígido hacia la zona central del mismo, específicamente en la perforación # 91 perteneciente a la Biblioteca Central.

A lo largo del perfil geotécnico en estudio, se tiene un subsuelo conformado por sedimentos aluviales clasificados como medio, denso-semiduro, muy denso-duro a rígido. Hay presencia de un bolsón de arena suelta en las perforaciones # 104 y # 171 hacia el sur del perfil, el cual alcanza la profundidad de 5-9 m y 0-3,3 m respectivamente, a partir de la cota del terreno. Se observa un lente de arena suelta en las perforaciones # 79 y # 81, hacia el norte del perfil, de un metro de profundidad cada uno, hacia la máxima profundidad alcanzada por cada perforación (15 m) y un último lente de arena suelta en la perforación # 90, el cual alcanza la profundidad de 11-11,9m intercalado en material denso-semiduro.

Hacia el norte del perfil, el material denso-semiduro se encuentra intercalado por material medio y muy denso-denso, hacia las profundidades mayores alcanzadas por las perforaciones. El material se hace predominantemente denso-semiduro en la parte central del perfil, correspondiente a los alrededores de la Biblioteca Central, encontrándose en esta zona, en la perforación # 90 intercalación de materiales medio, muy denso-duro, medio, denso-semiduro, suelto-blando, denso-semiduro y muy denso-duro.

Hacia el sur del perfil se tiene intercalación de materiales medios, densos-semiduros y muy densos-duros; finalmente hacia la zona perteneciente al Metro se tiene mezcla de materiales muy densos-duros y rígidos.

Se presentan tres planillas de perforación en las cuales fue detectado el nivel freático, estas pertenecen a la línea del Metro y se mencionan en la Tabla 15:

Tabla 15. Tabla indicativa de la profundidad del Nivel Freático en las perforaciones presentes en el perfil V7

Nº de la Perf	Profundidad del Nivel Freático (m)
271	8,5
273	7,5
272	5,5

En general el perfil muestra material denso-semiduro con intercalaciones de materiales medios y muy densos-duros hacia los extremos norte y sur del perfil, haciéndose más rígido hacia el extremo sur.

El perfil V7 muestra de norte a sur material areno-arcilloso de baja plasticidad, el cual se mantiene hasta la perforación # 90 donde aparece material arenoso grueso. Hacia el extremo sur del perfil, se tiene la misma secuencia anterior con intercalación de un material arenoso grueso. En la perforación # 83 hay presencia de material fino de alta plasticidad, en igual proporción que los finos de baja plasticidad.

### 6.9.3. PERFIL V10

Este perfil V10 se encuentra hacia el extremo oeste del mapa y muestra la litología correspondiente a las perforaciones mostradas en la tabla 16 y correlacionando sus diferentes estratos. En este perfil se han tomado 4 cambios de escala entre las perforaciones # 2 - # 5, # 5 - # 23, # 30 - # 32 y # 53 - # 59 debido a la considerable distancia entre ellas.

Tabla 16. Perforaciones usadas para la realización del perfil V10

Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)	Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)
*2**	40	39	13
*5**	24	51	20
23	14	*53	20
24	12	69	21
25	15	67	20
*30	8	275	25
32	13	276	28
36	13	268	20

\*Perforaciones con cambio de escala

\*\*Perforaciones que llegan a la profundidad de la roca

Se observa un descenso de 15 m en la topografía, de norte a sur, indicado por las perforaciones # 2 perteneciente al Estacionamiento del Hospital Universitario de Caracas (HUC) y # 268 perteneciente al Metro, con cotas 877 m y 862 m respectivamente.

La litología muestra la presencia de material de relleno de poco espesor en algunos sectores, a partir de la cota del terreno, alcanzando profundidades hacia la parte norte del perfil de 1,5 m en el sector del HUC, profundidades entre 2 y 3,5 m en la zona de las perforaciones # 23, # 24 y # 25 ubicadas entre los edificios del Decanato de la Facultad de Medicina y el Edificio de Tránsito; en la zona perteneciente al Edificio de Metalurgia el relleno alcanza la profundidad de 2 m al igual que en la zona de la línea del Metro entre las coordenadas norte -1843 y -1994, y coordenada este 4654 y 4850.

El material de relleno está formado por fragmentos de esquisto muy descompuesto limo-arenoso a areno-arcilloso de color marrón parduzco claro a oscuro, de norte a sur en el perfil, haciéndose más arcilloso hacia el extremo sur donde se encuentran fragmentos duros, y presencia de materia orgánica, específicamente en la perforación # 268 perteneciente al Metro. Este material de relleno se encuentra suprayaciendo a un material de características densa-semidura a muy densa-dura y rígida.

El subsuelo a lo largo del perfil geotécnico estudiado, está formado por un depósito de sedimentos aluviales clasificados como medios, densos-semiduro, muy denso-duro a rígido. Se tiene la presencia de un lente de arena suelta en la perforación #

275, el cual alcanza la profundidad de 4-6 m. El material medio se encuentra intercalado y en forma de pequeños lentes en los materiales densos-semiduros y en los materiales muy densos-duros, en la zona central del perfil, correspondiente al sector donde se ubican los edificios de la Escuela de Química (Facultad de Ciencias), Farmacia y Metalurgia. Hacia la zona del HUC y hacia el sur del perfil, en el sector correspondiente al Metro la zona se caracteriza por la presencia de material muy denso-duro y rígido.

Hacia el norte del perfil, se tiene una columna de material únicamente rígido reposando directamente sobre el esquisto que constituye la base rocosa, específicamente en las perforaciones # 2 y # 5 (tomando en cuenta que entre estas perforaciones se tiene un cambio de escala).

El nivel freático sólo fue detectado en cuatro perforaciones alcanzando las profundidades mostradas en la Tabla 17.

Tabla 17. Tabla indicativa de la profundidad del Nivel Freático en las perforaciones presentes en el perfil V10

Nº de la Perf	Profundidad del Nivel Freático (m)
69	6
275	6,2
276	7
268	5,2

En general el perfil muestra materiales rígidos hacia el extremo norte del perfil en el sector del HUC, material denso-semiduro y muy denso-duro encontrándose intercalaciones de material medio en la parte central y hacia el sur y presencia de material rígido hacia las mayores profundidades alcanzadas por las perforaciones, y hacia el extremo más sur del perfil se muestran materiales muy densos-duros a rígidos.

De norte al sur se observa el predominio de material fino de baja plasticidad, apareciendo material gravoso localmente en la perforación # 39, haciéndose más arenoso en la perforación # 51. En el extremo sur del perfil, en la perforación # 276, aparece nuevamente material gravoso.

De igual manera, se realizaron 2 perfiles paralelos entre sí y aproximadamente perpendiculares a la dirección del río Guaire, con orientaciones de N62E. Estos son G2 y G5, los cuales se describen a continuación:

#### 6.9.4. PERFIL G2

Este perfil se encuentra hacia el extremo norte, y muestra la litología y correlación de los estratos correspondientes a las perforaciones mostradas en la Tabla 18.

Tabla 18. Perforaciones usadas para la realización del perfil G2

Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)	Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)
25	15	83	15
*30	8	*77	15
2**	40	*116	15
*5**	24	117**	33
24	12	124	16
*23	14	118**	30
42	10	139	16
87	15	*174	9
86	16	208	11
90	14	203	7
81	15	*198	15
75	15	216**	30
	79	15	

\*Perforaciones con cambio de escala

\*\*Perforaciones que llegan a la profundidad de la roca

Se observa una topografía irregular con ascensos y descensos a lo largo del mismo, mostrando variaciones de las cotas entre 877 m como máxima hacia el oeste el sector del Estacionamiento detrás del HUC, (perforaciones # 2 y # 5); y sus mínimas cotas se encuentran predominantemente distribuidas hacia el este del perfil.

El material de relleno, esta compuesto por material proveniente del esquisto cuarzoso y calcáreo, localizado en la parte oeste y central del perfil con espesores que varían aproximadamente de 1 a 4 m de profundidad. En el sector correspondiente a las perforaciones # 90 hasta la # 77, se observa un relleno continuo suprayacente a material

denso-semiduro; mientras que el relleno localizado en el extremo oeste se encuentra sobre material rígido.

El material del subsuelo está constituido por sedimentos cuya compacidad y consistencia se clasifica como media, densa-semidura, muy densa-dura y rígida. El material suelto-blando está presente en forma de lentes, en la parte central del perfil y hacia el este del mismo; estos lentes se encuentran principalmente hacia las mayores profundidades alcanzadas por cada perforación. Se encuentra un bolsón de 4 m de profundidad desde la cota del terreno, localizado hacia el extremo este, específicamente en las perforaciones # 203 y # 198 correspondientes a la zona aledaña a la Escuela de Artes y Estadística y al complejo de Piscinas.

El nivel freático fue detectado únicamente en dos perforación en el perfil, los cuales se muestran en la Tabla 19 con su profundidad respectiva a la cual se detecto el agua subterránea.

Tabla 19. Tabla indicativa de la profundidad del Nivel Freático en las perforaciones presentes en el perfil G2

Nº de la Perf	Profundidad del Nivel Freático (m)
116	13,3
118	6

El subsuelo en general está constituido por un predominio de material denso-semiduro, localizándose hacia el extremo oeste material rígido, intercalado con un bolsón de 6 m de profundidad, el cual se encuentra suprayacente a la masa rocosa. Hacia el extremo este del perfil se tiene intercalación de material medio, denso-semiduro y muy denso-duro.

Desde el extremo oeste hasta la perforación # 23, el perfil se caracteriza por presentar materiales finos de baja plasticidad con la presencia de un bolsón de material fino compresible, posteriormente, a lo largo de todo el perfil se tiene material arenoso en contacto con los finos de baja plasticidad, encontrándose en aproximadamente la misma

proporción, haciéndose más grueso hacia el extremo este, debido a la presencia de material gravoso. En la perforación # 83 hay presencia de finos con alta plasticidad.

#### 6.9.5. PERFIL G5

Este perfil se encuentra hacia la parte sur del mapa, y contempla un gran número de perforaciones mostrando su litología y su correlación correspondiente. Las planillas de perforación utilizadas para la realización de este perfil se listan en la Tabla 20.

Tabla 20. Perforaciones usadas para la realización del perfil G5

Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)	Nº de la Perf	Profundidad de la Perf (m)
*32	13	152	15
36	13	188	7
*39	13	159	15
*268	20	270	26
*276	28	137	16
51	20	179	15
69	21	184	15
53	20	236	30
67	20	141	16
*275	25	260	20
273	27	130	16
98	15	230	30
91	15	240	28
94	15	220	17
96	15	245	30
100	15	223	29
272	25	219	18
102	15	235	15
*104	15	226	30
155	15	257	15
271	27	222	29
171	15	218	15
163	12	*255	15
165	15	248	14
173	15	251	14

\*Perforaciones con cambio de escala

En el perfil G5 se realizaron siete cambios de escala entre las perforaciones que se presentaron muy distantes, las cuales se encuentran hacia el oeste del perfil. Las cotas de las perforaciones varían desde el extremo oeste del perfil con valores aproximados entre 870 m y 863 m hasta la zona central del perfil donde las cotas se mantienen entre 862–861 m disminuyendo a medida que se avanza hacia el este hasta alcanzar valores de 859 m.

A lo largo del perfil se encuentra material de relleno esquistoso arenoso y arcillolimoso, con presencia de fragmentos duros de esquistos y cuarzo. La perforación # 268, localizada al oeste del perfil, tiene presencia de materia orgánica en su material de relleno.

Cabe destacar que ninguna de las perforaciones contenidas en este perfil llegan a la profundidad de la masa rocosa, debido a que la máxima profundidad alcanzada por las mismas es de 30 m, la cual es inferior a la masa rocosa presente en la zona.

El material presente en el subsuelo varía desde suelto-blando hasta rígido. El material suelto-blando, se encuentra en forma de lentes que van desde delgado hasta gruesos, alcanzando espesores de hasta 7 m, como es el caso de la perforación # 255 correspondiente al Estadio Universitario de Béisbol, donde el lente arenoso va aumentando el tamaño de sus granos a medida que se avanza en profundidad. Los lentes presentes son principalmente de material arenoso, pero se encuentran también localizados lentes blandos limosos y arcillosos en las perforaciones # 223 y # 179.

El nivel freático fue detectado en las perforaciones expuestas en la Tabla 21 alcanzando niveles variables de profundidad entre 2,45 m y 8,5 m.

Tabla 21. Tabla indicativa de la profundidad del Nivel Freático en las perforaciones presentes en el perfil G5

Nº de la Perf	Profundidad del Nivel Freático (m)	Nº de la Perf	Profundidad del Nivel Freático (m)	Nº de la Perf	Profundidad del Nivel Freático (m)
268	5,2	272	5,5	230	5,6
276	7	271	8,5	240	5,5
69	6	270	6,1	220	2,45
275	6,2	236	6	219	4,1
273	7,15	260	6,5	226	5,64

El perfil muestra una intercalación de materiales de compacidad y consistencia media, densa-semidura, muy densa-dura y rígida, encontrándose los más resistentes hacia las mayores profundidades de cada perforación, a partir de 10 m aproximadamente.

En general se tiene material fino de baja plasticidad, intercalándose con material arenoso a medida que se avanza de oeste a este. En las perforaciones # 272, # 184 y # 255 hay un aumento en la granulometría y se agrega a la secuencia material gravoso.

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1. GEOLÓGICAS

a.- La sedimentación en CUC en el sector sur está originada por la actividad fluvial del río Valle en el pasado geológico. No obstante; el borde de la zona está enmarcado por la unidad de roca, representada por las laderas del Jardín Botánico y Sierra Maestra.

b.- La litología rocosa que aflora en la CUC está representada por una zona caracterizada por un predominio de esquistos calcáreos – cuarzosos – micáceo, donde se exponen desde poco a muy meteorizado. Existe presencia local de grafito hacia el noroeste de la zona.

c.- La hidrografía de CUC esta conformada por los ríos Guaire y Valle, y dos pequeñas quebradas; el análisis fotogeológico realizado a los mismos en fotografías del año 1936, 1951 y 2000, muestran que el río Guaire no ha sufrido grandes cambios en su trayectoria original, ya que sólo se aprecia un pequeño desplazamiento hacia el sur, debido a su canalización. En el río Valle, si se aprecia que fue modificado durante su canalización, debido a una rectificación del cauce.

d.- La CUC no sufrió grandes movimientos de tierra durante su construcción, ya que sólo se hicieron algunos cortes para el desplante de las edificaciones, sin afectar las pendientes generales originales.

e.- De acuerdo con interpretación fotogeológica, se asume que en época contemporánea no se encuentra evidencia alguna, de que los ríos hayan atravesado la CUC en los últimos 60 años por lo menos.

## 7.2. GEOTÉCNICAS

a.- La Ciudad Universitaria de Caracas esta fundada sobre suelos aluviales de espesor variable que va desde los pocos centímetros hasta 60 m. El basamento rocoso al igual que la zona de relieve alrededor esta compuesto por un manto rocoso de tipo esquistoso calcáreo cuarzoso. El aumento progresivo del espesor de aluvión condiciona el comportamiento geotécnico y sismogeotécnico y regula la interacción de las edificaciones con su suelo de fundación.

b.- La estimación de los periodos de vibración natural de los suelos indica la presencia de suelo de bajo periodo interactuando con edificaciones donde igualmente predominan los periodos cortos. Esta condición debe ser analizada con mayor detalle y debe ser materia de consideración de primer orden cuando se realicen proyectos de reforzamiento estructural o cuando se planifiquen nuevas estructuras.

c.- La abundante información geotécnica recopilada proveniente de los estudios geotécnicos para la construcción de edificaciones en la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC), permitió la elaboración de una base de datos, la cual favoreció acometer las siguientes investigaciones:

- Definir perfiles de la masa del suelo en cada edificio del área estudiada, a fin de establecer espesores de los diferentes estratos, ubicación de los mismos, continuidad del área explorada y variaciones de las propiedades físicas del subsuelo.
- Determinar la geometría y espesor de sedimentos de la semicuenca, en la cual la profundidad de su base rocosa estima encontrarse al pie del Jardín Botánico y del Cerro Sierra Maestra aproximadamente a 0 m, y se va profundizando al sureste hasta alcanzar aproximadamente 60 m.

- Estimar los períodos de vibración natural de los suelos que constituye el campus de la Ciudad Universitaria de Caracas los cuales varían de 0,2 a 0,4 s.

e.- Una comparación del periodo de vibración de las edificaciones de la CUC las cuales presentan un período estimado de vibración entre 0,2 s y 1,3 s, pone en evidencia que se debe poner atención a las edificaciones bajas con 2 o menos plantas, debido a que el período estimado de vibración natural del suelo coincide con dichas edificaciones.

f.- De acuerdo con los resultados estimados del período de vibración natural de los suelos y el período de vibración de las edificaciones, estimamos que la CUC presenta mayor probabilidad de ser afectada por sismos cercanos a intermedios.

g.- Acorde con las conclusiones anteriormente descritas, se consideran de particular importancia los edificios de la Facultad de Humanidades, Departamento de Química de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura, Escuela de Bioanálisis-Bioterio, Comedor Universitario, Facultad de Ingeniería Mecánica y el edificio de Postgrado de Derecho; ya que presentan períodos estimados de vibración del suelo y de las estructuras con los mismos valores. Otras edificaciones cuyos valores estimados de vibración del suelo y de las estructuras se presentan cercanos son: el edificio del Decanato de la Facultad de Medicina, Medicina Tropical y los edificios de Ingeniería Sanitaria e Hidráulica

h.- Tomando en cuenta los resultados la profundidad de la base rocosa y la velocidad de onda de corte, se obtiene que la respuesta dinámica del perfil de suelo y su forma espectral es S1, S2 y S2 cuyos coeficientes de corrección de aceleración horizontal son 1, 0,90 y 0,95 respectivamente, a las profundidades de < 15 m, 15 – 50 m y  $\leq 50$ ; considerando un manto de meteorización de 10 m.

i.- En cuanto a las características geotécnicas de los suelos de CUC, se tiene que los suelos son predominante densos-semiduro y rígido, caracterizado por arcillas

de baja plasticidad arenosas y arenas con alto contenido de finos de baja plasticidad.

La distribución del material de la zona de acuerdo a la compacidad y la consistencia, se muestra en la presencia de material medio, denso –semiduro hacia profundidades de 0 a 15 m, sin embargo hay presencia de material muy denso – duro para esa profundidad; mientras que para mayores profundidades hasta la base de la perforaciones se presenta un material muy denso – duro y rígido.

En general la clasificación de los suelos de la CUC, indican un predominio de materiales cohesivos formado por: finos de baja plasticidad, y muchos bolsones de suelos granulares como arenas limosas típicas de ambientes aluviales.

## 8. RECOMENDACIONES

- a- Se deben estimar con mayor precisión los periodos de vibración de las edificaciones para compararlos con los periodos de suelos estimados en este trabajo de grado.
  
- b- Se recomienda una campaña de mediciones experimentales de los periodos de suelos para compararlos con los estimados por los métodos empíricos.
  
- c- Dar prioridad a evaluaciones estructurales de las edificaciones donde su suelo de fundación coincida con el periodo de la estructura.
  
- d- Todos los estudios generados en esta tesis y en otras investigaciones pertinentes deberían ser montadas en un sistema de información geográfico (SIG) para permitir el ordenamiento sistemático y la correlación de variables.
  
- e- Un estudio de la variación de los niveles de agua freática en el subsuelo de Ciudad Universitaria de Caracas es importante para verificar las tendencias que puedan cambiar el comportamiento de los suelos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Aguerrevere S. E. y Zuloaga G. (1937) Observaciones geológicas en la parte Central de la Cordillera de la Costa, Venezuela. Boletín Geológico y Minero. Caracas, 1(2-4): 8-24 p.

Aguerrevere S. E. y Zuloaga G. (1938) Nomenclatura de las formaciones de la parte central de la Cordillera de la Costa, Boletín Geológico y Minero. Caracas, 2(2-4): 281-284 p.

Bell J.S. (1971) Gravity sliding and trough migration in the central part of the Venezuelan Coast Ranges. Transactions of the Caribbean Geological Conference Memorias - Conferencia Geológica del Caribe, 5 (5): 113 p.

Bellizzia A. (1972) Sistema Montañoso del Caribe, borde sur de la placa Caribe. ¿Es una cordillera alóctona? En C. Petzall (Edit.), Mem. VI Conf. Geol. Caribe, Margarita, 247-258 p.

Borde J. (1960) Las incidencias cataclísmicas en la morfología de los Andes de Santiago: Inf. Geográficas X, I, 7-25, Universidad de Chile

Bucher (1952) Geologic structure and orogenic history of Venezuela. Geol. Soc. Amer., Mem. 49, 113 p.

Dengo G. (1951) Geología de la región de Caracas. Boletín Geológico. Caracas, 1(1): 43 – 115 p.

Espinal R. (1955). Estudio de suelos del área donde se construyó la Dirección de Deporte/Gimnasio.

Espinal R. (1955). Estudio de suelos del área donde se construyó la Piscina de clavados. Archivador 15, Gaveta C, N° 8.

Espinal R. (1955). Estudio de suelos del área donde se construyó la Piscina Olímpica. Archivador 15, Gaveta C, N° 8.

Ferrer D. F y Cluff L. S. (1970) Observaciones de Ingeniería de Suelos e Ingeniería del Sismo de Caracas: Boletín Sociedad Venezolana de Mecánica de Suelos e Ing. Fund. N° 35.

Galavis L. E. (1983) Informe final del estudio de suelos en el tramo Plaza Venezuela – Los Símbolos (línea III). Metro de Caracas.

García I. L. (1967). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio Faces, Escuela de Economía.

García I. L. (1970). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio Faces, Escuela de Economía.

García I. L. (1973). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio del Decanato de la Facultad de Medicina

Geotécnica de Venezuela, C.A. (1975). Estudio de suelos del área donde se construyó el Estacionamiento detrás de del Hospital Clínico.

Geotécnica de Venezuela, C.A. (1979). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Metalurgia.

González de Juana C.; J. Iturralde de Arozena y X. Picard. (1980) Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Caracas, Ediciones. Foninves, 2 tomos. 1031 p.

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (1981). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Metalurgia. UCV

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (1993). Estudio de suelos del área donde se construyó la Escuela de Ingeniería Mecánica. UCV

José Pérez Guerra y Asociados. (1981). Estudio de suelos del área donde se construyó el Estadio de Fútbol.

José Pérez Guerra y Asociados. (1981). Estudio de suelos del área donde se construyó la Plaza Universitaria Simón Bolívar.

José Pérez Guerra y Asociados. (1981). Estudio de suelos del área donde se construyó el Estacionamiento de los Estadios.

López E. (1949). Estudio de suelos realizado en terreno donde se construyeron las Residencias Estudiantiles. Archivador N° 3, Gaveta D, N° 81.

López E. (1949). Estudio de suelos del área donde se construyó la Escuela de Química en Ciencias.

López E. (1949). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Medicina Tropical.

López E. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Ingeniería Básica. Archivador 18, Gaveta A, N° 2

López E. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Ingeniería Eléctrica. Archivador 18, Gaveta C, N° 43.

López E. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio del Comedor. Archivado 8, Gaveta C, N° 31.

Madera G.A. (1971) Fundamnetal Period and Amplification of Peak Acceleration in Layered systems. Research Report R70-37. Dept. of Civil Engineering M.I.T. Cambridge, Mass

Maresch W.V. (1974) Plate tectonics origin of the Caribbean Mountains system of northern South America: discussion and proposal. Geol. Soc. Amer., Bull., 85(5): 669-682 p.

Martínez Consultores S.A. (1987) Proyecto de canalización del río Valle. Caracas

Méndez C. R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio del Rectorado, Auditorio, Museo y Biblioteca Archivo N° 17, gaveta C, N° 3 y 27.

Méndez C. R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Ingeniería Sanitaria.

Méndez C. R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Arquitectura. Archivador 13, Gaveta C, N° 89.

Méndez C. R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio del Laboratorio de Química. Archivado 18, Gaveta C, N° 25.

Méndez C. R. (1950). Estudio de suelos del área donde se construyó el Estadio Universitario de Béisbol. Archivador 15, Gaveta C, N° 15.

Méndez C. R. (1951). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Humanidades. Archivador 13, Gaveta B, N° 14 Y 15.

Méndez C. R. (1951). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Laboratorio de Física. Archivador 18, Gaveta C, N° 17.

Méndez C. R. (1953). Estudio de suelos del área donde se construyó la Piscina Olímpica. Archivador 15, Gaveta B, N° 7.

Méndez C. R. (1953). Estudio de suelos del área donde se construyó las Gradass Olímpicas. Archivador 15, Gaveta B, N° 7.

Méndez C. R. (1953). Estudio de suelos del área donde se construyó el Reloj. Archivador 17, Gaveta D, N° 17.

Menéndez V. A. (1966) Tectónica de la parte central de las montañas occidentales del Caribe, Venezuela. Boletín Geológico. Caracas, 8(15): 116-139 p.

Muñoz J. y Singer A. (1977) Sedimentos lacustres en el Valle de Caracas y su importancia geotécnica. V congreso geológico venezolano. Ministerio de Energía y Minas. Sociedad venezolana de geólogos. Memoria tomo IV. 1743-1748 p.

COVENIN 1756-98. (2001). Edificaciones sismorresistentes. Fondonorma, Caracas, 113 p

Ostos M. (1990) Evolución tectónica del margen sur-central del Caribe basado en datos geoquímicos. Geos, Caracas, (30): 1-294.

Pardo, Proctor, Freeman y Mueser. (1945) Estudio de suelos del terreno donde se construyó el Hospital Clínico.

Pardo, Proctor, Freeman y Mueser. (1945). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio del Instituto Anatómico.

Pardo, Proctor, Freeman y Mueser. (1945). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Medicina Experimental.

PARKO. (1996). Perforación de tres pozos de aguas.

PROCONSUE, S.A. (1957). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Farmacia. Archivador 5, Gaveta C, N° 81.

PROCONSUE, S.A. (1952). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Comunicaciones. Archivador 6, Gaveta D, N° 114.

Quintana T. (1956). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Farmacia.

RORCA. (1979). Estudio de suelos del área donde se construyó el edificio de Tránsito.

Suayama *et.al.* (1984) Delineation of structures in Alluvium and Dilluvium using SH-wave reflection and VSP methods, Trans. 45 th SEG Meeting, 165-179 p.

Seed H.B., Idriss I.M. y Dezfulian H. (1970.) Relaciones entre las condiciones del suelo y el daño a edificios durante el sismo de Caracas del 29 de julio de 1967. (bilingüe) Report N EERC70-2. EERC. Berkeley.

Seiders V. M. (1965) Geología de Miranda central. Boletín Geológico. Caracas. 6(12):298-461 p.

Seismograph Service Corp of Delaware, (1948). Perforación de un pozo de agua.

Singer A. (1977) Tectónica reciente, morfogénesis sísmica y riesgo geológico en el graben de caracas: Seminario de riesgo geológico, O.E.A. –Funvisis\_UCV, Caracas, 41 p

Smith R. J. (1952) Geología de la región de Los Teques-Cúa. Boletín Geológico, Caracas. 2(6): 333-406 p.

Thoms, H.W y Dallmus (1961) Water for industry: Bol. Informativo, Asociación Venezolana de geología minas y petróleo, volumen 4, #3, 83-93 p.

Ugas C.T (1985) Ensayos de Laboratorio en Mecánica de suelos Discusión – Evaluación y Procedimiento.

Urbani F. (1988a) Algunos complejos de rocas metaígneas en la Cordillera de la Costa. Revista de la Facultad de Ingeniería, UCV, Caracas, 3(2): 22-31 p.

Urbani F. (1988b) El gneis de Cabriales, Carabobo (resumen). Acta Científica Venezolana, 30(sup. 1): 41 p.

Urbani F. y Ostos M. (1989) El Complejo Ávila, Cordillera de La Costa, Venezuela. Geos, UCV, Caracas, (29): 205-217 p.

Urbani F. a y b (1989) Observaciones sobre la edad del Gneis de Sebastopol y el Para-Gneis de la Mariposa, Distrito Federal = Age of the Sebastopol Gneiss and the Mariposa Paragneiss, Federal District. Geos, 29, 278-280 p.

Urbani F. (1997) Edades de radiocarbón en un depósito de Guano de la cueva Ricardo Zuloaga, Venezuela: posible evidencia de un sismo de gran magnitud. Primeras jornadas de sismicidad histórica en Venezuela: Programa y Resúmenes, 49-50 p.

Wehrmann M. (1972) Geología de la región de Guatire-Colonia Tovar. III Congreso Geológico Venezolano. Tomo IV. 2093-2121 p.

Wehrmann M. (1977) Guía de la Excursión Geológica del V Congreso Valle y Colinas de Caracas. V Congreso Geológico Venezolano. Tomo V. p 68-69

Weston Geophysical Inc. 1970

Wolcott, P. P., (1943). Fossils from metamorphic rocks of the Coast Range of Venezuela. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., 27: 1632 p.