



RECTOR  
JOSÉ MARÍA TOJEIRA, S.J.

SECRETARIO GENERAL  
RENÉ ALBERTO ZELAYA

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
EMILIO JAVIER MORALES QUINTANILLA

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
ROBERTO MAURICIO MERLOS LAÍNEZ

DIRECTOR DEL TRABAJO  
JOSÉ ALEXANDER CHÁVEZ HERNÁNDEZ

LECTORA  
MARY PATRICE MÉNDEZ DE HASBUN



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios creador del universo y dueño de nuestras vidas que nos dio la fortaleza y paciencia para afrontar los obstáculos que se nos presentaron en todo nuestro recorrido.

A nuestros padres, por enseñarnos principio, darnos su amor y el apoyo incondicional en cada paso que dimos durante toda nuestras vidas.

A los Ingenieros José Alexander Chávez Hernández y Mary Patrice Méndez de Hasbun por haber sido unas guías importantes en la conducción de este trabajo, estando siempre dispuestos a ayudarnos.

A Celina Cruz de OPAMS, el Geólogo Walter Hernández de SNET, el Geomorfólogo Jiri Sebesta de Servicio Geológico Checo y el Ingeniero Geólogo Svatoslav Chamra de la Universidad Checa Técnica de Praga por el aporte de sus conocimientos en la investigación de este trabajo de graduación.

Queremos agradecer de manera muy especial al Ingeniero José Carlos Hasbun y su esposa que siempre nos brindaron su amistad, consejos y apoyo incondicional durante toda la carrera.

De igual forma agradecerle a los Ingenieros Néstor España y Marcos Rivas, a los Técnicos Tania y Julio, Gladis, la niña Ceci, don Martín, niña Elida Barrios por su amistad y palabras de aliento en los momentos difíciles de nuestras vidas universitaria.

También queremos agradecerles a todos los catedráticos que nos brindaran su tiempo y conocimientos.

Por último pero no menos importantes, queremos agradecerles a todos nuestros amigos que han estado con nosotros y nos brindaron su apoyo durante toda nuestra carrera.

**Berta Molina.**

**Giovanni Pérez.**

**Mauricio Vásquez.**





## DEDICATORIA

Primeramente dedico este logro a Dios todo poderoso por darme la oportunidad de vivir, por su amor, fortaleza y cuidados en cada momento de mi vida y por mostrarme que el éxito no es algo exclusivo de un grupo de personas en específico, sino para todo aquel (que, siguiendo sus pasos) ponga su corazón en él.

A mi hijo, que a pesar de su corta edad supo comprender el porqué su mamá no podía estar con él todo el tiempo. Gracias Bebe por tu apoyo, comprensión y por darle sentido a mi vida; tú eres lo que me dio fuerzas para sobrepasar muchos obstáculos en mi carrera. Al padre de mi hijo, ya que sin su apoyo esto no hubiese sido posible.

A mi madre por demostrarme que todo es posible si nos tomamos de la mano de Dios y dejamos que él sea quien guíe nuestras vidas. Por su sacrificio, empeño, fortaleza, comprensión, confianza y por su amor y amistad incondicional, porque sin su apoyo no hubiese sido posible terminar mi carrera. También a mi abuelita por sus oraciones las cuales han sido de mucha bendición en mi vida.

Agradezco de manera especial a mi hermano, que sin su ayuda no hubiera sido posible terminar mi carrera y a mis hermanas Rina, Corina y Morena por todo su apoyo y comprensión durante toda mi vida. A mis amigos Kriscia y Marcos por todo su apoyo y palabras de aliento en todo momento.

A mis asesores de tesis, Ing. José Alexander Chávez e Ing. Patrice de Hasbund, por todos los conocimientos que compartieron y por su valioso tiempo dedicado a este trabajo de tesis. También al Geol. Walter Hernández y a la Ing. Celina Cruz, por su aporte, el cual fue muy valioso.

A mis compañeros de tesis, Giovanni y Mauricio, por su comprensión, paciencia, y por haber compartido tantas vivencias, en toda la etapa del desarrollo de nuestra tesis y especialmente por su amistad.

También agradezco a mis amigos Jescas, Ronald Escobar, Evenilson Coto, Mario Reyes, Adolfo, José Luis, Carlos Jovel, Luis Gallardo, René Ruiz, Elida Barrios y a todos los que por espacio no he logrado nombrar. También a mis tíos, primos, sobrinos, hermanos de la iglesia, amigos, compañeros de trabajo, compañeros de universidad y finalmente quiero agradecer a todas aquellas personas que de alguna manera hicieron posible la finalización de este trabajo y que no las he mencionado.

**Berta Maritza Molina**



## DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro en primer lugar a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más y por su infinito amor y misericordia.

A mis padres, que me han brindado su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, gracias por su amor, confianza, palabras de aliento para seguir adelante y por ser un ejemplo de superación, los quiero mucho.

A mis hermanos Bessy, Ena y Ernesto gracias por estar conmigo, por su apoyo y amistad que desde niños nos ha acompañado, a todos mis sobrinos que me alegran los ratos y en especial a Jennifer, sin dejar de lado a Lucky gracias por escucharme y apoyarme en los momentos difíciles y a toda mi familia en especial a los que ya no están aquí pero siempre me cuidaron desde arriba.

A los ingenieros Alexander Chávez y Patrice de Hasbun por su colaboración en la realización de este trabajo y por estar siempre dispuesto a dedicar parte de su tiempo, de igual forma a Ing. Celina Cruz y al Geol. Walter Hernández por su valioso aporte y tiempo dedicado. También agradecerle a todos mis catedráticos por su tiempo, por su apoyo así como por los conocimientos que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial: al Ing. José Carlos Hasbun por sus consejos y amistad brindada.

A mis compañeros de tesis Mauricio y Maritza por aguantarme y por el apoyo en nuestra formación profesional pero principalmente en el tiempo de desarrollo de este trabajo.

Gracias a mis amigos los cuales han compartido conmigo momentos buenos y malos y por brindarme su apoyo siempre: Juan Carlos, Hernán, Mario Luis, Alex, Melvin, José Luis, Luis Campos, William, Laura, Rosina, Elvira, Katya, Patty y por ultimo a mi amigo de mil batallas y casi hermano Mauricio (Matute).

Finalmente gracias a todas la persona que de una u otra forma me ayudaran a terminar esta etapa de mi vida.

**Giovanni Neftalí Pérez Henríquez.**



## DEDICATORIA

Primero quiero agradecerle a Dios todo poderoso por darme la vida, por todos los momentos de alegrías, tristeza que me ha regalado y que me han enseñado a madurar y darle el verdadero valor a cada día de mi existencia, agradecerle por regalarme un padre, una madre y tres hermanos fantásticos los mejores del mundo y también por darme la dicha de tener muchos amigos que hoy en día forman parte de mi familia.

A mi madre por amarme desde el primer momento en que me concibió, por darme la vida, por ser la primera profesora que me enseñó a dar mis primeros pasos en mis estudios, por tenerme paciencia, y sobre todo a verme dado aliento y ánimo para que no desfalleciera en los momentos más difíciles de mi vida, finalmente a ti madre por todo lo que has sido y eres conmigo te amo con todo mi corazón.

A mi padre José Roberto Vásquez por darme tanto amor, por enseñarme principios, a trabajar y sobre todo enseñarme que la mejor manera de lograr nuestros objetivos en la vida es esforzándose hasta el máximo y que ninguna meta es inalcanzable si tenemos a Dios y a nuestros familiares como guías, quiero decir de forma muy sincera que mi padre es y seguirá siendo mi mejor ejemplo a seguir, por eso y más mil gracias padre.

A mis hermanos Roberto, Pamela, Jeffry por estar siempre conmigo, por tenerme tanta paciencia, amarme, por tantas alegrías y más los amo eternamente.

Quiero agradecer de forma muy especial a señor Nefthalí Pérez que de cariño le llamo: Pa y Señora: María Julia de Pérez que con mucho respeto y cariño le llamo: Madre, por recibirme en su hogar como un hijo, darme su cariño, amor y ayudarme en los momentos difíciles de mi vida. Por todo eso y mucho más que han hecho por mí les estaré eternamente agradecido.

A mi amigo, compañero de batalla y hermano Giovanni Pérez, por brindarme su amistad, tenerme paciencia y estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida.

Dar las gracias a los Ingenieros José Carlos Hasbun y Patricia de Hasbun, por ayudarme a superar los obstáculos en mi carrera, por brindarme su amistad y cariño. Por último a mis amigos Luís, Melvin, Lucrecia, José Luís, Vannesa, Maritza, Alexander, Walter, especialmente a Ivannia Vargas por su cariño y comprensión y a todos aquellos que me ayudaron de alguna forma en mi vida gracias infinitamente.

**Mauricio Ernesto Vásquez Cerros.**



## **RESUMEN EJECUTIVO**

### **CAPÍTULO 1: INTRODUCCION.**

En este capítulo se plantea la necesidad de la caracterización geotécnica de la unidad “G” de los depósitos de Tierra Blanca Joven y de esa manera poder hacer sugerencias a tomar en cuenta para las obras de protección, presentando para ello los antecedentes e importancia de los mismos, también se expone los objetivos, límites y alcances, limitantes del tema y la descripción física de zona de estudio en la que se pueden observar frecuentemente problemas de erosión, inundación, movimientos de ladera, socavamiento, colapso de tuberías y problemas en las descargas de aguas, debido a las lluvias, sismos, escorrentía superficial en ríos y quebradas, así como, a procesos antrópicos.

### **CAPITULO 2: METODOLOGIA DE TRABAJO.**

En el capítulo 2 se hace una descripción de la metodología desarrollada para la realización de la investigación de las tefras de Tierra Blanca Joven unidad “G” de la erupción de la caldera de Ilopango. La metodología de trabajo se fundamenta en tres etapas: Recopilación de información, investigación de campo y análisis e interpretación de resultados. En las cuales se buscó información teórica de geotecnia, vulcanología, hidrología, suelos colapsables y de obras de protección. Se visitaron instituciones como Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Universidad Centroamérica “José Simeón Cañas, Universidad de El Salvador, entre otros, en la búsqueda de información y reportes que tengan que ver con el tema también se consultaron páginas web y bibliografía especializada, esta última fue de mucha importancia para profundizar en los temas.

### **CAPITULO 3: GEOLOGIA.**

En este capítulo se habla de una manera general de la geología de El Salvador, también se aborda la geología y estratigrafía del Área Metropolitana de San Salvador, así como, la geomorfología de la zona de estudio. Asimismo se menciona de forma breve la vulcanología y los diferentes tipos de actividad eruptiva, ya que para conocer los depósitos, primero se debe comprender el tipo de erupción, así como los agentes externos que interactúan al momento de la misma, debido a que estos varían de manera considerable de un tipo de erupción a otra. La erupción que dio origen las tefras de Tierra Blanca Joven, se definió como una pliniana, esta se caracteriza por su alto grado de explosividad, lo cual hace que libere una gran cantidad de energía en pocos segundos y ocurre como respuesta a la despresurización violenta de una cámara magmática, en diferentes pulsos eruptivos, lo cual hace que el material expulsado presente formas, tamaños y propiedades



diferentes. En este apartado también se describen los diferentes tipos de depósitos de la Tierra Blanca Joven los cuales son A, B, C, D, E, ignimbritas Alfa y Beta, F y G desde la mas profunda hasta la mas superficial donde cada unidad presenta sus propias características físicas y propiedades mecánicas, posiblemente por esta razón es que existen discrepancias en los valores obtenidos de estudios realizados con anterioridad en Tierra Blanca Joven, debido a que no se sabe con exactitud en qué unidad se realizaron las pruebas geotécnicas. Los materiales característicos de la unidad “G”, son flujos piroclásticos, piróclastos de caída y oleadas piroclásticas, en los flujos se encuentra abundante presencia de pómez, líticos y en ocasiones también se puede ver lapilli acresional, característica de los piróclastos de caída.

#### CAPITULO 4. PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LA UNIDAD “G”.

Para la obtención de las propiedades geotécnicas de la unidad “G” de la erupción de la caldera de Llopango, se determino la extracción de muestras, en dos puntos dentro de la zona de estudio, que cumplieran con la característica de tener presencia de coignimbritas e ignimbrita. La nomenclatura utilizada para identificar cada uno de los puntos de muestreo, se definió de la siguiente manera: El número significa el punto de muestreo 1 ó 2 y a la letra A se le asigno a las coignimbritas y B a las ignimbritas, a cada muestra se le realizaron las siguientes pruebas: Granulometría, limite liquido, limite plástico, gravedad especifica, caja de corte, consolidación unidimensional, colapsabilidad y proctor estándar, con el fin de determinar parámetros físicos, mecánicos e hidráulicos. En las pruebas de consolidación y caja de corte se ensayaron muestras en estado natural y de saturación, con el fin de conocer el comportamiento del suelo en ambos estados; para la prueba proctor estándar se hizo con mezclas de coignimbritas e ignimbritas del mismo lugar de extracción para poder simular las condiciones en campo y también se realizaron cajas de corte en suelos compactados para poder conocer como mejoran sus propiedades al aplicarles energía de compactación. Se presenta también una condensación de todos los resultados obtenidos de los ensayos mencionados y gráficos que resumen el comportamiento de los depósitos, utilizados para el análisis de resultados. Finalmente se presentan tablas resumen en las que se muestran tanto las propiedades mecánicas como físicas para cada punto ensayados.

#### CAPITULO 5. COMPORTAMIENTO Y PROBLEMÁTICA DE LA TIERRA BLANCA JOVEN, UNIDAD “G”, OBRAS DE PROTECCION.

En el capítulo 5 se aborda los diferentes tipos de problemas que presenta la unidad “G” de la Tierra Blanca Joven, como lo son: Sismos, lluvias, procesos antrópicos, ruptura de tuberías y la erosión entre otros. Así como también los dos mecanismos de rupturas observados en estos depósitos, el primero definido como una estructura laminar paralela al talud y el segundo en forma de bloque (tipo ventana). Este material es colapsable, efecto que se ve evidenciado en las diferentes obras de

protección y por la inclusión de agua a causa de la época lluviosa o por el colapso de tuberías. También se presentan los puntos de monitoreo y la descripción de los cambios más relevantes durante el periodo de visitas comprendido en los meses de Mayo a Julio del 2009. Debido a las características mencionadas anteriormente y a lo observado en campo, se presentan sugerencias de mitigación y las diferentes obras de protecciones que de manera general se pueden clasificar en estructurales y no estructurales, las estructurales son todas aquellas soluciones constructivas que son diseñadas para resistir cargas de acuerdo a una determinada sollicitación y las no estructurales son todas aquellas soluciones constructivas que no son diseñadas para resistir cargas, ambas pueden cumplir una función de protección contra la erosión e inundación. Otro punto importante es el poder determinar el tipo de estructura a utilizar en este material, para lo cual se dan consideraciones necesarias a tomar en cuenta al momento de decidir cuál es la más adecuada.

#### CAPITULO 6. CONCLUSIONES.

Se presentan las conclusiones que surgieron del análisis de resultado y del comportamiento de estos suelos ante las diferentes problemáticas.

#### CAPITULO 7. RECOMENDACIONES.

Se exponen las recomendaciones del estudio realizado basándose en el comportamiento y características geotécnicas de la unidad "G" de la Tierra Blanca Joven, de igual forma tomando en cuenta algunas consideraciones para poder proporcionar las obras de protección que mejor se adecuen a las condiciones de cada sitio en particular.



## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
SIGLAS .....	xvii
ABREVIATURAS.....	xix
UNIDADES DE MEDIDA.....	xxi
SIMBOLOGÍA.....	xxiii
PRÓLOGO .....	xxv
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivo específico.....	4
1.3 Límites y alcances.....	4
1.4 Limitantes.....	4
1.5 Descripción física de la zona de estudio.....	5
1.6 Hidrología superficial.....	7
1.7 Topografía.....	8
CAPÍTULO 2: METODOLOGIA DE TRABAJO.....	9
2.1 Recopilación de información.....	9
2.1.1 Geología y vulcanología.....	9
2.1.2 Topografía e hidrología.....	9
2.1.3 Geotecnia .....	10
2.1.4 Estructuras de protección.....	10
2.2 Investigación de campo.....	10
2.2.1 Visitas de campo de reconocimiento general.....	11
2.2.2 Visita para selección de puntos de muestreo.....	11
2.2.3 Visitas de campo de monitoreo de obras de protección.....	14
2.3 Análisis e interpretación de resultados.....	14
CAPÍTULO 3: GEOLOGÍA .....	15
3.1 Geología de El Salvador.....	15
3.1.1 Geología del área de estudio.....	15
3.2 Estratigrafía del AMSS .....	16
3.3 Geomorfología de la zona de estudio.....	19
3.4 Vulcanología .....	21
3.4.1 Introducción.....	21

3.4.2	Características de las erupciones explosivas.....	23
3.4.3	Características de las erupciones plinianas. ....	23
3.4.4	Transporte y depósito de piroclastos.....	25
3.5	Tierra Blanca Joven (TBJ). ....	28
3.5.1	Distribución y características de la TBJ.....	30
3.5.2	Composición química de la TBJ. ....	30
3.5.3	Tipos de depósitos generados por la erupción de la caldera de Ilopango.....	31
3.5.4	Descripción de las unidades de la TBJ. ....	34
3.6	Características de la unidad “G”. ....	39
CAPÍTULO 4: PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LA UNIDAD “G” .....		45
4.1	Introducción.....	45
4.2	Diseño experimental de pruebas de laboratorio. ....	45
4.3	Programa de ensayos.....	47
4.4	Resultados y análisis de pruebas de laboratorio. ....	49
4.4.1	Clasificación visual. ....	49
4.4.2	Granulometría (método mecánico e hidrómetro).....	50
4.4.3	Límites líquido y plástico de los suelos e índice de plasticidad.....	52
4.4.4	Gravedad específica.....	53
4.4.5	Ensayo de corte directo (caja de corte).....	53
4.4.6	Prueba Proctor.....	67
4.4.7	Consolidación unidimensional. ....	68
4.4.8	Índice de colapso.....	78
4.5	Resumen de parámetros físicos y mecánicos.....	82
CAPÍTULO 5: COMPORTAMIENTO Y PROBLEMÁTICA DE LA TIERRA BLANCA JOVEN, UNIDAD “G”, OBRAS DE PROTECCIÓN Y SUS CONSIDERACIONES. ....		85
5.1	Introducción.....	85
5.2	Comportamiento y problemática que afecta la TBJ.....	85
5.2.1	Factores que afectan la TBJ.....	85
5.2.2	Mecanismo de ruptura. ....	88
5.2.3	Comportamiento de los drenajes.....	90
5.2.4	Formación de meandros.....	91
5.2.5	Llanuras aluviales. ....	92
5.3	Obras de protección visitadas en la zona de estudio. ....	94
5.3.1	Puntos de monitoreo.....	94
5.3.2	Descripción de lo observado en campo. ....	96
5.4	Obras de protección.....	99
5.4.1	Obras de protección estructurales.....	100
5.4.2	Obras de protección no estructurales.....	112

5.5	Consideraciones a tomar en cuenta para el diseño y elección de obras de protección. .	116
5.5.1	Suelos colapsables.....	118
5.5.2	Recomendaciones a tomar en cuenta para las obras de protección.....	119
	CONCLUSIONES.....	121
	RECOMENDACIONES .....	127
	GLOSARIO.....	131
	BIBLIOGRAFÍA .....	133

## ANEXOS

ANEXO A. DATOS Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO.

ANEXO B. ADICIONALES A PRUEBAS DE LABORATORIO.

ANEXO C. COMPARACIÓN DE CAMBIOS EN ZONA DE ESTUDIO MEDIANTE ORTOFOTOS.

ANEXO D. PUNTOS DE MONITOREO.

ANEXO E. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Municipios dentro del área de estudio. ....	6
Figura 1.2 Delimitación de la zona de estudio. [Google Earth, 2009].....	6
Figura 1.3 Ubicación de ríos y quebradas dentro de la zona de estudio, imagen quickbird, [OPAMSS, 2008]. ....	7
Figura 2.1 Ubicación de puntos de visitas, imagen SPOT, [OPAMSS, 2002]. ....	12
Figura 2.2. (A) talud de extracción de la muestra 1, (B) muestras inalteradas de Ignimbritas [Abril, 2009]. ....	13
Figura 2.3. (A) Muestras inalteradas de ignimbritas punto 2, (B) talud de extracción de muestra 2 [Abril, 2009]. ....	13
Figura 3.1. Mapa Geológico Simplificado [Hernández, 2004: p.22]. ....	15
Figura 3.2. Geología del área de estudio, Mapa Geológico 1:100,000, [Misión Geológica Alemana, 1978] ....	16
Figura 3.3. Estratigrafía en el AMSS [Hernández, 2008]. ....	17
Figura 3.4. (A) estratigrafía del AMSS en Qda. 7 Pilas, Ciudad Corinto, (B) afloramiento de IB y TBJ en el Blvd. Diego de Holguín, mostrando surcos de cultivos en el techo de la ignimbrita Boquerón [Hernández, 2007: p.7]. ....	18
Figura 3.5. Perfil estratigráfico de la TBJ en un talud ubicado en Arenal San Bartolo [Junio, 2009]. .....	19
Figura 3.6. Mapa geomorfológico de la zona de estudio [Sebesta, 2006]. ....	20
Figura 3.7. (A) Llanura aluvial río las Cañas, (B) relieve Badlands mostrando movimientos de laderas y erosión del río de las Cañas. [Junio, 2009]. ....	21
Figura 3.8. Diferentes tipos de volcanes y su estructura característica [Bringas et al, 2005: p. 105] .....	22
Figura 3.9. Erupción pliniana del monte Santa Helena: (A) Vista de la pluma pliniana de 19 de mayo 1980, (B) Vista de la pluma pliniana de 22 de julio de 1980 [Sigurdsson et al, 2000: p.484 - 530].	24
Figura 3.10. Estructura de una columna eruptiva [Sigurdsson et al, 2000: p.529]. ....	25
Figura 3.11. Esquema de los 3 miembros finales de los sistemas de transporte y las características de sus depósitos (en la base de la oleadas piroclásticas (surges) y el flujo esta punteado para representar la densidad de la corriente) [Sigurdsson et al, 2000: p.547 y 550] ....	26
Figura 3.12. Desarrollo de una pluma de coignimbrita por un flujo que desciende de laderas de volcán [Sigurdsson et al, .....]	28
Figura 3.13. Estratigrafía de las unidades de la TBJ, adaptado de Hart y Steen-McIntyre [Amaya et al. 2000:.....]	29
Figura 3.14. Extensión y espesor de TBJ en El Salvador. En recuadro, extensión aproximada de los flujos piroclásticos modificado de: Hart y Steen McIntyre (1983). ....	30



Figura 3.15. Piroclastos de caída con desplazamiento hacia el noroeste de la de Ilopango [Mayo, 2009].....	32
Figura 3.16. Colapso de la columna eruptiva y origen del flujo piroclástico con desplazamiento hacia el noroeste de la de Ilopango, a lo largo de antiguas quebradas y valles [Hernández, 2004: p.36].....	33
Figura 3.17. Fotografía de la Unidad A y Unidad B en un talud Ubicado en Quezaltepeque [Abril, 2009].....	34
Figura 3.18. Fotografía de ignimbrita gris de la unidad C en un talud del río de las Cañas [Junio, 2009].....	35
Figura 3.19. Fotografía de la unidad D en un talud del Río de las Cañas [Junio, 2009]. ....	36
Figura 3.20. Fotografía de la unidad E en un talud de la Qda. Arenal Seco [Junio, 2009].....	37
Figura 3.21. Fotografía de la unidad F en un talud ubicado en la calle que conduce de Ilopango a Changallo.....	38
Figura 3.22. Fotografía de la unidad F y restos de un tronco de árbol carbonizado en un talud ubicado en Nuevo Cuscatlán. ....	38
Figura 3.23. Perfil estratigráfico de los depósitos de Tierra Blanca Joven [Hernández, 2004: p.41].	39
Figura 3.24. Perfil estratigráfico de la unidad “G” en un talud ubicado cerca del primer punto de extracción de muestras [Junio, 2009].....	40
Figura 3.25. Fotografía: (A) coignimbrita, (B) lapilli acrecional [Junio, 2009]. ....	40
Figura 3.26. Fotografía: (A) ignimbritas, (B) pómez [Junio, 2009]. ....	41
Figura 3.27. Fotografía de oleadas piroclásticas (surges), [Junio, 2009]. ....	41
Figura 3.28. Fotografía mostrando material retrabajado en un talud ubicado en la calle a Huizucar [Febrero, 2009]. ....	42
Figura 3.29. Espesores de la unidad “G” en zona proximal y distal: (A) Qda. Arenal Seco, (B) Carretera que conduce hacia Quezaltepeque [Junio, 2009].....	43
Figura 3.30: (A) ausencia de la unidad “G” por proceso de erosión, (B) ausencia de unidad “G” en la urbanización Los Almendros en San Martín a causa de la terracería [Marzo, 2009]. ....	43
Figura 4.1. Esquema de ubicación de puntos de extracción de muestra [Google, 2009]. ....	48
Figura 4.2. Punto de muestreo 1-A coignimbrita.....	49
Figura 4.3. Punto de muestreo 1-B ignimbrita.....	49
Figura 4.4. Punto de muestreo 2-A coignimbrita.....	50
Figura 4.5. Punto de muestreo 2-B ignimbrita.....	50
Figura 4.6. Curva granulométrica del punto de muestreo 1-A y 2-A.....	51
Figura 4.7. Curva granulométrica del punto de muestreo 1-B y 2-B.....	52
Figura 4.8. Moldeado de la muestra en la copa de Casagrande .....	52
Figura 4.9. Moldeado de los rollitos de un 1/8 “. ....	52
Figura 4.10. Muestras retenidas en cada tamiz del punto 1-A.....	53

Figura 4.11. Superposición de gráficos de esfuerzo cortante vrs desplazamiento horizontal para coignimbritas.....	54
Figura 4.12. Superposición de gráficos de esfuerzo cortante vrs desplazamiento horizontal para ignimbritas.....	54
Figura 4.13. Gráfico de esfuerzo-deformación de la muestra 1-A.....	55
Figura 4.14. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 1-A.....	56
Figura 4.15. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 1-A.....	56
Figura 4.16. Gráfico de esfuerzo-deformación de la muestra 1-B.....	56
Figura 4.17. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 1-B.....	57
Figura 4.18. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 1-B.....	57
Figura 4.19. Gráfico esfuerzo-deformación de la muestra 2-A.....	57
Figura 4.20. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 2-A.....	58
Figura 4.21. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 2-A.....	58
Figura 4.22. Gráfico esfuerzo-deformación de la muestra 2-B.....	58
4.23. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 2-B.....	59
Figura 4.24. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 2-B.....	59
Figura 4.25. Gráfico esfuerzo-deformación de la muestra 1 (proctor).....	59
4.26. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 1 (proctor).....	60
Figura 4.27. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 1 (proctor).....	60
Figura 4.28. Gráfico esfuerzo-deformación de la muestra 2 (proctor).....	60
4.29. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 2 (proctor).....	61
Figura 4.30. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 2 (proctor).....	61
Figura 4.31. Variación de los ángulos de fricción interna de las coignimbritas.....	63
Figura 4.32. Variación de los ángulos de fricción interna de las ignimbritas.....	63
Figura 4.33. Variación de los ángulos de fricción interna de las mezclas de los puntos 1 y 2.....	64
Figura 4.34. Variación de las cohesiones de las coignimbritas.....	64
Figura 4.35. Variación de las cohesiones de las ignimbritas.....	64
Figura 4.36. Variación de las cohesiones de las mezclas de los puntos 1 y 2.....	65
Figura 4.37 Curva de peso específico vrs contenido de humedad de las muestras 1 y 2.....	67
Figura 4.38. Superposición de curvas de compresibilidad de las muestras 1-A, 1-B ensayadas en estado natural y saturado.....	70
Figura 4.39. Superposición de curvas de compresibilidad de las muestras 1-A, 1-B ensayadas en estado natural y saturado.....	72
Figura 4.40. Superposición de curvas de compresibilidad de las muestras 1, 2 ensayadas en estado Natural y Saturado.....	72
Figura 4.41. Curva de compresión para el ensayo de potencial de colapso de la muestra 1-A.....	79
Figura 4.42. Curva de compresión para el ensayo de potencial de colapso de la muestra 1-B.....	80
Figura 4.43. Curva de compresión para el ensayo de potencial de colapso de la muestra 2-A.....	80

Figura 4.44. Curva de compresión para el ensayo de potencial de colapso de la muestra 2-B.....	80
Figura 5.1. Proceso de formación de cárcava [Jaime S, 1998: p.269]. .....	86
Figura 5.2. Erosión lateral en el río Las Cañas .....	87
Figura 5.3. Erosión vertical y retrograda atrás de la LLUSA.....	87
Figura 5.4. Erosión retrograda en Qda. Arenal Seco.....	87
Figura 5.5. Cerca de la ciudad de San Martín la erosión forma un relieve tipo “bandland” [2006]....	87
Figura 5.6. Problemas de hundimientos en colonia Cumbres de San Bartolo. ....	87
Figura 5.7. Cárcava de colonia Santa Lucia en el municipio de Ilopango, mostrando el colapso del suelo y la ruptura de las tuberías [2009]. .....	88
Figura 5.8. Intemperismo, ruptura y derrumbe de la ignimbrita de la unidad “G”[Hernández, 2004: p.96]......	89
Figura 5.9. Mecanismo de ruptura en TBJ, (A) talud en intersección Av. Los Sisimiles y 33 Av. norte, San Salvador. (B) talud en río Las Cañas. [Julio, 2009].....	89
Figura 5.10. Mecanismo de ruptura tipo ventana en un talud ubicado frente a colonia Altos del Boulevard, San Salvador [Julio. 2009]. .....	90
Figura 5.11. Formación de meandros. Adaptado de: Strahler, A [1973: p.322]. .....	91
Figura 5.12. Sección transversal de río, con alturas exageradas, tomado de: [Geomorfología, 1991: p.85]......	92
Figura 5.13. Colapso de vivienda ubicada Urbanización Nuevos Horizontes en las orillas de la Qda. Arenal Seco [Agosto, 2009]......	93
Figura 5.14. Invasión de llanura aluvial en la Qda. Arenal Seco y urbanizaciones sobre superficies de badlands [Mapa geomorfológico y planimétrico, 2006]......	93
Figura 5.15. Diferentes puntos de monitoreo [Junio, 2009] .....	94
Figura 5.16. Punto de muestreo 1 [Junio, 2009]. .....	96
Figura 5.17. Punto de muestreo 2, [Junio, 2009]. .....	97
Figura 5.18. Fotografía: (A) muestra las condiciones iniciales del punto de monitoreo 3 en la Qda. Arenal Seco antes de las primeras precipitaciones [Mayo 2009], (B) muestra punto de monitoreo 3 después de la primeras precipitación, en donde se puede ver el aumento de la vegetación y la disminución de los sedimentos fluviales y desechos sólidos en la base de los gaviones [Junio, 2009]......	97
Figura 5.19. Fotografía: (A) muestra las condiciones iniciales del punto de monitoreo 4 en el río de Las Cañas antes de la primera lluvia [8 mayo 2009], (B) muestra punto de monitoreo 4 después de la primera precipitación, en donde se puede ver que los gaviones fueron arrastrados y la erosión lateral del talud [15 mayo, 2009]. .....	98
Figura 5.20. Fotografía: (A) muestra el proceso de reconstrucción del los gaviones [22mayo 2009], (B) presenta los asentamientos diferenciales en toda la base del muro de gaviones luego de haber finalizado los trabajos de reconstrucción. [Junio, 2009]......	98

Figura 5.21. Fotografía de punto de muestreo 5 en el cual se puede ver el sistema de taludes en forma de terrazas y sus sistemas de drenajes [Junio, 2009].....	99
Figura 5.22. Flujograma de obras de protección [Agosto, 2009].....	100
Figura 5.23. Obra de protección longitudinal hecha por un muro de gravedad en el cauce de la Qda. Arenal Seco, en la zona franca, San Bartolo. [Mayo 2009]. .....	101
Figura 5.24. Principales partes de un muro de gravedad en voladizo, tomado de apuntes de clase de Cimentaciones capítulo 5, sistemas de retención [2009: p.2] .....	102
Figura 5.25. Consecuencias del aumento de áreas urbanas en una cuenca.....	102
Figura 5.26. Sección transversal de reservorio para detención domiciliaria [Tucci, 2001].....	103
Figura 5.27. Sección transversal reservorio de retención colectivo. ....	103
Figura 5.28. Cuenco de retención en la ciudad de Porto Alegre, Brasil [Carmona, 2001]. .....	104
Figura 5.29. Sistema de canalización en Residencial los Almendros [Julio, 2009].....	104
Figura 5.30. Obra transversal en cause de la Qda. Arenal Seco con problemas de socavación [Mayo, 2009].....	105
Figura 5.31. Muro de gaviones en el cauce del Arenal Seco, en la urbanización Nuevos Horizontes, Ilopango. (Junio 2009).....	106
Figura 5.32. Procesos constructivos de escolleras.....	107
Figura 5.33. Características de una protección de escolleras [Martín Vide, 2002: p. 243]. .....	107
Figura 5.34. Enrocamiento en el fondo del cauce, UNICAUCA, [1991] .....	108
Figura 5.35. Tipos de espolones, tomado de Chávez y Guzmán [1987].....	109
Figura 5.36. Reforzamiento de un talud con geomallas. ....	111
Figura 5.37. Canal revestido de sistema cable concreto. ....	111
Figura 5.38. Canalización de río por medio de tablaestacas.....	112
Figura 5.39. Vista aérea de la obra de protección en cárcava, ubicada en colonia Santa Lucia, Ilopango. [Mayo, 2009].....	114
Figura 5.40. Sistema de taludes en forma de terraza escalonada, recubrimiento de vegetación, vetiver y con su sistema de drenaje, con una altura aproximada de 60m, punto de monitoreo 5 [Junio, 2009].....	115
Figura 5.41. Se dibuja en perspectiva una transición entre un muro vertical y un talud de tierras. En donde se recomienda una protección con escolleras para combatir el problema de macroturbulencia, tomado de: [Martín Vide, 2002: p. 252]:.....	120



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Cantidad de muestras alteradas e inalteradas. ....	45
Tabla 4.2. Ensayos preliminares realizados a la unidad “G” de la TBJ. ....	47
Tabla 4.3. Ensayos finales realizados a la unidad “G” de la TBJ. ....	47
Tabla 4.4. Nomenclatura de identificación de muestras. ....	49
Tabla 4.5. Clasificación visual manual del punto de muestreo 1-A coignimbritas y 1-B ignimbritas	49
Tabla 4.6. Clasificación visual manual del punto de muestreo 2-A coignimbritas y 2-B ignimbritas.	50
Tabla 4.7. Cuadro de comparación de porcentajes de distribución de partículas para las muestras 1-A, 1-B, 2-A y 2-B. ....	51
Tabla 4.8. Resultados de gravedad específica de los sólidos del suelo. ....	53
Tabla 4.9 Condiciones de las muestras 1 y 2 para ensayo de caja de corte. ....	55
Tabla 4.10. Resultado de los ensayos de caja de corte ....	61
Tabla 4.11. Variación de $\Phi$ (°). ....	65
Tabla 4.12. Variación de c (kPa). ....	66
Tabla 4.13. Valores de cohesión en arcillas [Terzaghi y Peck, 1967]. ....	66
Tabla 4.14. Resultados obtenidos de prueba proctor de ambos puntos de muestreo. ....	68
Tabla 4.15. Cantidad y tipo de muestra ensayada para consolidación unidimensional. ....	68
Tabla 4.16. Valores de relación de vacíos, $a_v$ , $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado a la muestra 1-A en estado Natural. ....	69
Tabla 4.17. Valores de relación de vacíos, $a_v$ , $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 1-A en estado saturado. ....	69
Tabla 4.18. Valores de relación de vacíos, $a_v$ , $m_v$ , E para cada esfuerzo para la muestra 1-B en estado natural. ....	69
Tabla 4.19. Valores de relación de vacíos, $a_v$ , $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 1-B en estado saturado. ....	70
Tabla 4.20. Valores de relación de vacíos, $a_v$ , $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-A en estado natural. ....	70
Tabla 4.21. Valores de relación de vacíos, $a_v$ , $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicada para la muestra 2-A en estado de saturado. ....	71
Tabla 4.22. Valores de relación de vacíos, $a_v$ , $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-B en estado natural. ....	71
Tabla 4.23. Valores de relación de vacíos, $a_v$ , $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-B en estado de saturado. ....	72
Tabla 4.24. Resumen de parámetros de consolidación para la muestra 1 y 2. ....	73
Tabla 4.25. Valores de U, $T_v$ , $C_v$ , K para cada esfuerzo aplicado para la muestra 1-A estado saturado. ....	74

Tabla 4.26. Valores de U, Tv, Cv, K para cada esfuerzo aplicado para la muestra 1-B en estado saturado.....	74
Tabla 4.27. Valores de U, Tv, Cv, K para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-A en estado saturado.....	74
Tabla 4.28. Valores de U, Tv, Cv, K para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-B en estado saturado.....	75
Tabla 4.29. Rangos típicos de márgenes de sobreconsolidación [Donald P. Coduto., 2001: p. 392]. .....	76
Tabla 4.30. Valores $\gamma_h$ , $\sigma'$ , $\sigma'_c$ , OCR y clasificación del margen de preconsolidación para los puntos 1-A, 1-B, 2-A, 2B. ....	76
Tabla 4.31. Valores máximos y mínimos de permeabilidad para las muestras 1-A, 1-B, 2-A, 2-B. .	78
Tabla 4.32. Valores de relación de vacíos para cada estado de esfuerzos de la muestra 1-A.....	78
Tabla 4.33. Valores de relación de vacíos para cada estado de esfuerzos de la muestra 1-B.....	78
Tabla 4.34. Valores de relación de vacíos para cada estado de esfuerzos de la muestra 2-A.....	79
Tabla 4.35. Valores de relación de vacíos para cada estado de esfuerzos de la muestra 2-B.....	79
Tabla 4.36. Clasificación de índice de Colapso. ....	81
Tabla 4.37. Valores de índice de colapso para las muestra ensayadas.....	81
Tabla 4.38. Resumen de resultados de parámetros físicos.....	82
Tabla 4.39. Resumen de resultados de parámetros mecánicos.....	83
Tabla 5.1. Información de puntos de monitoreo.....	95
Tabla 5.2. Función básica de materiales geosintéticos en las aplicaciones geotécnicas. ....	110
Tabla 6.1. Características físicas de la unidad “G” de la TBJ.....	122
Tabla 6.2. Propiedades mecánicas de la unidad “G” de la TBJ.....	123
Tabla 6.3. Valores de índice de colapso para las muestra ensayadas.....	123

## SIGLAS

- AASHTO American Association of State Highway Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales).
- AMSS Área Metropolitana de San Salvador.
- ASTM American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).
- CNR Centro Nacional de Registro.
- IGN Instituto Geográfico Nacional.
- OPAMSS Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador.
- SGC Czech Geological Survey (Servicio Geológico Checo).
- SPT Standard Penetration Test (Prueba de penetración estándar).
- SNET Servicio Nacional de Estudios Naturales.
- SUCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
- TBJ Tierra Blanca Joven.
- CTU Czech Technical University (Universidad Técnica Checa).
- UCA Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”.
- UES Universidad Nacional de El Salvador.
- DRE Dense Rock Equivalent (Equivalente de Roca Densa)





## ABREVIATURAS

- AM Antes de mediodía.
- CD Drained Consolidated (Consolidad-Drenada).
- DC Después de Cristo.
- Ing. Ingeniero.
- NA No aplica.
- Nat. Natural.
- ND No se puede determinar.
- Pto. Punto.
- PM Pos mediodía.
- Qda. Quebrada.
- SE Sur Este.
- SS-SM San Salvador-San Martín.
- SW Sur Oeste.
- Sat. Saturado.
- UU Undrained Unconsolidated (No consolidad- No drenada).



## UNIDADES DE MEDIDA

°C	Grados Celsius.
cm	Centímetro.
cm/seg	Centímetro sobre segundo.
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado.
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico.
g	Gramo.
g/cm <sup>3</sup>	Gramo sobre centímetro cúbico.
kg	Kilogramo.
kg.cm	Kilogramos por centímetro.
kg/cm	Kilogramos sobre centímetro.
kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramos sobre centímetro cuadrado.
kg/m <sup>2</sup>	Kilogramos sobre metro cuadrado.
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramos sobre metro cúbico.
kN/m <sup>3</sup>	Kilonewton sobre metro cúbico.
kPa	Kilopascales.
m	Metro.
m/min	Metro sobre minuto.
m <sup>2</sup>	Metro Cuadrado.
m <sup>2</sup> /kN	Metro cuadrado sobre kilonewton.
m <sup>3</sup>	Metro Cúbico.
min	Minutos.
ml	Mililitro.
mm	Milímetro.
mm/div	Milímetros sobre divisiones.
mm/min	Milímetros sobre minutos.



## SIMBOLOGÍA

- c Cohesión.
- CA1 Carretera Panamericana.
- Cc Coeficiente de compresión.
- Cr Índice de recompresión.
- Cv Coeficiente de consolidación.
- $e_i$  Relación de vacíos inicial
- $e_f$  Relación de vacíos final
- Gs Gravedad específica.
- G1 Depósitos de pómez de caída vesiculado procedentes del volcán de Sal Salvador.
- G2 Depósitos de escorias de color gris claro a gris pardo, mostrando mezcla de magmas, siendo rico en líticos basálticos rojizos densos y andesitas café amarillentas y líticos, procedentes del volcán de San Salvador.
- K Permeabilidad
- le Índice de colapso.
- N Natural.
- S Saturado.
- S3'b Rocas efusivas ácidas.
- S4 Rocas piroclásticas ácidas y epiclásticas volcánicas subordinadas; localmente efusivas (s3'b).
- TB4 Primera depositación de Tierra Blanca.
- TB3 Segunda depositación de Tierra Blanca.
- TB2 Tercera depositación de Tierra Blanca.
- Tv Factor de tiempo
- U % Teórico del grado de consolidación.
- 1A Coignimbritas del punto de extracción 1.
- 1B Ignimbritas del punto de extracción 1.
- 1-A H Muestra 1-A hidrómetro
- 1-B H Muestra 1-B hidrómetro
- 1-A M Muestra 1-A mecánico
- 1-B M Muestra 1-B mecánico
- 2A Coignimbritas del punto de extracción 2
- 2B Ignimbritas del punto de extracción. 2
- 2-A H Muestra 2-A hidrómetro.
- 2-B H Muestra 2-B hidrómetro.

- 2-A M Muestra 2-A mecánico.
- 2-B M Muestra 2-B mecánico.
- $\gamma_d$  Peso específico seco.
- $W_{opt}$  Humedad óptima.
- $\Phi$  Ángulo de fricción interna.
- $\sigma$  Esfuerzo normal.
- $\sigma_c$  Esfuerzo de preconsolidación
- $\rho_s$  Densidad seca
- $\rho_h$  Densidad húmeda
- $\eta$  Porosidad
- $\omega$  Humedad.
- “ Pulgadas.

## PRÓLOGO

### CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En el capítulo 1 se expone de manera breve la problemática y la importancia de la caracterización geotécnica de la unidad “G” de la Tierra Blanca Joven, presentándose los antecedentes, así como también los objetivos, límites y alcances, limitantes del tema, así como, la descripción física de zona de estudio.

### CAPITULO 2: METODOLOGÍA DE TRABAJO.

En el capítulo 2 se traza la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación, relatándose el tipo de información usada y los lugares visitados, el trabajo se fundamenta en tres etapas: Recopilación de información, investigación de campo y análisis e interpretación de resultados.

### CAPITULO 3: GEOLOGIA

En este capítulo se describe de una manera general la geología, la estratigrafía del Área Metropolitana de San Salvador y la geomorfología de la zona de estudio. Asimismo se desarrolla un apartado referente a vulcanología para explicar el proceso eruptivo, depósitos y transporte de las tefras, describiéndose las diferentes unidades que componen a la Tierra Blanca Joven, pero priorizando la unidad “G”.

### CAPITULO 4. PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LA UNIDAD “G”.

Se describe las propiedades geotécnicas de la unidad “G”, para lo cual se extrajeron dos muestras dentro de la zona de estudio (de cada punto de muestreo se tomo una muestra de coignimbrita y otra de ignimbrita), realizándose las siguientes pruebas de laboratorio: Granulometría, limite liquido, limite plástico, gravedad especifica, caja de corte, consolidación unidimensional, índice de colapsabilidad y proctor estándar; dicha información sirve para caracterizar y ayudar a entender su comportamiento.

### CAPITULO 5. COMPORTAMIENTO Y PROBLEMÁTICA DE LA TIERRA BLANCA JOVEN, UNIDAD “G”, OBRAS DE PROTECCION.

En el capítulo 5 se presenta el comportamiento y la problemática que afecta a la Tierra Blanca Joven, lo cual se puede observar en el Área Metropolitana de San Salvador todos los años, describiéndose lo observado en las visitadas realizadas, así como, diferentes obras de protección



existentes, lo cual sirve para dar algunas consideraciones a tomar en cuenta para proponer obras de protección en este tipo de material.

#### CAPITULO 6. CONCLUSIONES.

En este capítulo se presentan las conclusiones del trabajo de graduación.

#### CAPITULO 7. RECOMENDACIONES.

En este capítulo se presentan las recomendaciones del trabajo de graduación.

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Los depósitos de Tierra Blanca Joven (TBJ) están compuestos por una secuencia compleja de flujos piroclásticos, depósitos de caída y oleadas piroclásticas (surges) generados por la última erupción explosiva de la caldera de Ilopango, con una edad calibrada de  $430 \pm 20$  años después de Cristo (D.C.) (Dull et al., 2001). Dichos materiales se han estudiado como un depósito homogéneo, llamado comúnmente como “Tierra Blanca”, realizándose tradicionalmente pruebas geotécnicas sin distinguir en que estrato se elaboraron, generalizando con valores bibliográficos que posiblemente no sean adecuados para este tipo de material. Esta manera de entender la TBJ y el desconocimiento de sus propiedades, ha llevado a que en los últimos años exista un aumento de la problemática en los drenajes, taludes, laderas naturales y en diferentes obras civiles en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) la cual, debido al acelerado crecimiento poblacional y a estar inmersa en un área con alta recurrencia de sismos, movimientos de ladera, procesos de erosión e inundaciones hacen de este un territorio muy vulnerable, produciéndose todos los años pérdidas de vidas humanas, así como económicas, las cuales se podrían evitar conociendo el comportamiento y propiedades de los materiales geológicos existentes, así como también los patrones de drenajes, tipos de canales de los ríos y quebradas; tomando lo anterior como punto de partida para proporcionar la mejor solución a cada problema.

La TBJ desde el punto de vista vulcanológico, está compuesta por nueve unidades todas provenientes de la misma erupción pero ocurridas en diferentes fases de la misma, estas unidades fueron clasificadas en A, B, C, D, E y F [Vallance y Houghton, 1998] y años después se encontraron otras unidades de la misma secuencia: Ignimbritas Alfa y Beta y se dividió a la parte superior de la unidad F en G [Hernández, 2004], quedando conformada la TBJ por las unidades: A, B, C, D, ignimbrita alfa, E, ignimbrita beta, F y G, desde la más profunda hasta la más superficial respectivamente, donde cada unidad presenta sus propias características físicas y propiedades mecánicas, posiblemente por esta razón es que existe un amplio rango de valores obtenidos de estudios realizados con anterioridad en TBJ, debido a que no se sabe con exactitud en qué unidad se realizaron las pruebas geotécnicas.

Se ha observado también que el desconocer el comportamiento y propiedades de la TBJ hace que muchas de las obras de protección y construcciones civiles en general que están sobre este material a los pocos años estén inservibles, aumentando los costos en obras de mitigación, reparaciones, etc, (como por ejemplo la formación de la cárcava en la colonia Santa Lucía) de ahí la importancia y necesidad de enfocarse en estudios de las distintas unidades de TBJ, pero principalmente en la unidad “G” que es la más superficial y es sobre la cual están cimentadas la mayoría de obras civiles en el AMSS en la cercanía de la caldera de Ilopango.

## 1.1 Antecedentes.

Entre los estudios relacionados con TBJ, así como otros trabajos que pueden ser usados como referencia se enumeran los siguientes:

- “Mapa geológico de El Salvador”, escala 1:100,000 realizado por la Misión Geológica Alemana en 1967-1971, describe la geología e identifica el miembro s4 de la formación San Salvador constituido por (Tierra Blanca) piroclástitas acidas y epiclástitas volcánicas subordinadas. En donde el miembro s4 es el equivalente de TBJ.
- “Introducción al estudio de suelos parcialmente saturados e inicio de la caracterización de la tierra blanca del AMSS”, [Amaya et al. 2000]. En donde se realiza una introducción a los conceptos y teorías básicas de los suelos parcialmente saturados justificando a su vez el estudio de suelos de la Tierra Blanca del AMSS haciéndose énfasis en los fenómenos de succión y cementación del suelo.
- “Características geotécnicas y vulcanológicas de las tefras de Tierra Blanca Joven, caldera de Ilopango, El Salvador”, [Hernández, 2004]. Siendo este trabajo el pionero en relacionar la geología y la geotecnia en el país, a través del estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los depósitos piroclásticos de la erupción explosiva de la caldera Ilopango, determinando algunas características desde el punto de vista geomecánico de las principales unidades de la TBJ. Explica mecanismos de ruptura de acuerdo a los tipos de depósitos y analiza los factores que operan en estas unidades para que sus taludes verticales se mantengan estables, ante detonantes como lluvias y terremotos fuertes. Adicionalmente, el trabajo de campo incluyó la medida de espesores, la identificación de discontinuidades, deformaciones, texturas y estructuras de las unidades.
- “Geologic and engineering characterization of Tierra Blanca pyroclastic ash deposits”, [Rolo et al, 2004]. Según esta fuente los depósitos piroclásticos conocidos como Tierra Blanca Joven subyacen en la mayoría del AMSS y áreas circundantes del lago de Ilopango. Los depósitos de TBJ además son producto de secuencias complejas de flujos piroclásticos y de caída de la erupción de la caldera de Ilopango, entre las pruebas que se realizaron se pueden mencionar contenido de humedad, gravedad específica, granulometría, consolidación unidimensional doble, succión, etc. Describe la existencia de presión de poros negativa y cementación las cuales tienen incidencia en la estabilidad de taludes, observándose casi verticales en algunos casos y mostrando tendencia a fallar durante lluvias fuertes o actividad sísmica.

- “Diseño de estabilización de un talud y relleno de la cabecera de la quebrada el Cacao del municipio de Santo Tomás”, [Calderón y Machuca, 2005]. Este es el segundo trabajo de investigación en donde se relaciona la geología y la geotecnia. El estudio comprende la estabilización de un talud y el relleno de un botadero en la quebrada el Cacao así como la identificación de las unidades geológicas existentes, al igual que sus correspondientes parámetros geotécnicos.
- “Elaboración de cartografía geomorfológica para incorporar el análisis de riesgo en el plan de desarrollo urbano del Área Metropolitana de San Salvador”, [Sebesta, 2006]. En el cual se realiza un estudio que describe las formas de relieve “badland”, su origen y desarrollo en TBJ y además relaciona la geomorfología con los riesgos geológicos en el AMSS.
- “Mecanismo de ruptura de taludes en ignimbritas de Tierra Blanca Joven, caldera de Ilopango, El Salvador”. [Hernández, 2006]. Este hace un estudio de tefras de TBJ, el cual dice que está compuesta principalmente por oleadas piroclásticas, depósitos de flujos piroclásticos o ignimbritas y las coignimbritas asociadas. Las características de homogeneidad e isotropía de las ignimbritas de la unidad “F”, son determinantes en el mecanismo de ruptura de los taludes constituidos por dichos materiales, los cuales se derrumban por vuelco ya sean detonados por las lluvias, sismos o por acciones antrópicas.
- “Estudio geotécnico de la erupción freatomagmática del Plan de La Laguna. Antiguo Cuscatlán, La Libertad, [Marroquín y Vásquez. 2007] Este es el tercer trabajo de investigación en donde se relaciona la geología y la geotecnia. Comprendiendo un estudio de las tefras del Maar Plan de la Laguna, caracterizándolas geotécnicamente, delimitando el área de cobertura de la erupción y describiendo sus depósitos.
- “Aspectos geológicos que influyen en las agua subterráneas y en la respuesta sísmica del Área Metropolitana de San Salvador” [Hernández, 2008]. El informe detalla el avance del estudio geológico realizado en un área que abarca una superficie de 150 km<sup>2</sup> del AMSS, donde se han estudiado cortes estratigráficos sobre laderas de quebradas y ríos, excavaciones para cimentaciones y en cortes de carretera. Siendo el objetivo principal comprender la historia eruptiva y ordenamiento del espacio temporal de las estructuras volcánicas en el alrededor del AMSS, identificando la presencia de los depósitos de las erupciones de la caldera de Coatepeque, volcán de San Salvador, la caldera de Ilopango y Plan de la laguna.

## **1.2 Objetivos.**

### **1.2.1 Objetivo general.**

- Identificar las diferentes unidades que conforman la Tierra Blanca Joven, enfocándose en la caracterización geotécnica y físicas de la unidad “G” y con base a su comportamiento dar consideraciones a tomar en cuenta para recomendar obras de protección.

### **1.2.2 Objetivo específico.**

- Conocer la Tierra Blanca Joven y las diferentes unidades que la componen.
- Identificar las características físicas y propiedades mecánicas de la unidad “G” de la Tierra Blanca Joven.
- Conocer la problemática y comportamiento de la Tierra Blanca Joven, debido a procesos naturales y a procesos antrópicos.
- Proponer alternativas y consideraciones para las posibles obras de protección, con base al comportamiento de la Tierra Blanca Joven.

## **1.3 Límites y alcances.**

- De la secuencia de unidades de la TBJ, solo se estudiará la unidad “G” en la zona proximal, dentro de los municipios de Ilopango, Soyapango, San Martín y Tonacatepeque.
- La descripción del comportamiento y características físicas de la unidad “G” en taludes, laderas y obras civiles, se estudiara mediante la observación en campo e investigaciones existentes.
- Basándose en la problemática observada en el AMSS se harán sugerencias a tomar en cuenta para las obras de protección que se puedan proponer.

## **1.4 Limitantes.**

- Existen una gran cantidad de datos físicos y mecánicos de la TBJ en AMSS, pero no hay certeza en cual unidad fueron evaluados, lo cual dificultará la comparación de datos con los obtenidos en este trabajo.
- Existen escasos estudios que relacionen las propiedades físicas y mecánicas con cada una de las unidades de la TBJ, siendo necesario más estudios geotécnicos para poder caracterizarlas mejor.

- Tiempo insuficiente para realizar más pruebas de laboratorio, con lo que se lograría abarcar un área de estudio mayor, ayudando a profundizar en la caracterización (estadística) de la unidad “G” de la TBJ.
- Escaso conocimiento del comportamiento de la TBJ, características de su mecanismo de ruptura (el cual se ha estado analizando tradicionalmente como falla rotacional) e insuficiente tiempo para el monitoreo y seguimiento a obras de protección.
- El estudio de la TBJ se realizará en la época de transición de la estación seca a lluviosa, no pudiéndose observar el comportamiento en los meses más lluviosos en los cuales se incrementa la problemática.

### **1.5 Descripción física de la zona de estudio.**

Los depósitos piroclásticos de TBJ producidos por la erupción pliniana de la caldera de Ilopango cubren el AMSS; donde recurrentemente se presentan problemas de erosión, inundación, movimientos de ladera, socavamiento, colapso de tuberías y problemas en las descargas de aguas, debido a las lluvias, sismos, escorrentía superficial en ríos y quebradas, así como, a procesos antrópicos.

El AMSS está conformado por 14 municipios: San Salvador, Santa Tecla, Antiguo Cuscatlán, Ayutuxtepeque, Mejicanos, Cuscatancingo, Delgado, Apopa, Nejapa, San Marcos, Soyapango, Ilopango, San Martín y Tonacatepeque. Para la elección de la zona de estudio, se tomo parte del área proximal a la caldera de Ilopango, definiéndose entre los municipios de Soyapango, Ilopango, San Martín y Tonacatepeque donde se ha dado un amplio crecimiento urbano en los últimos años.

Entre las razones tomadas en cuenta para elegir la zona de estudio podemos mencionar que en estos municipios existen afloramientos de TBJ con espesores importantes, hay presencia de obras de protección y de los problemas usuales en los drenajes naturales debido a la intervención humana a la geomorfología natural, además, comúnmente en la unidad “G” es donde se realizan los proyectos habitacionales. La zona de estudio es de 7.5 km de largo y de 4.35 km de ancho, con un área total de 32.67 km<sup>2</sup> (ver figura 1.1).

En la figura 1.2 se muestra la zona de estudio con sus coordenadas geodésicas, se puede observar el alto crecimiento poblacional, el cual se ha desarrollado sin conocer las características geológicas, geomorfológicas y comportamiento natural del territorio, como se observa en la figura la intervención antrópica alteró la morfología existente al rellenar quebradas y realizar cortes, produciendo problemas de inundación y erosión entre otros, que además afecta los asentamientos ilegales existentes en los márgenes aguas abajo.



Figura 1.1 Municipios dentro del área de estudio.

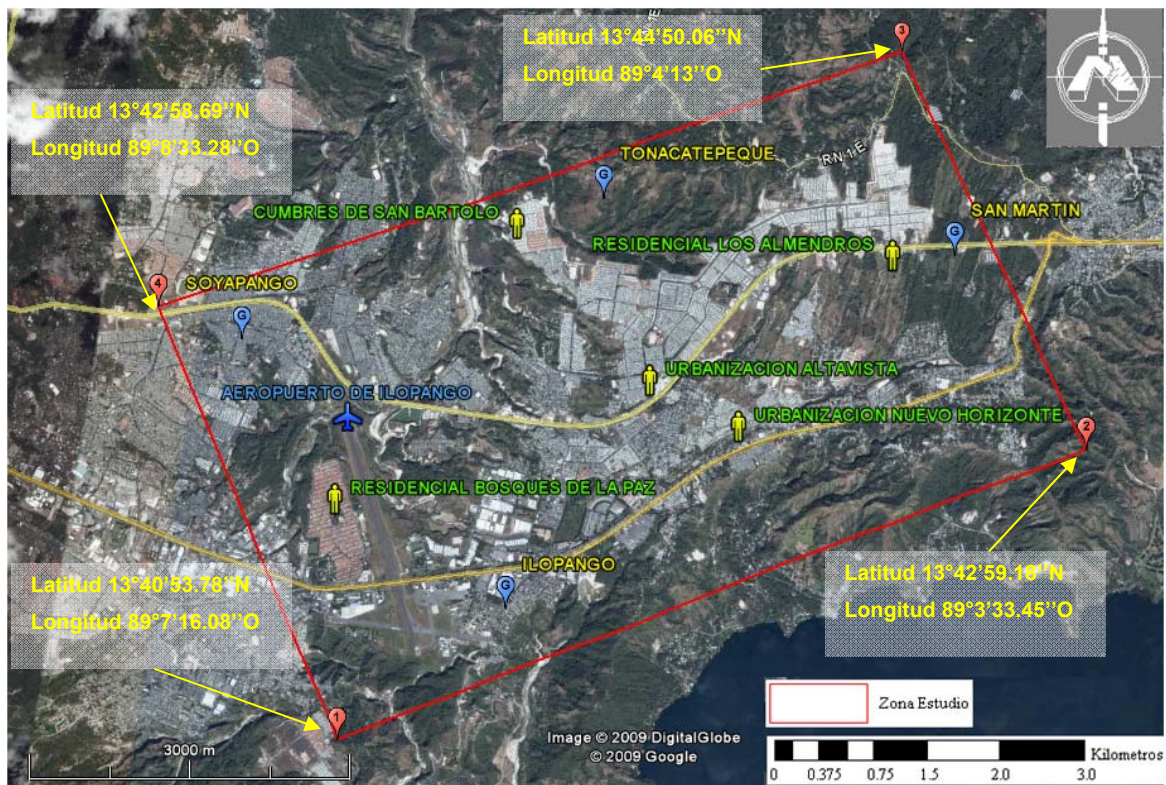


Figura 1.2 Delimitación de la zona de estudio. [Google Earth, 2009]



## 1.6 Hidrología superficial.

Dentro de la zona de estudio se pueden mencionar a los ríos Pacún y Sumpa, las quebradas Los Plátanos, Santa Lucía, Las Pavas al igual que el Arenal San Bartolo y Arenal Seco (parte de este canalizado y con un sistema de detención en las cercanías de la urbanización Los Almendros), todos estos desembocando en el río Las Cañas; también podemos encontrar el río Guilapa y el río Jutera los cuales desembocan en el lago de Ilopango. Entre los tipos de canales de drenaje que se observan hay una combinación de tipos rectilíneo, meándrico y anastomasado, estando un tramo del Arenal Seco controlado por una falla caldérica, lo mismo que algunos sectores del río las Cañas y quebrada los Plátanos donde hay fallas que los controlan estructuralmente según el mapa geomorfológico y geológico. En general el drenaje presenta un patrón de tipo dendrítico (en forma de árbol). Observándose en las visitas de campo la afección en los drenajes, causado por el cambio de uso de suelo al aumentar las superficies de reducida o nula infiltración incrementándose la escorrentía superficial, produciendo con ello un aumento considerable en los diferentes tipos de erosión, como la planar, vertical, lateral, retrógrada y subterránea. En la figura 1.3 se observa los ríos y quebradas de la zona de estudio, algunos de estos han dejado de ser estacionales, debido a que reciben aguas negras durante todo el año, teniendo un caudal constante.

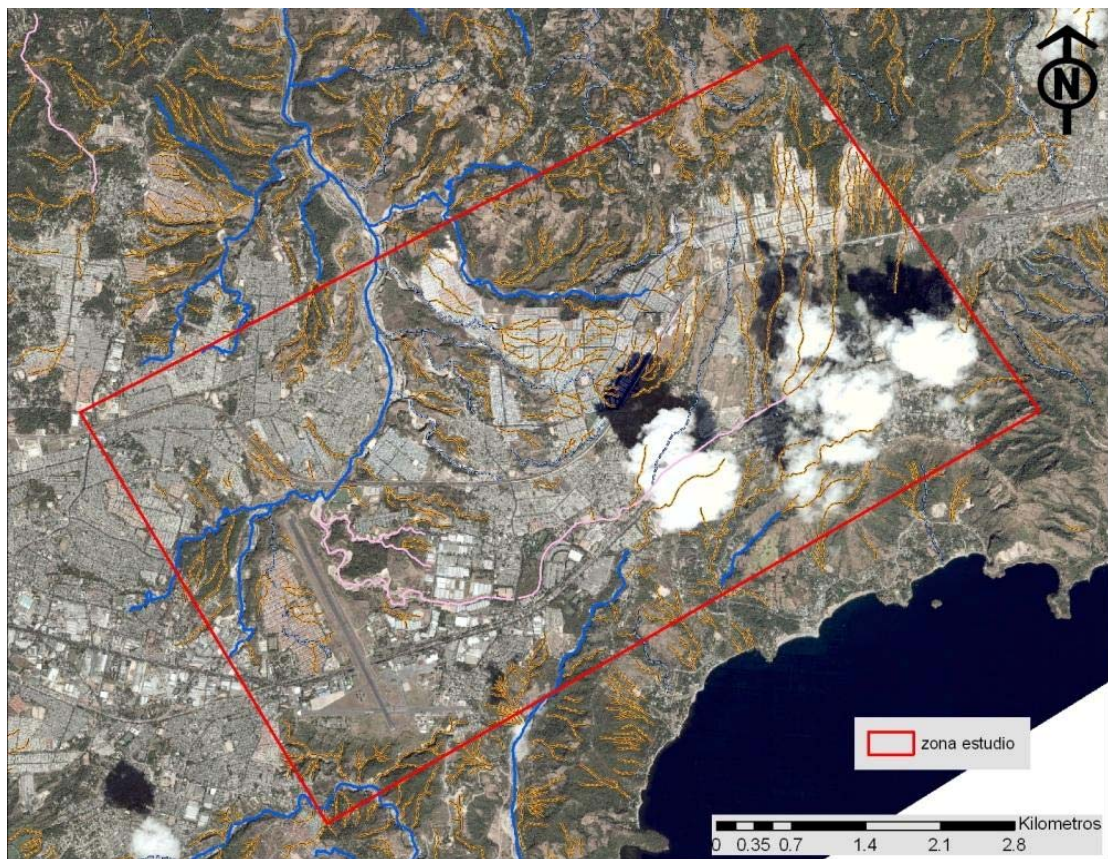


Figura 1.3 Ubicación de ríos y quebradas dentro de la zona de estudio, imagen quickbird, [OPAMSS, 2008].



## 1.7 Topografía.

En la figura 1.4 se presenta el modelo de elevación del área de estudio. Siendo una zona accidentada y con fuertes pendientes especialmente en las laderas de los drenajes, con alturas entre 600 msnm y 700 msnm, estando al noreste las partes más elevadas de la zona. Los procesos geodinámicos contemporáneos y antrópicos impactan el relieve de esta zona modificando la topografía, como se ha dado en el sector de Altavista en que se ha alterado la morfología de manera intensa, se puede esperar que continúe este comportamiento debido a la juventud del material, esto hace que exista densidad de drenaje (badlands) debido a la consistencia suave del suelo (TBJ). Al sur se encuentran las laderas de la caldera de Ilopango.

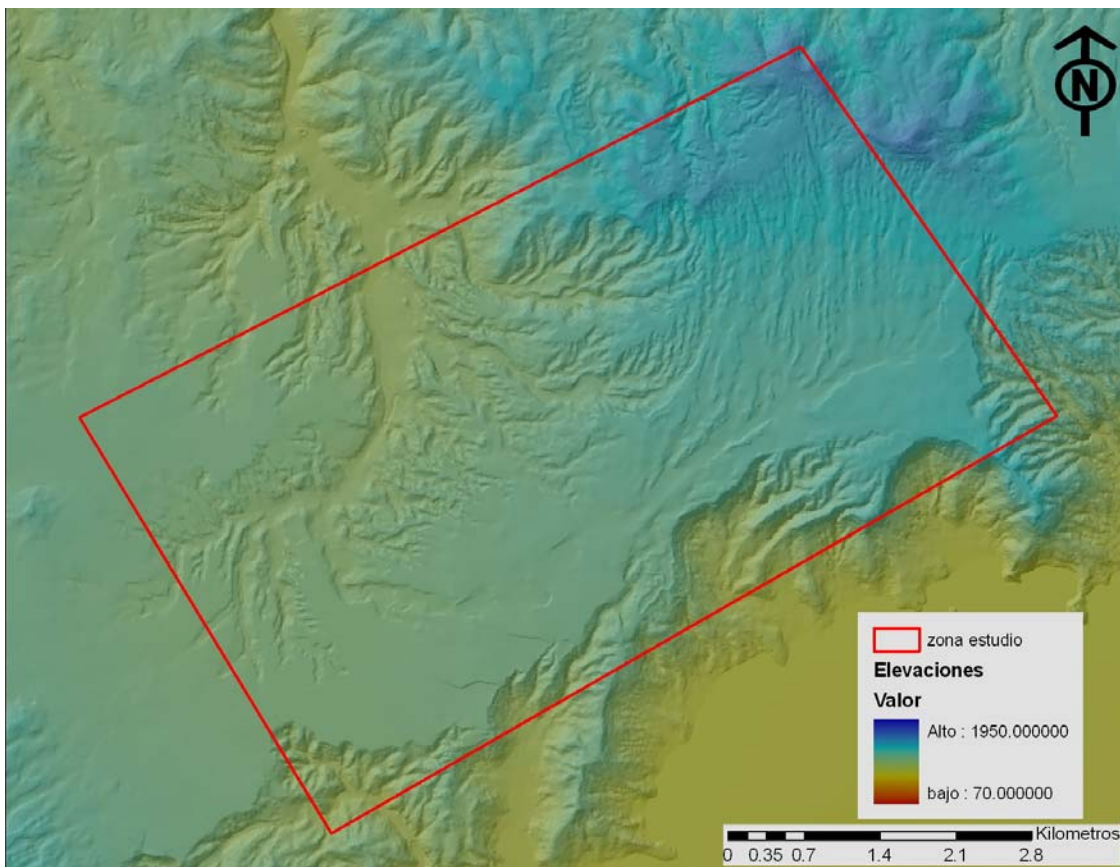


Figura 1.4. Modelo de elevaciones de la zona de estudio [OPAMSS, 2009].

## **CAPÍTULO 2: METODOLOGIA DE TRABAJO**

En este capítulo se hace una descripción de la metodología desarrollada para la realización de la investigación de las tefras de Tierra Blanca Joven (TBJ) de la erupción de la caldera de Ilopango, unidad “G”. La metodología de trabajo se fundamenta en tres etapas: Recopilación de información, investigación de campo y análisis de resultados.

### **2.1 Recopilación de información.**

El objetivo principal fue conocer el comportamiento y propiedades de la unidad “G” de la TBJ en la zona de estudio. Para lograrlo fue necesario buscar información teórica, así como reportes de geotecnia, vulcanología, hidrología, suelos colapsables y de obras de protección. Se visitaron instituciones como: Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), Universidad de El Salvador (UES), entre otros, en la búsqueda de información y reportes que tengan relación con el tema, también se consultaron páginas web y bibliografía especializada, esta última fue básica para profundizar en los temas.

#### **2.1.1 Geología y vulcanología.**

Entre la cartografía geológica consultada podemos mencionar el “Mapa Geológico de El Salvador” [1978], en escala 1:100,000 realizado por la Misión Geológica Alemana del cual se consultó la hoja San Salvador, también se revisó la información del Mapa Geomorfológico del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) a escala 1:50,000 [Sebesta, 2006], para entender el origen de las formas de la superficie presente en el área.

Por otra parte se tuvo acceso a los trabajos e investigaciones sobre TBJ y la estratigrafía del AMSS [Hernández, 2004], además de otros trabajos sobre la temática. El objetivo de consultar toda esta información fue para conocer la geología y la estratigrafía de la zona de estudio y sirvió de base para distinguir y reconocer las características físicas en campo de la TBJ así como de sus unidades.

#### **2.1.2 Topografía e hidrología.**

Se consultaron las hojas cartográficas en escala 1:25,000 elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), Ing. Pablo Arnoldo Guzmán del Centro Nacional de Registros (CNR). Los cuadrantes topográficos recopilados fueron: San Salvador, 2357 II SW [1988] e Ilopango, 2357 II SE [1981]; las que describen las características topográficas como las curvas de nivel a cada 10 m

y la ubicación de los ríos y quebradas, dando a conocer su distribución y patrones anteriores en la zona de estudio, lo cual ayuda a comparar con la posición actual de estos.

### **2.1.3 Geotecnia**

La revisión de estudios en que se realizaron pruebas geotécnicas a TBJ, sirvió para conocer las experiencias anteriores en estos depósitos, también se realizaron algunas entrevistas a profesionales del medio para de esa manera tener una idea del conocimiento y tratamiento que se le da a la Tierra Blanca en El Salvador, de igual manera se recopilaron estudios de suelos de la zona en busca de parámetros geotécnicos.

Así mismo, se verificaron las normas American Society for Testing and Materiales (ASTM), que serían necesarias para los procedimientos de las pruebas de laboratorio, lo que sirvió para hacer pruebas de manera estandarizada. También se consultó e investigó en internet y en bibliografía, experiencias de otros países sobre materiales similares a la TBJ y sus posibles tratamientos.

### **2.1.4 Estructuras de protección.**

Se buscó información del comportamiento y características de los drenajes ya sea naturales o artificiales para conocer la evolución y trazados fluviales entre otros, lo cual permitió conocer consideraciones que se deben tomar al momento de proponer obras de protección u obras civiles, ya que es importante tener en cuenta el entorno natural. Se recopiló información sobre las características de: Gaviones, zacate vetiver y diferentes tipos de muros, entre otros. Dicha investigación sirvió como base para las visitas de campo, en la identificación, observación de la problemática y en la selección de las obras a monitorear.

## **2.2 Investigación de campo.**

El proceso de georeferenciación de los sitios de reconocimiento geológico, toma de muestra y obras de protección se realizó utilizando GPS (Global Positioning System) marca "GARMIN" modelo "GPSmap 60CSX". Las coordenadas de latitud y longitud obtenidas en campo se tomaron en grados, minutos y segundos utilizando el datum NAD27 Central.

Como parte de la investigación de campo se realizaron ocho visitas de reconocimiento general de la estratigrafía del AMSS, una para elegir los lugares donde se extraerían las muestras y cuatro para la toma de muestras. Estas visitas sirvieron para seleccionar la zona de estudio haciendo una georeferenciación de los posibles puntos de muestreo y definiéndose que solo se tomarían

muestras en la zona proximal de la erupción de la caldera del Ilopango, ya que por el extenso territorio que cubrió dicha erupción, no sería posible hacer un estudio de las tres zonas, (proximal, intermedia y distal) en el tiempo que se dispone para la realización del trabajo.

También se programó una visita de campo semanal durante los meses de Mayo, Junio y Julio del 2009, a diferentes obras de protección dentro de la zona de estudio, para la realización de un monitoreo del comportamiento debido a eventos naturales y antrópicos.

### **2.2.1 Visitas de campo de reconocimiento general.**

El objetivo principal de estas visitas era hacer un reconocimiento de lugares específicos del AMSS, para familiarizarse con los diferentes estratos geológicos procedentes de diferentes erupciones históricas, conocer el orden de las secuencias en los perfiles estratigráficos y aprender a diferenciar cada uno de los estratos que se encuentran en el AMSS en función de colores, texturas, presencia de pómez, líticos, bombas, lapilli, etc. Es importante mencionar que se identificaron en el orden estratigráfico en que se encuentran y se observó que no siempre se va a tener presencia de todos los estratos en un afloramiento específico, debido a que determinados depósitos fueron erosionados o la erupción no llegó a ese lugar. El conocer el orden que presentan las unidades ayuda en la lógica para identificar en campo cada estrato, incluso si falta uno o algunos de los estratos. También se pudo observar la problemática de los depósitos de TBJ como: Tipos de erosión, el tipo de mecanismo de ruptura que presenta, su comportamiento ante el crecimiento poblacional, etc; esto sirvió para poder hacer recomendaciones de cómo tratar estos depósitos. Los lugares que se visitaron fueron: Nejapa, San Marcos, Boulevard Orden de Malta, Soyapango, Ilopango, San Martín, Nuevo Cuscatlán, entre otros, donde se observaron características y espesores particulares de TBJ, estas propiedades cambian dependiendo de la cercanía o lejanía del centro emisor de los productos volcánicos.

### **2.2.2 Visita para selección de puntos de muestreo.**

Fue en esta visita donde se definió los puntos en los cuales se harían las extracciones de muestra para la realización de las diferentes pruebas de laboratorio y así poder conocer las propiedades geotécnicas de la unidad "G" de la TBJ. A esta visita acompañaron miembros de Czech Technical University (CTU), OPAMSS, Czech Geological Survey (SGC), SNET, y UCA definiéndose dentro del área de estudio los lugares más adecuados donde existe la presencia de la unidad "G", la cual es el objeto de estudio del presente trabajo.

En la figura 2.1 se muestran los puntos de monitoreo, reconocimiento general y extracción de muestras.



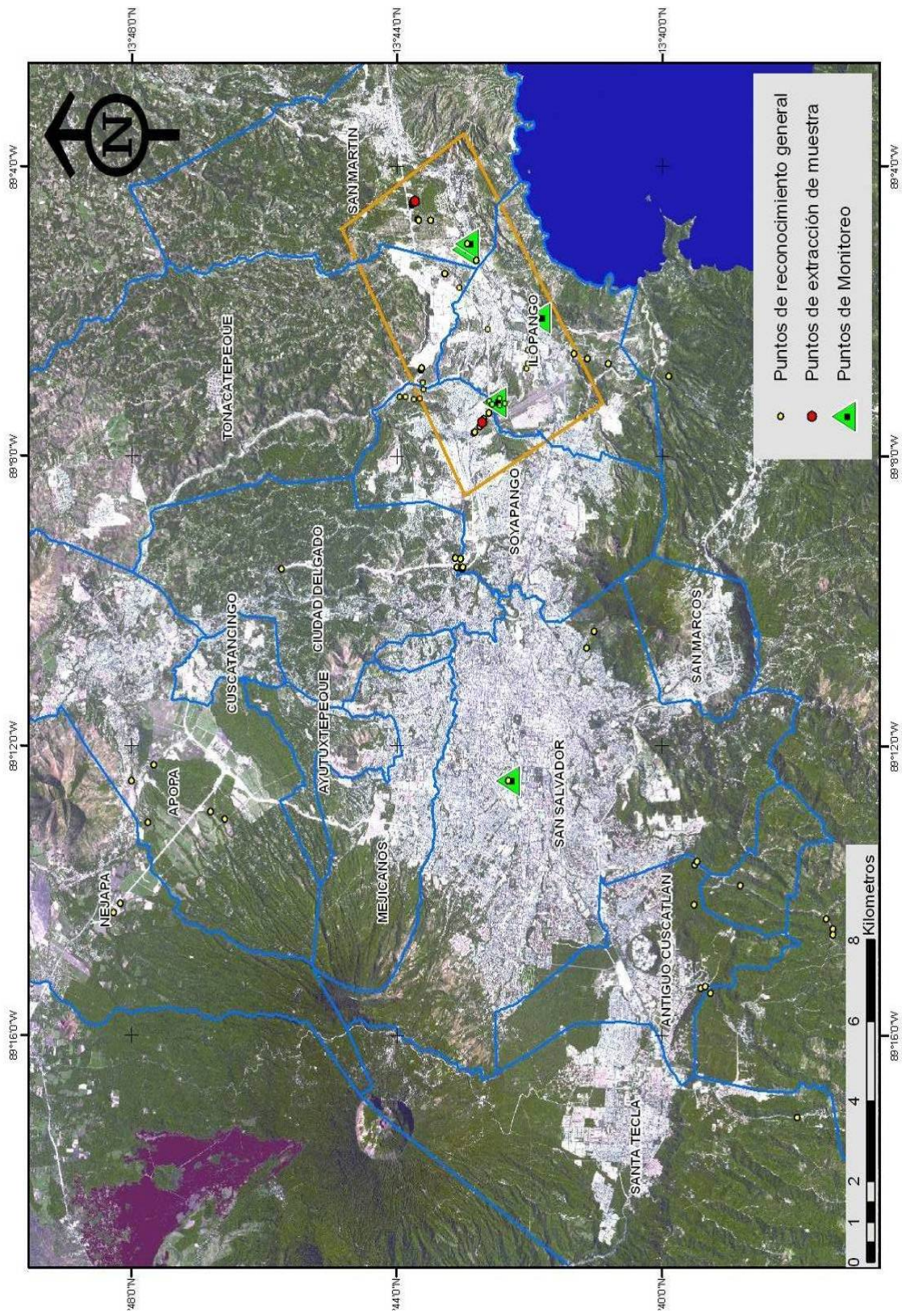


Figura 2.1 Ubicación de puntos de visitas, imagen SPOT, [OPAMSS, 2002].



Se eligieron puntos con presencia de coignimbritas y flujos piroclásticos, debido a que la unidad "G" está compuesta por una secuencia de este tipo de depósitos interestratificados; también se buscó que los lugares fueran de fácil acceso y seguros.

El primer punto de muestreo seleccionado fue el que se encuentra ubicado sobre la autopista San Salvador-San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490 m de la residencial Los Almendros. Coordenadas: latitud 13°43'44.456" Norte y longitud 89°04'28.52" Oeste. Este talud presentaba los depósitos de caída en la parte inferior y los de flujo en la parte superior (ver figuras 2.1 y 2.2).

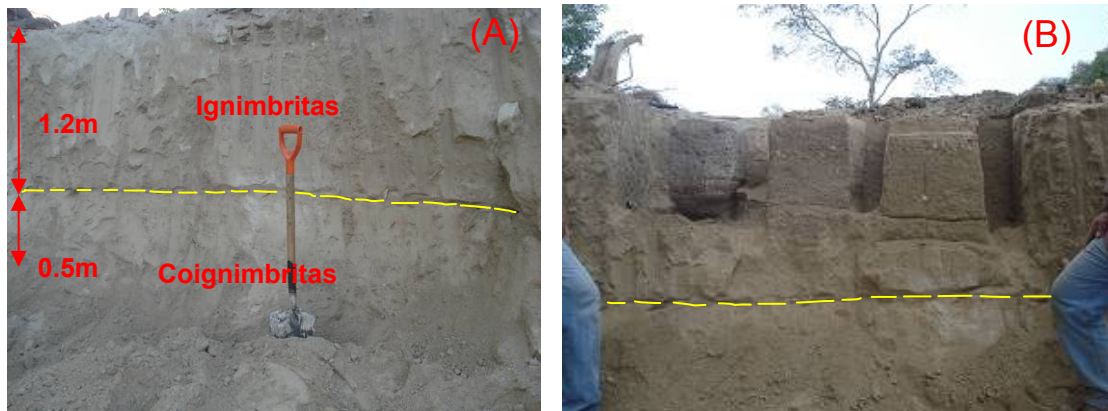


Figura 2.2. (A) talud de extracción de la muestra 1, (B) muestras inalteradas de Ignimbritas [Abril, 2009].

El segundo punto se encuentra sobre la autopista San Salvador-San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la Urbanización Guayacán y a 750 m del Cementerio Parque Memorial Los Cipreses sobre la carretera que conduce de San Martín a Soyapango, sus coordenadas son latitud 13°42'43.11" Norte y longitud 89°07'32.12" Oeste. Es un talud con una altura aproximada de 25 m, las muestras fueron extraídas en la parte superior (ver figuras 2.2 y 2.3).

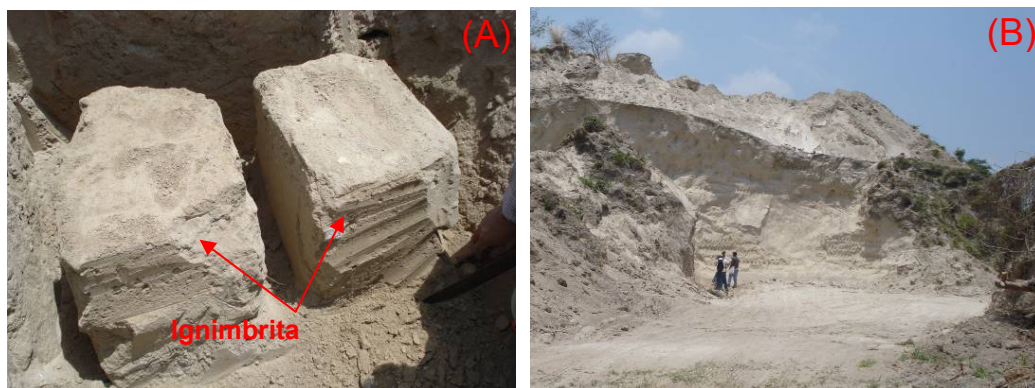


Figura 2.3. (A) Muestras inalteradas de ignimbritas punto 2, (B) talud de extracción de muestra 2 [Abril, 2009].

### **2.2.3 Visitas de campo de monitoreo de obras de protección.**

En estas visitas, el objetivo principal fue conocer el estado de algunas estructuras de protección existentes en la zona de estudio que fueron escogidas para monitorear su comportamiento ante diferentes eventos naturales como: Lluvias, sismos o simplemente cambios sufridos con respecto al tiempo y en base a este comportamiento poder obtener conclusiones acerca de estas (ver figura 2.1).

### **2.3 Análisis e interpretación de resultados.**

El análisis e interpretación de la información recopilada, pruebas geotécnicas y visitas de campo, consistió inicialmente en el reconocimiento de la geología del AMSS, lo cual ayudó en la identificación de la TBJ y en su estratigrafía donde se encuentra la unidad "G", esta presenta estratos de caída, de flujos piroclásticos y oleadas piroclásticas (surges); la importancia de lo anterior es corroborar las diferencias que existen ya sea visuales, de textura y dureza en campo.

El conocimiento de las propiedades geotécnicas permitió caracterizar y entender el comportamiento que estos depósitos tienen. Toda esta información puede servir de base, tomando en cuenta el entorno natural (comportamiento de ríos y quebradas) y lo observado en estructuras de mitigación, para proponer lineamientos a seguir para las diferentes obras de protección que disminuye la problemática en la zona de estudio.

## CAPÍTULO 3: GEOLOGÍA

### 3.1 Geología de El Salvador.

Como lo describe Hernández [2004: p.21] y según se muestra en la figura 3.1, la mayoría del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) se encuentra dentro de la unidad geológica llamada: Rocas volcánicas plio-pleistocénicas y holocénicas, las cuales comprenden los edificios volcánicos mas jóvenes que se han establecido en el interior de la estructura del Graben Central los cuales se disponen paralelamente al eje del graben y evolucionaron inmediatamente después de la configuración del mismo, estando la caldera de Ilopango y la zona de estudio inmersa dentro de esta unidad.



Figura 3.1. Mapa Geológico Simplificado [Hernández, 2004: p.22].

#### 3.1.1 Geología del área de estudio.

En la figura 3.2 se observa los diferentes miembros geológicos del área de estudio según el Mapa Geológico escala 1:100,000 siendo el predominante el s4 o "Tierra blanca" correspondientes a piroclastitas ácidas de la Formación San Salvador y que también se refieren a la TBJ. El espesor es superior a los 50 m en las cercanías del Lago de Ilopango y se reduce a 4 m en la Ciudad de San Salvador; los fragmentos de pómez alcanzan tamaños de 25 a 30 cm, xenolitos (rocas ígneas) son frecuentes [Baxter, 1984: p.84].



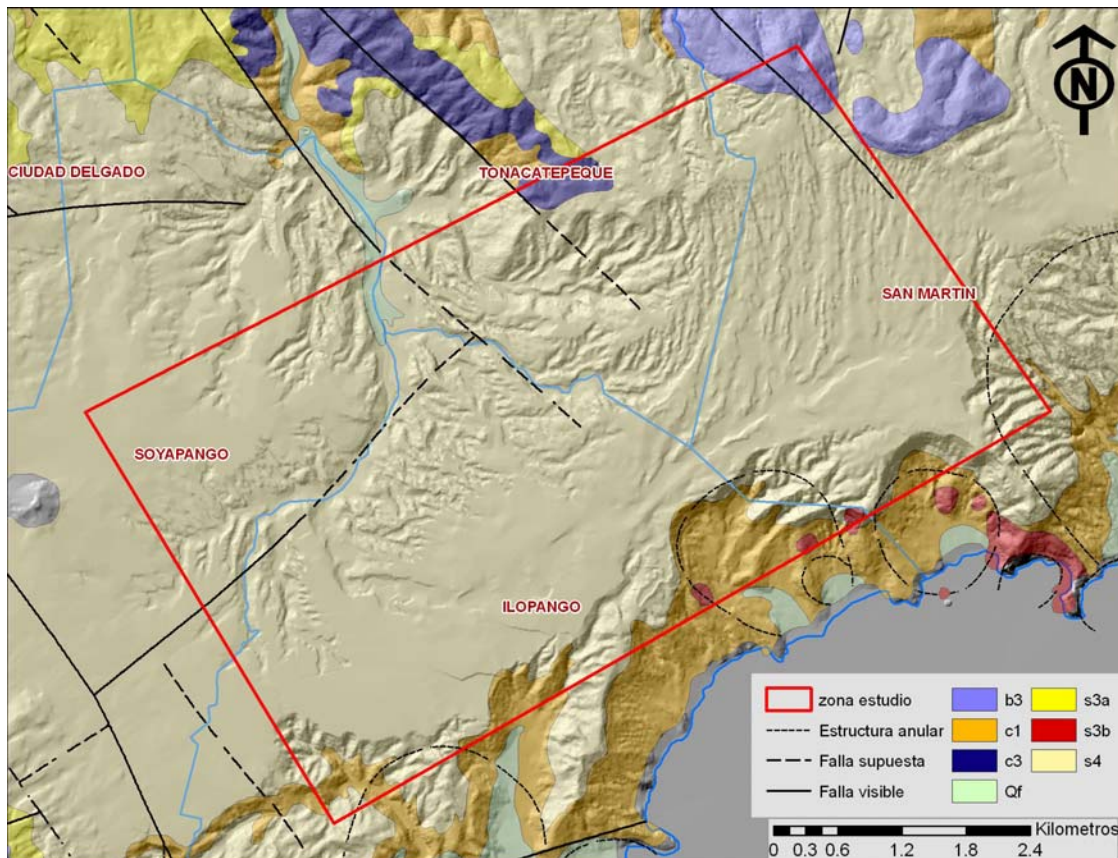


Figura 3.2. Geología del área de estudio, Mapa Geológico 1:100,000, [Misión Geológica Alemana, 1978]

### 3.2 Estratigrafía del AMSS

En el AMSS superficialmente predomina la intercalación entre los productos del volcán de San Salvador y los de la caldera de Ilopango, adelgazándose sus espesores a medida se alejan del centro emisor, estando controlada su ubicación dependiendo de la dirección de los vientos y fuerza explosiva durante la erupción que los produjo, generalmente en los afloramientos no hay presencia de todos los estratos debido a esto y también porque unas capas fueron erosionadas.

La estratigrafía del AMSS está compuesta principalmente por la Formación San Salvador, los estratos mas importantes son: TB4, G1, TB3, TB2, G2, IB, PL y TBJ siendo los depósitos de las Formaciones Cuscatlán y Bálsamo su basamento (ver figura 3.3 y 3.4). Hernández [2008: p5] describe la estratigrafía y características en el AMSS, esta se presenta de la base hacia el techo:

**Pómez TB4:** Es el depósito más antiguo del último ciclo de la caldera de Ilopango, el cual yace sobre las tefras Apopa (producto del volcán de San Salvador). El TB4 está constituido por una capa de pómez color blanco, producto de una erupción pliniana de importante magnitud. Se caracteriza por tener una capa de lapilli y pómez con gradación normal, su paleosuelo es el que tiene mayor

espesor. La base de esta unidad la constituye una ceniza de caída fina, blanca, de espesor delgado (25 -10 cm), y el techo por ceniza fina de casi el metro de espesor de color amarillento.

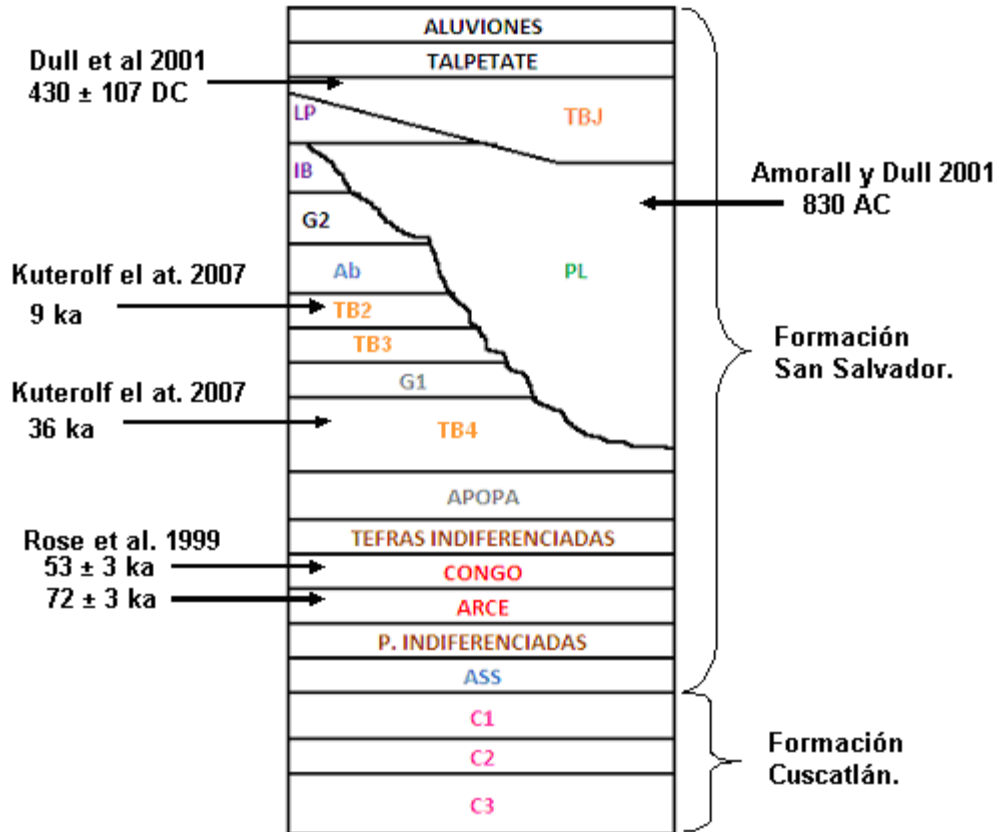


Figura 3.3. Estratigrafía en el AMSS [Hernández, 2008].

**G1:** Son provenientes de la erupción del volcán de San Salvador y están compuestos por pómez de caída vesiculado, de composición dacítico a andesítico, grisáceo, algo suelto, con moderada presencia de líticos oxidados y angulares.

**Pómez TB3:** Productos procedentes de la caldera de Ilopango, son pómez y cenizas de caída de granulometría fina, blancas, con presencia de lapilli acrecional y flujos piroclásticos basales lo que señalan fenómenos eruptivos freatomagmáticos originados por la interacción entre el magma y las aguas de un antiguo lago. El techo de esta capa presenta un paleosuelo delgado poco desarrollado de color café amarillento.

**Pómez TB2:** Este depósito tiene espesor de 1 m dentro de un radio de 10 km del centro de emisión de la caldera de Ilopango, está compuesto por una caída de pómez ligeramente mayor que

TB3 y caracterizado por ser mal seleccionado con abundantes minerales oscuros representados por hornblenda. El techo presenta un paleosuelo de delgado espesor, de color café oscuro.



Figura 3.4. (A) estratigrafía del AMSS en Qda. 7 Pilas, Ciudad Corinto, (B) afloramiento de IB y TBJ en el Blvd. Diego de Holguín, mostrando surcos de cultivos en el techo de la ignimbrita Boquerón [Hernández, 2007: p.7].

**G2:** Esta unidad corresponde a una erupción pliniana posterior del volcán de San Salvador y es bastante menor en volumen que G1. Está compuesta por escorias poco vesiculadas, por consiguiente más densa, gris claro a gris pardo, mostrando mezcla de magmas, siendo rico en líficos basálticos rojizos densos y andesitas café amarillentas y líficos. Cuando presentan alteración muestran aspecto moteado evidenciado por un tono gris y beige, recordando el pómez del G1.

**Ignimbrita Boquerón (IB):** También producto del volcán de San Salvador y tiene poca consolidación, posee matriz de cenizas finas medianamente meteorizadas, en la que se encuentran fragmentos de escoria gris con meteorización baja, fragmentos de escoria juveniles de tamaños variados y líficos andesíticos con oxidación, además, muestra pequeños bolsones de escoria bastante vesicular, estando compuesta por dos flujos piroclásticos de color café oscuro mostrando cada una intercalación de delgadas oleadas piroclásticas (surges) de color café claro a pardo.

**Plan de la Laguna (PL):** Producto de la erupción freatomagmática del Maar Plan de la Laguna, se caracteriza por tener en la base lapilli andesítico, vesicular gris, superpuesto por oleadas. La parte intermedia laminada está compuesta por cenizas de caída y oleadas.

**Tierra Blanca Joven (TBJ):** Este estrato está compuesto por diferentes depósitos piroclásticos de caída y flujos de la última erupción explosiva de la caldera de Ilopango, está compuesto por seis unidades, A, C, D, E, F, y G de la más profunda a la más superficial; la cual tuvo una amplia distribución en todo el territorio Salvadoreño. En el apartado 3.5 se abordara con mayor detalle.

La figura 3.5 muestra la estratigrafía en el sector del Arenal de San Bartolo (a unos 100 m de su unión con el Río las Cañas); en la base del talud se observa el paleosuelo de TB2, seguidamente en TBJ hay presencia de la unidad C compuesta por la ignimbrita gris y la ignimbrita amarilla, unidad D, unidad E y en la parte superior del talud esta la unidad F. Es importante aclarar que este talud no presenta la secuencia completa de la TBJ, haciendo falta la unidad A, B, y G, debido a que las primeras dos fueron erosionadas por las ignimbritas de la unidad C e incorporadas a su flujo y la última no está presente por causas de procesos erosivos.



Figura 3.5. Perfil estratigráfico de la TBJ en un talud ubicado en Arenal San Bartolo [Junio, 2009].

### 3.3 Geomorfología de la zona de estudio.

Al ubicar el área de estudio en el mapa geomorfológico del AMSS [Sebesta, 2006], se observa que hay presencia de unidades estructurales y tectónicas, de denudación, así como, de acumulación como se puede ver en la figura 3.6.

Entre las principales unidades estructurales y tectónicas podemos mencionar: Escarpe Expresivo de las Formas Volcánicas pertenecientes a las laderas de la caldera, las cuales tienen una diferencia de altura importante; existen sectores de bloques diastróficos donde el relieve tiene muchos escalones o cuerpos caóticamente organizados que subsiden; también hay presencia de fallas las cuales son zonas de debilidad y discontinuidad que se forma en las rocas someras de la superficie por fracturamiento, siendo importantes en el sector las fallas caldéricas ya que controlan estructuralmente algunos drenajes; en parte del área existe presencia de restos de estructuras de



Tierra Blanca que todavía se conservan pero se ven reducidos en su extensión por los diferentes tipos de erosión y de movimiento de ladera.

Las unidades de denudación son: Los Escarpes Expresivos de ladera de erosión que son laderas o vertientes con profundidad importante, casi verticales e interrumpen la continuidad de la morfología; teniendo mucha importancia la presencia de la unidad llamada Badland, que se define como áreas de erosión densa o donde hay una gran densidad de drenaje que se forma debido a que las superficies estructurales de TBJ no son consistentes, por lo cual son erosionadas y evolucionan a las superficies o relieve Badlands (ver figura 3.6).

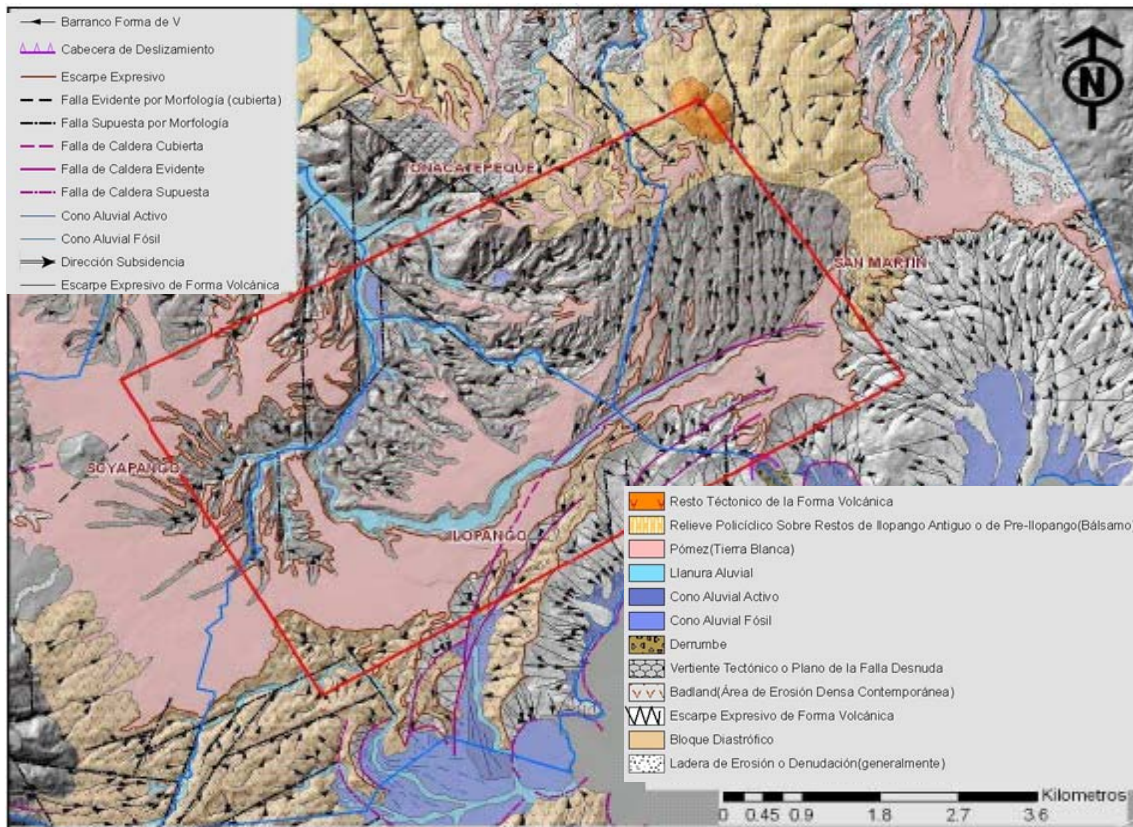


Figura 3.6. Mapa geomorfológico de la zona de estudio [Sebesta, 2006].

Como unidades de acumulación podemos mencionar: Cono aluvial activo y fósil los cuales son una forma de modelado fluvial donde se depositan sedimentos de manera constante, tienen una silueta cónica o en abanico y una suave pendiente. Su forma cónica hace que ejerzan de barrera natural en los ríos obligando a estos a desviar su curso y adaptarse al relieve. La diferencia entre el activo y fósil reside en que el primero está actualmente en funcionamiento y el segundo ha quedado abandonado siendo un relicto; hay presencia asimismo de llanuras aluviales o llanura de inundación, ya que el río cuando viene crecido la ocupa toda. El lecho del río se desplaza con

bastante facilidad, inundando zonas alejadas del lecho principal actual, al comparar las llanuras aluviales originales y la mancha urbana se concluye que las personas han ocupado estas áreas al desconocer los periodos de retorno de las inundaciones provocando el estrechamiento del cauce y por lo tanto, propiciando problemas grandes de erosión e inundación en zonas urbanas. El tipo de valle erosional predominante corresponde al barranco en forma de “V” debido a que el ciclo de erosión corresponde al de juventud (ver figura 3.7 B).

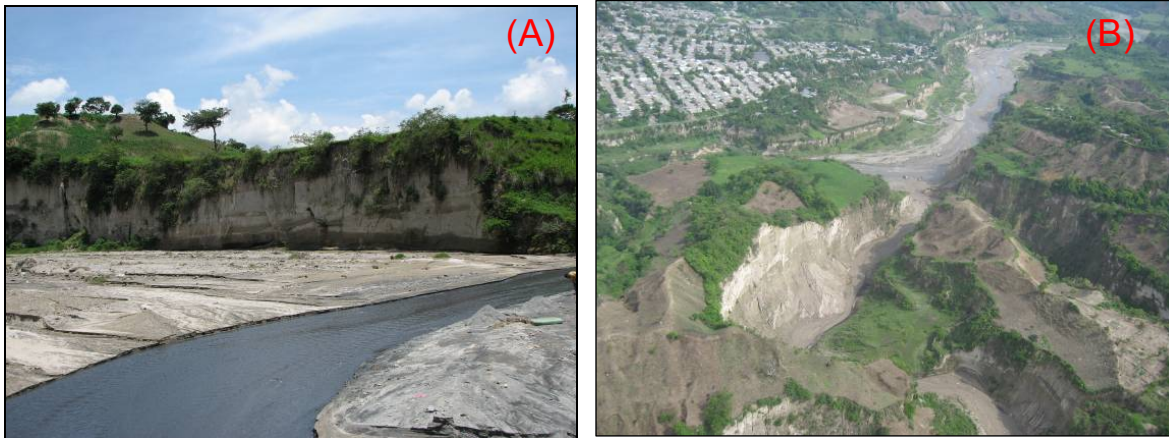


Figura 3.7. (A) Llanura aluvial río las Cañas, (B) relieve Badlands mostrando movimientos de laderas y erosión del río de las Cañas. [Junio, 2009].

### 3.4 Vulcanología

#### 3.4.1 Introducción.

Existen diferentes tipos de volcanes y de erupciones, esto dependerá de las variaciones en la química de las lavas, posición de sus cráteres (erupciones fisurales), contenido de gases y volátiles, así como existencia de agua subterránea o superficial para eventual contacto con el magma o el colapso estructural que se pueda dar en el cuerpo volcánico. La forma y el perfil de los materiales acumulados alrededor del conducto están estrechamente ligados con el tipo de erupción y es de tomar en cuenta que una erupción puede tener fases eruptivas que cambian con el tiempo y por tanto producir diferentes productos (ver figura 3.8).

Las tefras (todos los piroclastos o fragmentos sólidos eyectados del volcán, que caen al suelo de una columna eruptiva) llamadas Tierra Blanca Joven provienen de la caldera de Ilopango, las cuales se caracterizan por ser cráteres volcánicos extensos más o menos circulares cuyos diámetros son más grandes que los cráteres de los volcanes que contienen, además las calderas se caracterizan por tener erupciones explosivas.

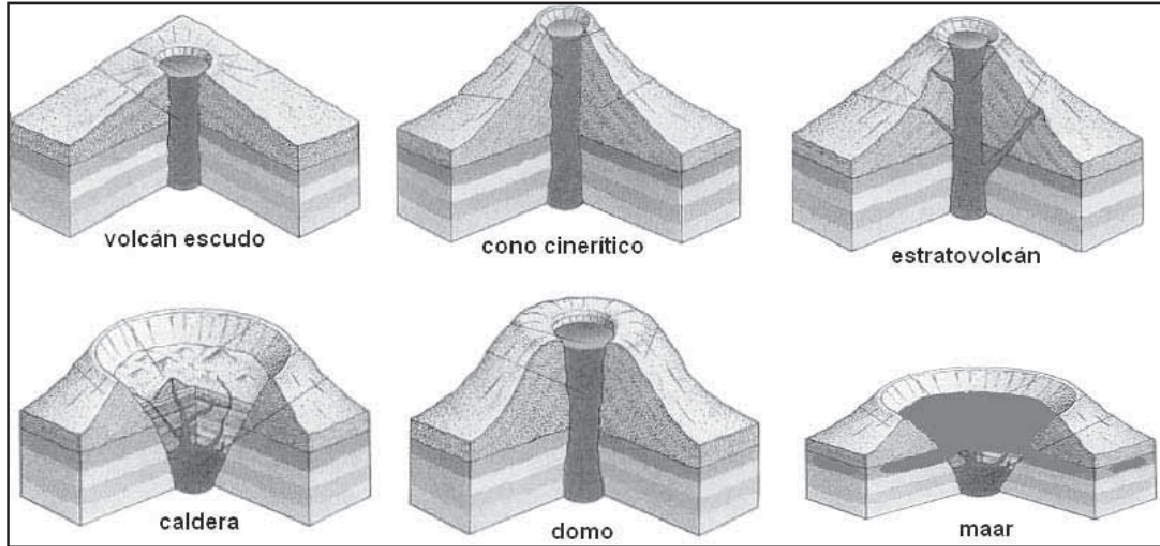


Figura 3.8. Diferentes tipos de volcanes y su estructura característica [Bringas et al, 2005: p. 105]

Los tipos de erupciones varían desde "tranquilas" hasta "muy violentas" o altamente explosivas, pudiéndose clasificar como:

- Efusivas: Poca presencia de gases y vapor, por lo que la lava sale de manera fluida, la viscosidad de esta dependerá de su temperatura y composición. Dentro de estas erupciones se puede mencionar las Hawaianas y Fisurales.
- Hidrovolcánicas: Son generadas por la interacción del magma con agua subterránea o superficial; son erupciones de carácter explosivo y pueden ser freáticas y freatomagmáticas.
- Explosivas: Hay presencia significativa de gases y vapor de agua, caracterizándose por sus explosiones y por la expulsión de cantidades de tefras aun cuando pueden contar con la presencia de lavas. Dentro de este tipo de erupción se encuentran las plinianas, vulcanianas y estrombolianas.

En el presente trabajo nos referimos a las erupciones explosivas. La intensidad de una erupción es posible inferirla si se estudian los depósitos producidos por esta y la erupción de TBJ corresponde a una explosiva pliniana con emisión de unos 70 km<sup>3</sup> de depósitos de caída, flujos piroclásticos e ignimbritas de pómez [Kutterrolf et al, 2007]. Las erupciones plinianas se caracterizan por la formación de plumas de erupción altas que producen cenizas que se propagan por el viento en áreas grandes.

### **3.4.2 Características de las erupciones explosivas.**

Generalmente los volcanes de la zona de subducción, como en el caso de El Salvador, tienden a tener erupciones explosivas debido a la presencia de gases presentes en el magma, el cual cuando esta cerca de la superficie al haber una disminución de presión o por contacto con agua hace que suba rápidamente (de manera explosiva) el magma fragmentando en una gran cantidad de pequeñas partículas que se enfrían poco a poco como tefra volcánica cubriendo la superficie.

Hay dos mecanismos para definir y modelar una explosión volcánica:

- La fragmentación magmática (seca) consiste en la rápida ascensión de gases disueltos del magma lo cual dispara las explosiones volcánicas. El magma se transforma de una espuma de burbujas con gases en un líquido silicatado, a un vapor de gas el cual es acelerado y transporta piroclastos (partículas líquidas y sólidas), generándose la fuerza explosiva durante la fragmentación [Sigurdsson et al, 2000: p.419 - 422].
- Cuando hay una interacción de magma y agua superficial (lagos u océanos) o aguas subterráneas se origina una fragmentación freatomagmática (húmeda). Las erupciones freatomagmáticas se distinguen por que las plumas eruptivas tienden a contener más vapor o agua y los tamaños de los granos de los productos eruptivos son más finos que los asociados a la fragmentación magmática, también hay fragmentación y expulsión de las paredes de roca cercanas a la erupción formando cráteres grandes [Sigurdsson et al, 2000: p.432].

### **3.4.3 Características de las erupciones plinianas.**

Este tipo de erupción se caracteriza por su alto grado de explosividad; libera una gran cantidad de energía en pocos segundos y produciendo plumas volcánicas, como se puede ver en las figuras 3.9 y 3.10 las cuales se generan por la fragmentación (magmática o freatomagmática) siendo expulsadas del cráter a gran velocidad pequeñas partículas de magma, gases y partes del edificio volcánico; esta mezcla de gas caliente y partículas eyectadas tienen una densidad mayor que la atmósfera circundante y si no logran tener una flotabilidad positiva colapsan, bajando por las laderas del volcán como flujos piroclásticos u oleadas piroclásticas (surges). La columna eruptiva vertical consta de tres zonas: Zona de chorro, en la que la velocidad de los vientos supera la velocidad del sonido, presentando una eyección balística de fragmentos de mayor tamaño hacia fuera de la columna de ascenso; zona de convección, la cual es una zona en la que los piroclastos y gases entran en equilibrio con la temperatura atmosférica, por lo que existe una disminución paulatina de la densidad del conjunto piroclasto/gas; y zona de difusión o de sombrilla, la cual



comienza a partir del punto en el cual las temperaturas y densidades de la columna y la atmósfera se igualan, teniendo como resultado que los piroclastos que sobrepasan este nivel son dominados y dispersados por la acción del viento. [Petrinovic, 2003: p.9].

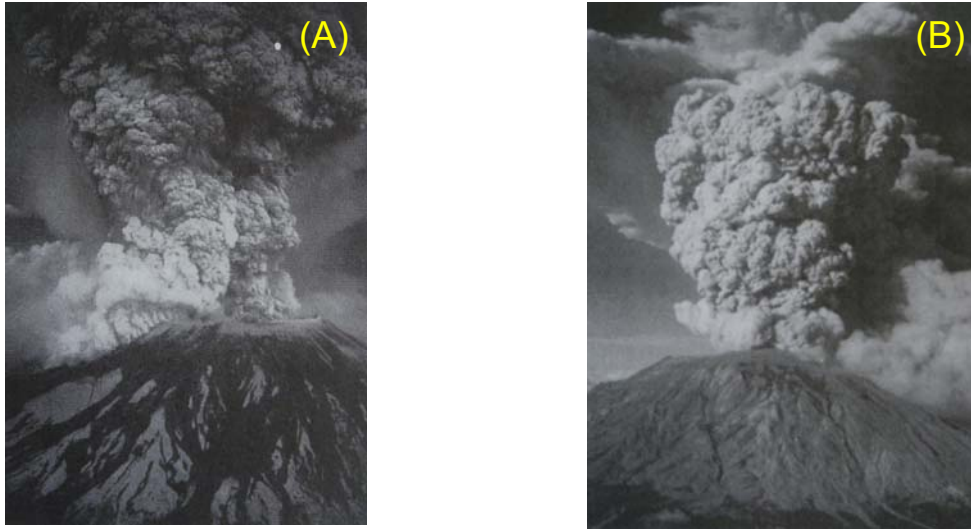


Figura 3.9. Erupción pliniana del monte Santa Helena: (A) Vista de la pluma pliniana de 19 de mayo 1980, (B) Vista de la pluma pliniana de 22 de julio de 1980 [Sigurdsson et al, 2000: p.484 - 530].

Las columnas eruptivas pueden alcanzar altitudes entre 20 y 35 km. Las columnas con las mismas características pero con una columna eruptiva de menor altitud (<20 km) se denominan erupciones sub-plinianas y las que alcanzan una mayor altura (>35 km) se les llama ultra-plinianas (high and low grade ignimbrites) o ignimbriticas, algunos de los productos de una erupción pliniana consisten en pómez lapilli y ceniza que conforman una caída de piroclastos y depósitos de flujos. La caída de lapilli forman capas gruesas a cientos de km<sup>2</sup> mientras que las cenizas de menor espesor se pueden dispersar en miles de km [Sigurdsson et al, 2000: p.480]. Los fragmentos expulsados por la columna pueden caer en forma de lluvia de piroclastos alrededor del centro de la erupción y también pueden formarse flujos piroclásticos que bajan a gran velocidad por los flancos del cono volcánico.

El efecto de una expulsión súbita de grandes volúmenes de magma puede alterar la geometría de un sistema conductor desestabilizando el reservorio superficial e induciendo un colapso estructural. Dicha situación frecuentemente incrementa la intensidad de la erupción induciendo el contacto del magma con fluidos freáticos produciéndose una erupción freatopliniana en donde hay depósitos piroclásticos de grano fino dispersos y ricos en líticos, como ejemplo de este tipo de depósitos esta la unidad "E" de TBJ.

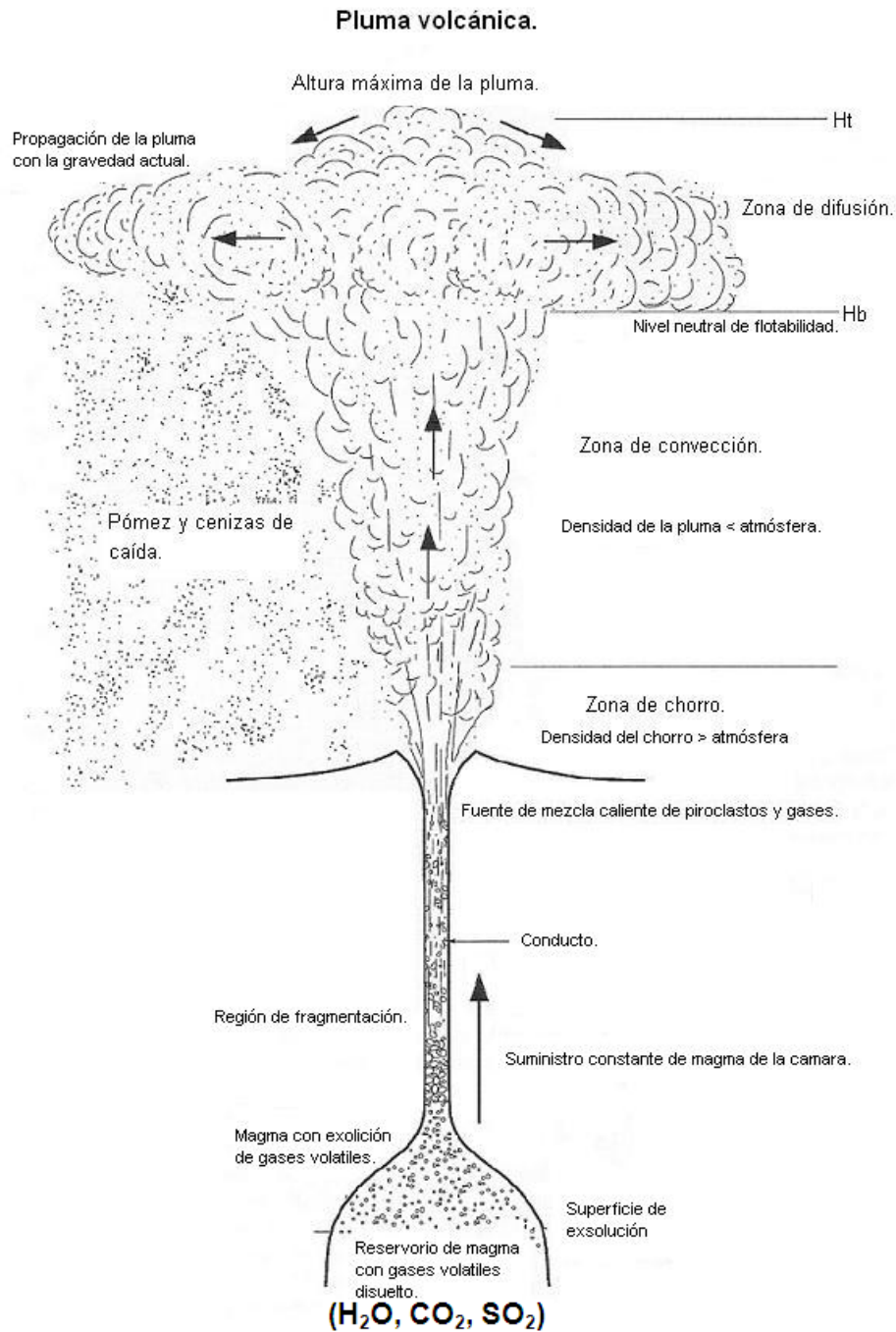


Figura 3.10. Estructura de una columna eruptiva [Sigurdsson et al, 2000: p.529].

### 3.4.4 Transporte y depósito de piroclastos.

Es importante identificar los mecanismos de transporte y deposición de los piroclásticos ya que mediante ellos se pueden llegar a conocer los mecanismos eruptivos que los originaron. La diferencia entre un sistema de transporte y un sistema de depósito es que el primero es el

responsable del movimiento de todo el material fragmentado y el segundo es el que controla la manera en que el material queda en reposo para formar un depósito.

Hay dos sistemas de transporte y tres depósitos importantes que se pueden identificar en una erupción explosiva teniendo cada uno sus particularidades como se ve en la figura 3.11:

- Las plumas verticales (donde la trayectoria de movimiento dominante es hacia arriba inicialmente) produciendo depósitos de caída de nubes impulsadas por el viento.
- Los sistemas de movimiento lateral (donde la trayectoria dominante es horizontal inicialmente a los lados) esto genera oleadas piroclásticas (surges) y flujos piroclásticos de corrientes densas controladas por la gravedad y que van sobre la superficie.

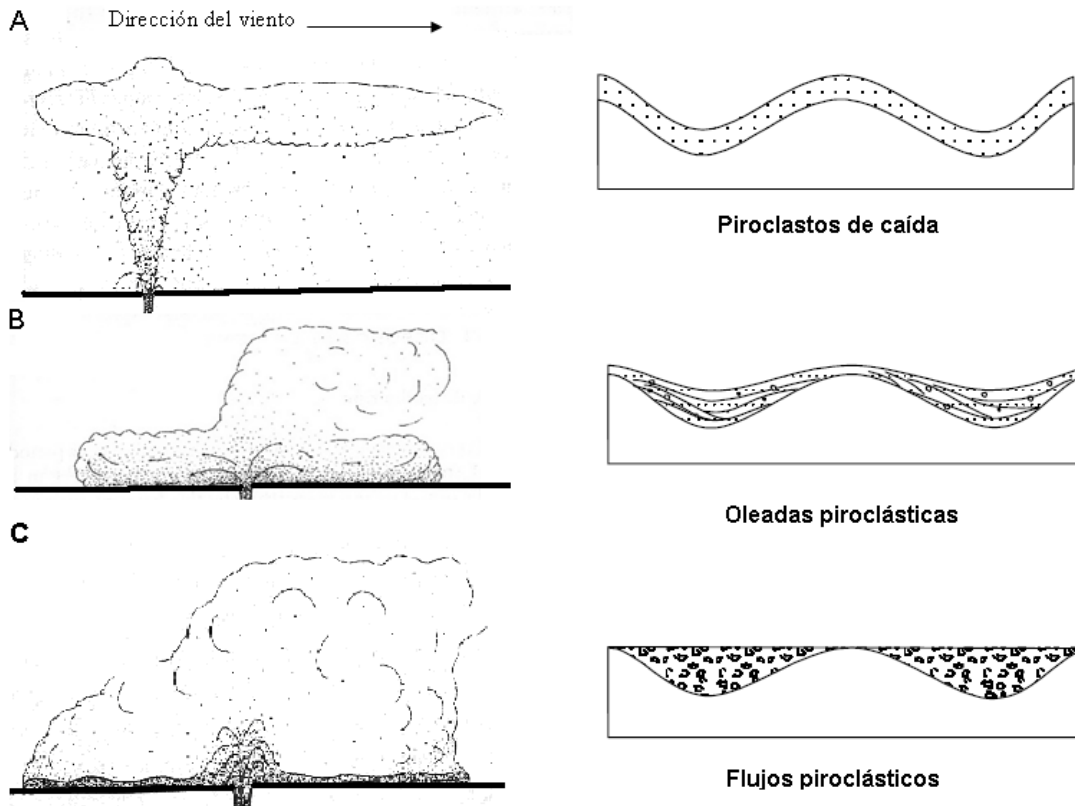


Figura 3.11. Esquema de los 3 miembros finales de los sistemas de transporte y las características de sus depósitos (en la base de la oleadas piroclásticas (surges) y el flujo esta punteado para representar la densidad de la corriente) [Sigurdsson et al, 2000: p.547 y 550]

En los depósitos de caída, la pluma de la columna eruptiva transporta todo el material (excepto las partículas grandes los cuales caen cerca del volcán describiendo una trayectoria balística) la columna eruptiva se expande formando una nube de cenizas que se desplaza lateralmente

controlada por los vientos. Estos depósitos cubren la topografía completamente (ver figura 3.11) dejando estratos de espesor constante y que respetan el paleo relieve, las partículas más gruesas están en la base. Solo en las áreas extremadamente proximales quedan soldados por las altas temperaturas, no influenciando este proceso las otras áreas ya que por el transporte y por las tasas de deposición relativamente lentas hay enfriamiento.

Las oleadas piroclásticas (surges) que se mueven a velocidades de décimas hasta de centésimas de m/s, son corrientes de densidad diluida con un flujo turbulento donde la relación gas/fragmentos es elevada y no son influenciados por el viento. El origen de su energía puede ser debido a la energía potencial gravitatoria o por una explosión lateral directa. El material es transportado por suspensión turbulenta, su dinámica esta controlada por la pérdida de partículas por sedimentación terminando el recorrido de las oleadas piroclásticas (surges) poco a poco en el momento en que se forma una pluma secundaria. La masa y el momentum están mejor distribuidos en la corriente. Estos depósitos no cubren de manera pareja la superficie ya que cortan y rellenan los depósitos existentes interrumpiéndolos, lo cual refleja un control limitado sobre sus rutas de viaje por gravedad, se pueden reconocer por los estratos relativamente delgados, planos, entrecruzados o en forma de ondas, dunas y antidunas dependiendo de la condición hidráulica del flujo (ver figura 3.11) siendo su granulometría variable.

Los flujos piroclásticos con velocidades similares a los de las oleadas piroclásticas (surges) incluso superando obstáculos con altura considerable, son corrientes de densidad concentrada los cuales no son influenciados por el viento, se desplazan a elevadas temperaturas, siendo la relación gas/fragmentos baja, puede que tenga turbulencia pero no es dominante como mecanismo de soporte de las partículas, a diferencia de las oleadas piroclásticas casi toda la masa y momentum lateral esta concentrado en la parte basal y la nube a pesar que es visualmente impresionante es insignificante en la dinámica del movimiento y sólo existe por el momentum del paso del flujo. Generalmente no cubren la topografía en su totalidad (son de poco espesor o desaparecen en las alturas topográficas a menos que sean de gran volumen) pero rellenan o son confinados por los valles (ver figura 3.11), reflejando el control de la gravedad sobre sus rutas de viaje, teniendo una granulometría pobre; muestran signos de altas temperaturas durante su deposición generalmente [Sigurdsson et al, 2000: p.548 y 550].

Tanto los flujos piroclásticos como las oleadas piroclásticas al alejarse de su fuente y descender las laderas del volcán producen plumas secundarias o plumas de coignimbritas que ascienden de estos, como se ve en la figura 3.12, esto se da por el proceso de sedimentación en sus bases (partículas grandes y densas se depositan a medida se avanza disminuyendo la concentración de partículas) y también por la entrada de aire que se calienta, haciendo que se reduzca la densidad de los flujos en comparación con la atmósfera que la rodea, iniciándose un aumento en la flotación

en la parte superior creándose una pluma. Por tanto, los productos de caída pueden producirse por la explosión en el cráter central o por el descenso de flujos piroclásticos en las laderas de los volcanes en este último caso se les llama coignimbritas.

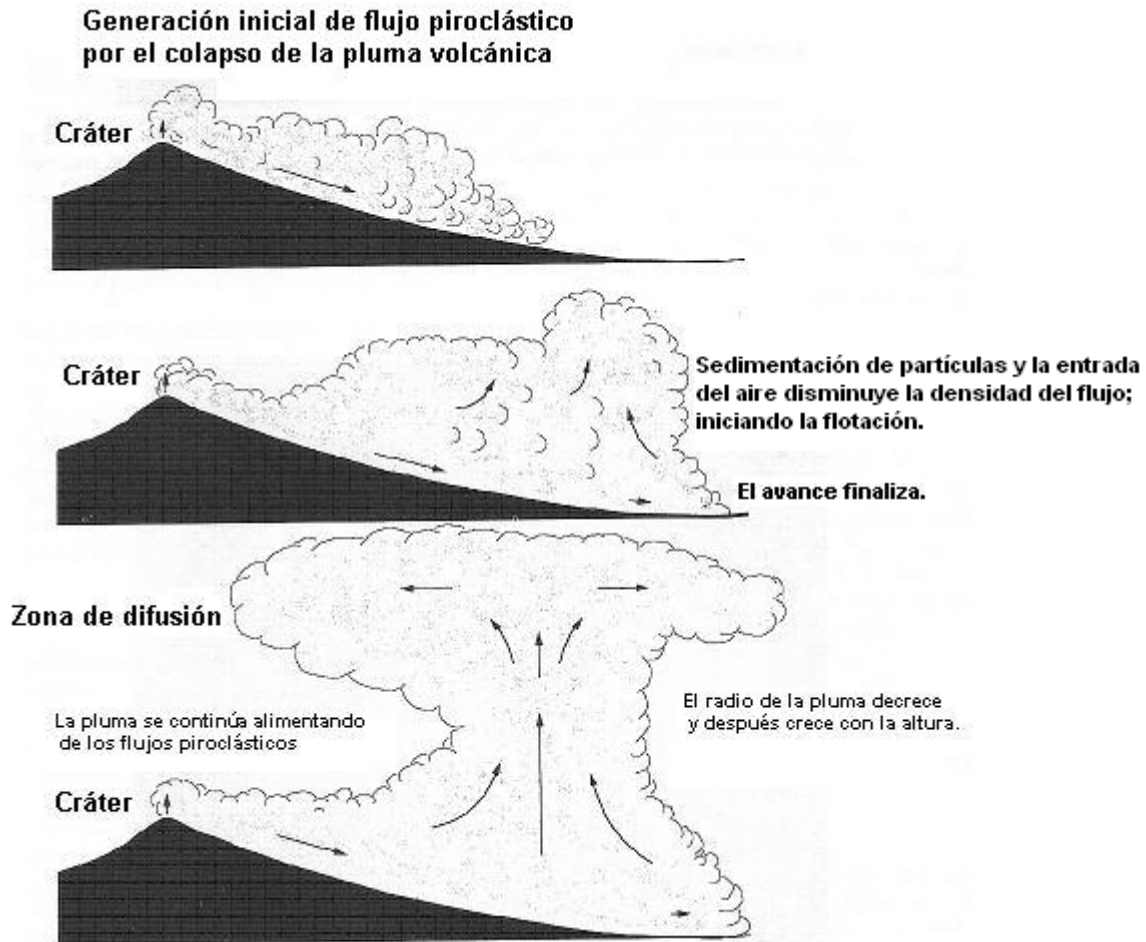


Figura 3.12. Desarrollo de una pluma de coignimbrita por un flujo que desciende de laderas de volcán [Sigurdsson et al, 2000: p 536]

### 3.5 Tierra Blanca Joven (TBJ).

Hart y McIntyre definen la Tierra Blanca Joven como el manto blanco espeso de ceniza proveniente de la última erupción pliniana y se caracteriza por una coloración clara y por ser la más reciente de las depositaciones de las erupciones de la caldera de Ilopango.

Según lo relata Hernández [2004: p.4] las investigaciones de la Tierra Blanca son relativamente jóvenes, su nombre actual existe desde 1953 cuando Williams y Meyer Abich la bautizaron con este nombre por su característico color blanco, creyendo que estos depósitos procedían del Volcán

Boquerón. Posteriormente fue la Misión Geológica Alemana, para la elaboración del Mapa Geológico de El Salvador a escala 1:100,000 [Weber, S.H., et a.1978], quienes definieron a la de Ilopango como la generadora de los depósitos de Tierra Blanca haciendo una descripción geológica en dos unidades, s4 (piroclásticas ácidas) y s3'a (efusivas ácidas), como miembros de la formación San Salvador. La primera unidad s4 se refiere a la última erupción pliniana de Ilopango y en la segunda unidad s3'a se agrupan los depósitos de piroclásticos TB2, TB3 Y TB4, los cuales por la coloración que producen los paleosuelos entre estas unidades son llamados también "Tobas color café". Hart [1981] identificó en la última erupción pliniana del Ilopango, dos etapas eruptivas importantes denominadas T1 y T2 cuyos productos los subdividió en seis unidades, e identificó los procesos eruptivos asociados, además, hizo análisis químicos de las tefras. Posteriormente Hart y Steen-McIntyre [1983] describieron la estratigrafía y la distribución de las tefras como se muestra en la figura 3.13. Vallance y Houghton [1998] revisaron la estratigrafía de Hart y Steen-McIntyre [1983] e introdujeron cambios en las unidades estratigráficas, denominándolas de la A a la F, caracterizaron cada unidad y redefinieron los procesos eruptivos asociados a las mismas. Hernández [2004] identificó tres nuevas unidades estratigráficas de la TBJ con el objetivo de estudiar las propiedades físicas y mecánicas de los depósitos piroclásticos de la erupción explosiva de la caldera de Ilopango las cuales se describen en el apartado 3.4.8.

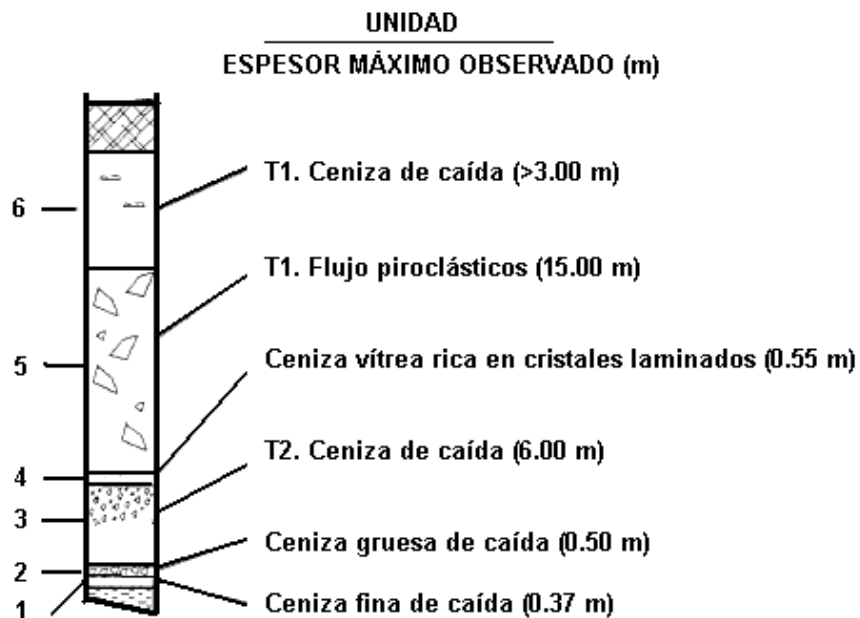


Figura 3.13. Estratigrafía de las unidades de la TBJ, adaptado de Hart y Steen-McIntyre [Amaya et al. 2000: p.24].

### 3.5.1 Distribución y características de la TBJ.

Hart y McIntyre [1983] definen que los productos eruptivos de la caldera de Ilopango específicamente de la TBJ es la de mayor extensión del territorio Salvadoreño como se ve en la figura 3.14. Los flujos piroclásticos de este evento cubren extensas áreas de los departamentos de San Salvador, La Paz, Cuscatlán y San Vicente. Al sur esos depósitos rellenaron las depresiones en San Pedro Masahuat y San Antonio Masahuat. También hay caída en parte de Centroamérica y del sur de México. El volumen estimado por Hart y McIntyre [1983] para los depósitos de TBJ como magma diferenciado es de 20-50 km<sup>3</sup>, pero estudios mas recientes de Kutterolf et al., [2007] en la plataforma marina del pacifico, en América Central, calcularon un volumen aproximado de magma de 70 km<sup>3</sup> equivalente de roca densa (DRE). Hernández [2004] concluye que el estrato de TBJ solo se encuentra en un radio de 40 km del borde calderico y que este ha ido disminuyendo con el tiempo debido a procesos de erosión.

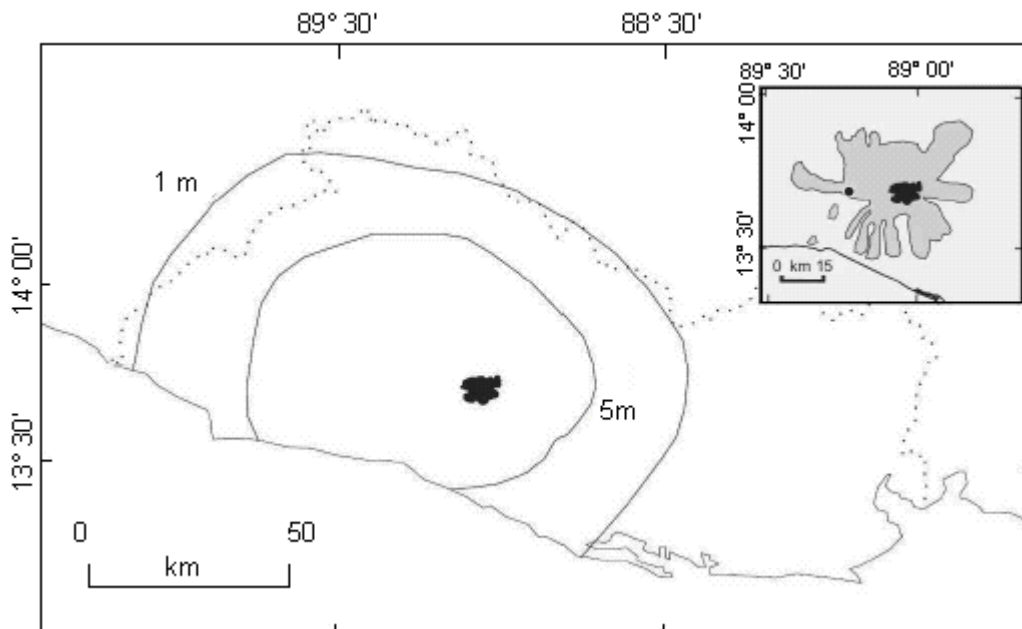


Figura 3.14. Extensión y espesor de TBJ en El Salvador. En recuadro, extensión aproximada de los flujos piroclásticos modificado de: Hart y Steen McIntyre (1983).

### 3.5.2 Composición química de la TBJ.

Un análisis cualitativo con el microscopio electrónico de barrido reveló que el Silice (Si) es un elemento dominante en la muestras de Tierra Blanca, el contenido de Silice es de al menos de un orden de magnitud mayor que el de los otros componentes. El Aluminio (Al) el cual es común en los suelos volcánicos, es el segundo mas abundante seguido por el Calcio (Ca), Oxigeno (O) y Magnesio (Mg). Esto es coherente con el elemento dominante de la TBJ siendo vidrio volcánico

riolítico (74 % de SiO<sub>2</sub>, Mann et al). El mineral predominantes en estas muestras son los paglioclasa feldespatos y hornblendas subordinadas (anfíboles). Otros minerales que incluye son ilmenita, magnetita y materiales amorfos como los iones de oxido e hidróxidos, este ultimo podría ser una gel. Estos resultados coinciden con el análisis petrográfico y mineralógico de Amaya Dubón y Hayem Breve (2000) [R. Rolo et al, 2004: p. 5].

Según pruebas de Mavrommati (2000) en cuanto a la microfábrica de la TBJ los estudios muestran que es un material abierto o con gran cantidad de vacíos, los granos están empaquetados de manera suelta, no existiendo enlaces entre ellos, teniendo forma angular las partículas y con presencia importante de pómez vesicular.

### **3.5.3 Tipos de depósitos generados por la erupción de la caldera de Ilopango.**

Los materiales de la TBJ se encuentran acumulados en depósitos piroclásticos de caída, flujos piroclásticos (ignimbritas) y depósitos de oleadas piroclásticas, el grado de consolidación en que se encuentran depende de la temperatura a las que fueron expulsados, presencia de agua durante la erupción y pueden distinguirse unos de otros dentro de un perfil de suelo por su color, consistencia y textura.

Es importante mencionar que hay depósitos de TBJ retrabajados los cuales están compuestos por material que cayó en las laderas o en lugares con pendiente fuerte y que por la acción de procesos dinámicos en que interviene el agua, la gravedad o el viento se movilizan hasta situarse en las faldas de las laderas o en las llanuras. También hay rellenos antrópicos que son importantes diferenciar de los estratos producto de la erupción.

Según lo observado en campo la TBJ está constituida por ceniza que contiene arena y limo (este último es abundante y tiene tamaño como el de una arcilla), asimismo hay fragmentos de pómez y de líticos que varían su tamaño dependiendo de su distancia al centro emisor.

#### **• Depósitos piroclásticos de caída.**

Fueron generados a partir de material expulsado por el conducto central de la caldera y por las coignimbritas asociadas a las nubes acompañantes que producen los flujos piroclásticos, generalmente las caídas muestran una variación vertical en la granulometría estando las partículas grandes y pesadas en la parte baja. En las caídas también hay presencia de lapilli acrecional (figura 3.15).



Otra característica que presentan, es que los espesores de estos depósitos van disminuyendo a medida que se alejan del lugar del centro de emisión. Los depósitos de caída de la TBJ están presentes en las unidades A, B, D, E y G.



Figura 3.15. Piroclastos de caída con desplazamiento hacia el noroeste de la de Ilopango [Mayo, 2009].

#### • Depósitos de Flujos Piroclásticos.

Hernández [2004: p.35] concluye que los flujos piroclásticos o ignimbritas constituyen los depósitos más ampliamente distribuidos y de mayor volumen de la TBJ, los cuales estuvieron presentes en las dos fases importantes que mencionan Hart y Steen-McIntire [1983]. En la fase eruptiva inicial de la TBJ sobresalen las ignimbritas de la unidad “C” (Gris y Amarilla), la ignimbrita Alfa y la ignimbrita Beta, con la cual termina la primera fase eruptiva. Las ignimbritas de la fase final son las más voluminosas y que tuvieron mayor desplazamiento alrededor de la estructura caldérica y corresponden a la unidad “F”.

Las ignimbritas de la unidad “F” de la TBJ cubren extensas áreas de los departamentos de San Salvador, La Paz, La Libertad, Cuscatlán y San Vicente. Estos flujos cuyos mecanismos de transporte son flujos turbulentos generados por el colapso de una porción de columna eruptiva, debido a la alta densidad que alcanza en determinado instante, se convierten en una masa densa de cenizas, pómez y líticos, saturada de gases (fluidización), que se desplazan ladera abajo por largas distancias. Los flujos se desplazan por las hondonadas y valles a los que rellenan en su desplazamiento, peneplanizando la superficie del terreno (ver figuras 3.16).

Los flujos piroclásticos experimentan durante el desplazamiento procesos de segregación de sus componentes. Los fragmentos grandes de pómez vesicular tienden a buscar el techo del flujo donde se concentran por flotación. A 9 km al norte del borde caldérico (Tonacatepeque) los depósitos de flujos piroclásticos forman una zona de 2 m de espesor de bloques de tamaños

variados que pueden alcanzar hasta 52 cm. Por otro lado, los líticos más grandes y pesados tienden a transportarse menos y a concentrarse en la base.

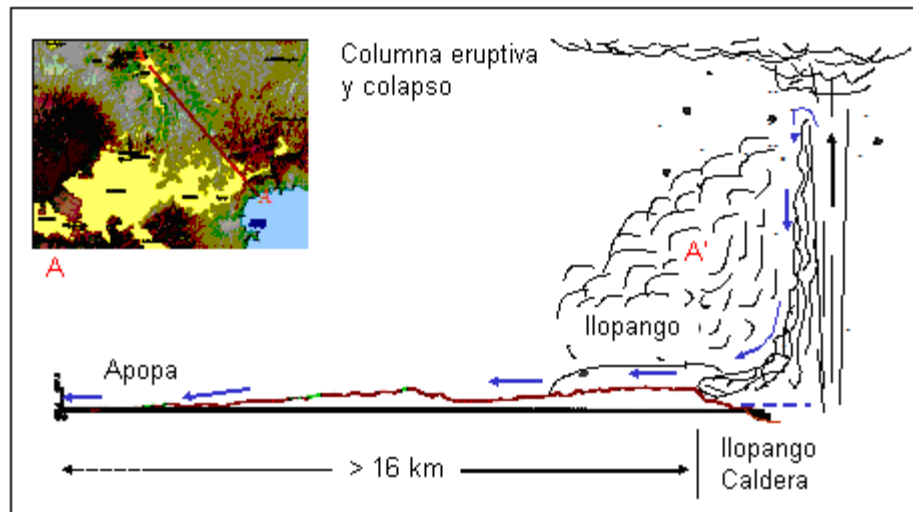


Figura 3.16. Colapso de la columna eruptiva y origen del flujo piroclástico con desplazamiento hacia el noroeste de la de Ilopango, a lo largo de antiguas quebradas y valles [Hernández, 2004: p.36].

Los flujos piroclásticos (unidad F) se desplazaron a lo largo de los antiguos cauces de ríos y quebradas, bordeando la parte baja de la ladera norte del volcán San Salvador y se extendieron por unos 35 km de largo hasta llegar cerca de Quezaltequepe. Al occidente, un flujo atravesó lo que actualmente es la capital, alcanzó Santa Tecla, para lo cual tuvo que desplazarse ladera arriba hasta llegar a la cota máxima de 930 m. Se encausó entre el escarpe de falla del borde del graben y la parte más baja de la falda sur del volcán San Salvador.

Un aspecto que llama la atención, son los afloramientos de TBJ a lo largo de la calle que conduce al mirador del cráter El Boquerón, donde yace un depósito de flujo piroclástico (Unidad F) cuyo punto más alto observado a 1740 msnm, tiene 20 cm de espesor y aflora a unos 700 m antes de llegar al Mirador.

El sur de la estructura caldérica está limitado por la barrera del borde de la Cordillera del Bálsamo, sin embargo, se han encontrado flujos piroclásticos que sobrepasaron ese borde y se desplazaron ladera abajo donde rellenaron depresiones topográficas con profundidades del orden de 60 m.

#### • Depósitos de oleadas piroclásticas (surges).

Los depósitos de oleadas piroclásticas en la TBJ se presentan en la unidad C, E y G. El origen de estos en la unidad E se considera producto de oleadas piroclásticas “base surge” de una erupción

freatoplíniana de la caldera de Ilopango que se dio en forma de explosiones dirigidas. Por lo contrario en la unidades C y G es del tipo “nube ceniza surge” la cual se forma a partir de la nube acompañante durante el emplazamiento de los flujos piroclásticos.

### 3.5.4 Descripción de las unidades de la TBJ.

Los depósitos acumulados de la última erupción Pliniana de la caldera de Ilopango están clasificados en nueve unidades estratigráficas de la “A” hasta la “G” incluyendo las ignimbritas alfa e ignimbritas beta. Hernández [2004: p.35] describe las unidades de la TBJ desde la más profunda hasta la más superficial de la siguiente manera:

**Unidad A:** Es un depósito fino, granular y localmente disperso de color café. Está compuesto por abundante pómez y abundante líticos, ambos con tamaño arena hasta grava. El espesor es muy delgado y a veces esta ausente por erosión a partir del flujo piroclásticos de la unidad “C” y normalmente se encuentra cementado por oxido de hierro. El espesor de este unidad en el borde calderico alcanza 0.37 m de espesor [Hart y Steen – McIntyre, 1983].

**Unidad B:** Es un depósito de caída de pómez pliniano frecuentemente contenido dos partes discretas: Cenizas gruesas basales y lapilli de caída en el techo. Las isopacas circulares para espesores inferiores a 1cm, significan que fue eruptado bajo condiciones de velocidad de viento escaso (Vallance y Houghton, 1998). Este depósito de espesor centimétrico suele presentar un color amarillento por causa de la pigmentación y cimentación de oxido de hierro por contacto con el paleosuelo subyacente, a veces esta unidad está ausente debido a la erosión producida por la ignimbrita ( Unidad C) y cuando está presente sirve de guía importante para identificar la base de la TBJ. En la figura 3.17 se presenta una fotografía de las unidades A y B.

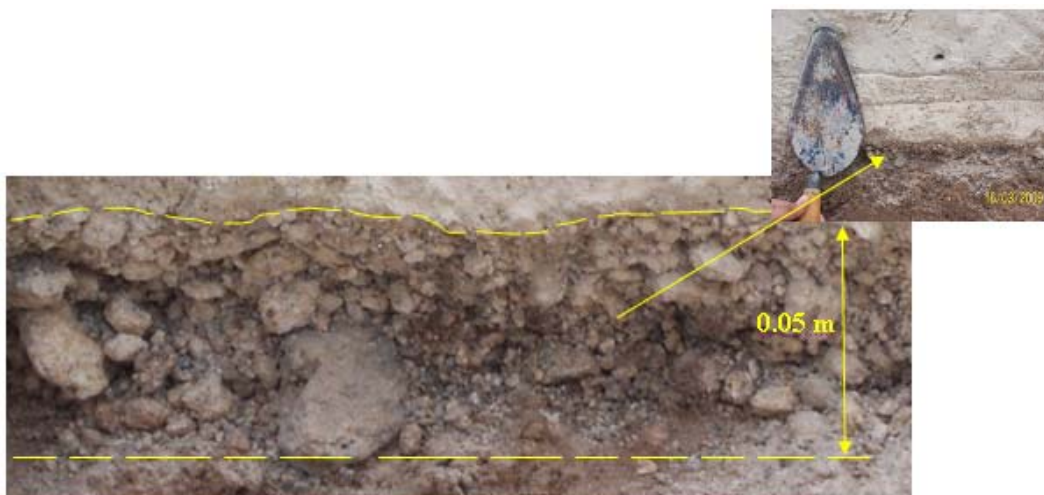


Figura 3.17. Fotografía de la Unidad A y Unidad B en un talud Ubicado en Quezaltepeque [Abril, 2009].

**Unidad C:** Es un depósito compuesto por dos flujos piroclásticos; el basal de color gris (ignimbrita gris), rico en líticos andesíticos, masivo, de poco desplazamiento. Este último de amplio desplazamiento es el más importante, de color amarillento (ignimbrita amarilla), rico en líticos hidrotermalizados y es el que se encuentra más frecuente en la secuencia. Presenta una ligera estratificación evidenciada por los fragmentos de pómez. En las depresiones muestran las mayores acumulaciones, alcanzando espesores en estos sitios de hasta 9m. En algunas áreas poseen granulometría más gruesa pero está parcialmente cementada por sulfatos y silicatos de cloruro de sodio, por eso, está relativamente más consolidada. En la figura 3.18 se presenta una fotografía de la ignimbrita gris.

**Unidad D:** Es un depósito que se caracteriza por ser rico en cenizas de grano fino, bien seleccionados desde el punto de vista geológico, pero mal graduado desde el punto de vista geotécnico. Presenta marcas de ondas gigantes de oleadas piroclásticas densas, estas estructuras y los depósitos de caída finos de la coignimbrita, le dan un aspecto estratificado. Este depósito en las facies intermedia y distal es bastante inconsolidado con ligeras variaciones entre un horizonte y otro, sin embargo, hacia el borde caldérico esta unidad está bastante cementada por minerales sulfatados y silicatados. En algunos afloramientos muestra un depósito de flujo piroclásticos con cierta estratificación planar. El techo está compuesto por ceniza con abundante lapilli acrecional. Es pobre en líticos. En la figura 3.19 se presenta una fotografía de la unidad D.



Figura 3.18. Fotografía de ignimbrita gris de la unidad C en un talud del río de las Cañas [Junio, 2009].



Figura 3.19. Fotografía de la unidad D en un talud del Rió de las Cañas [Junio, 2009].

**Unidad ignimbrita Alfa ( $\alpha$ ):** En el sector entre Ilopango y Soyapango aflora una ignimbrita masiva, con techo de color rosado tenue y beige en todo el depósito, posee matriz rica en cenizas finas, pómez centimétricos y pocos líticos, cementada en la base por sulfatos y silicatos, el resto de la unidad esta inconsolidada. Presenta frecuentemente estructuras de tubos de desgasificación. En la secuencia de la TBJ se localiza entre el techo de la Unidad D y la base de la E. posee un espesor máximo de 15m y un desplazamiento aproximado de 6 km al noroeste a partir del borde caldérico.

**Unidad E:** Está constituida por productos freatomagmáticos caracterizados por depósitos de caída finamente bandeados: Depósitos secos y húmedos alternados. Los depósitos secos son color claro, están compuestos por cenizas gruesas con lapilli, fino pumítico y líticos andesíticos (gravas y arenas), inconsolidados, bastante deleznales. Los depósitos húmedos están constituidos por ceniza muy fina, bien seleccionadas, color café claro y café oscuro cuando están húmedos, se caracterizan por estar bastante consolidados y son ricos en fragmentos vítricos y en cristales [Hart y McIntire, 1983]. Los depósitos húmedos muestran localmente deformaciones propias de sedimentos suaves indicando una deposición muy húmeda. Estos depósitos están medianamente distribuidos pero a veces están ausentes debida a la erosión producida por la ignimbrita sobreyacente (unidad F). En la figura 3.20 se presenta una fotografía de la unidad E.





Figura 3.20. Fotografía de la unidad E en un talud de la Qda. Arenal Seco [Junio, 2009].

**Subunidad Beta (Ignimbrita  $\beta$ ):** Está constituida por una ignimbrita de color café – café claro, muy compacto, con abundante matriz fina con pómez y lítico en moderada presencia. Se localiza en el techo de la unidad E y subyace a la unidad F. Esta ignimbrita frecuentemente no está presente debido a la erosión producida por la ignimbrita F y cuando sí lo está, los espesores son muy pequeños. El máximo espesor medido es de 4.6 m (Urb. Vista al Lago) y en el río El Playón es de 2.18m. Esta Ignimbrita que tiene un desplazamiento desconocido hasta el momento.

**Unidad F:** Está compuesta por varios flujos piroclásticos masivos, no soldados, de color claro a beige claro, con granulometría mal seleccionada y de espesores de unos 20 m hacia al sur. Presenta matriz de cenizas gruesas con abundantes fragmentos de pómez y líticos (ver figura 3.21). Hacia el norte en el cantón La Cabaña y en los cortes de la carretera del Paquete III (periférico), se observan 5 de estas ignimbrita que suman un espesor de 8m. Con frecuencia muestran evidencias de erosión y estructuras de carga que producen en la unidad subyacente. Esta unidad es la de mayor volumen y entre los flujos fue el que mayor desplazamiento alcanzó 37 km. Otro aspecto que llama la atención es que en el municipio de Nuevo Cuscatlán se observan

taludes compuestos por la unidad "F" de 5.5 m de altura, en los cuales se puede ver troncos de árboles carbonizados que fueron arrastrados por los flujos piroclásticos (ver figura 3.22).



Figura 3.21. Fotografía de la unidad F en un talud ubicado en la calle que conduce de Ilopongo a Changallo

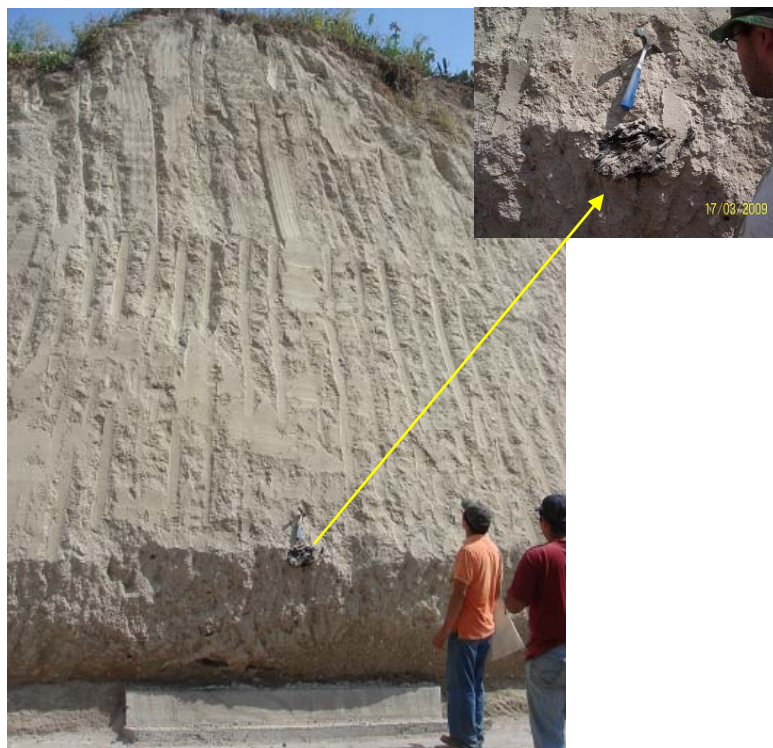


Figura 3.22. Fotografía de la unidad F y restos de un tronco de árbol carbonizado en un talud ubicado en Nuevo Cuscatlán.

En la figura 3.23 se presenta un resumen de la estratigrafía y características de los suelos que componen la TBJ, está se muestra en orden inverso a la depositación de los materiales.

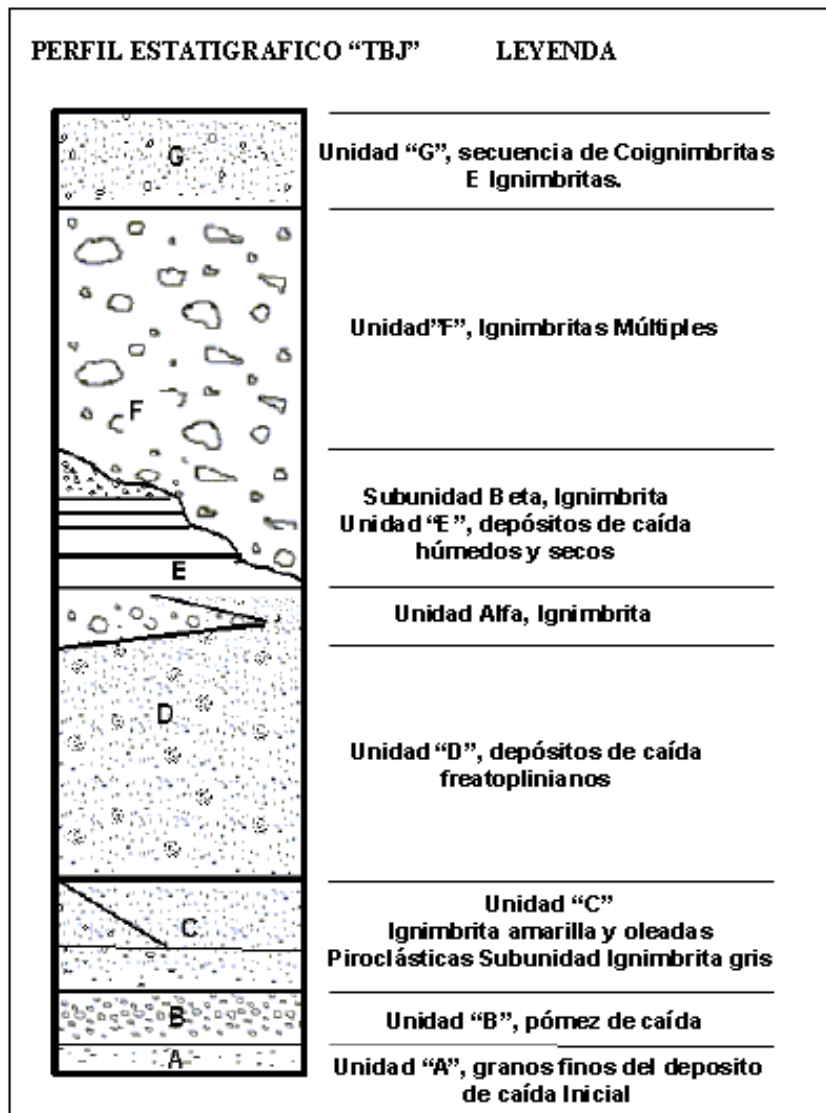


Figura 3.23. Perfil estratigráfico de los depósitos de Tierra Blanca Joven [Hernández, 2004: p.41].

### 3.6 Características de la unidad "G".

La unidad "G" es la capa superior de la TBJ y con base a la estratigrafía observada en campo se puede definir que está formada por secuencias de depósitos de piroclásticos de caída (coignimbritas), flujos piroclásticos de textura fina (ignimbritas) y oleadas piroclásticas "surges". En la figura 3.24 se presenta la distribución de estas depositaciones.



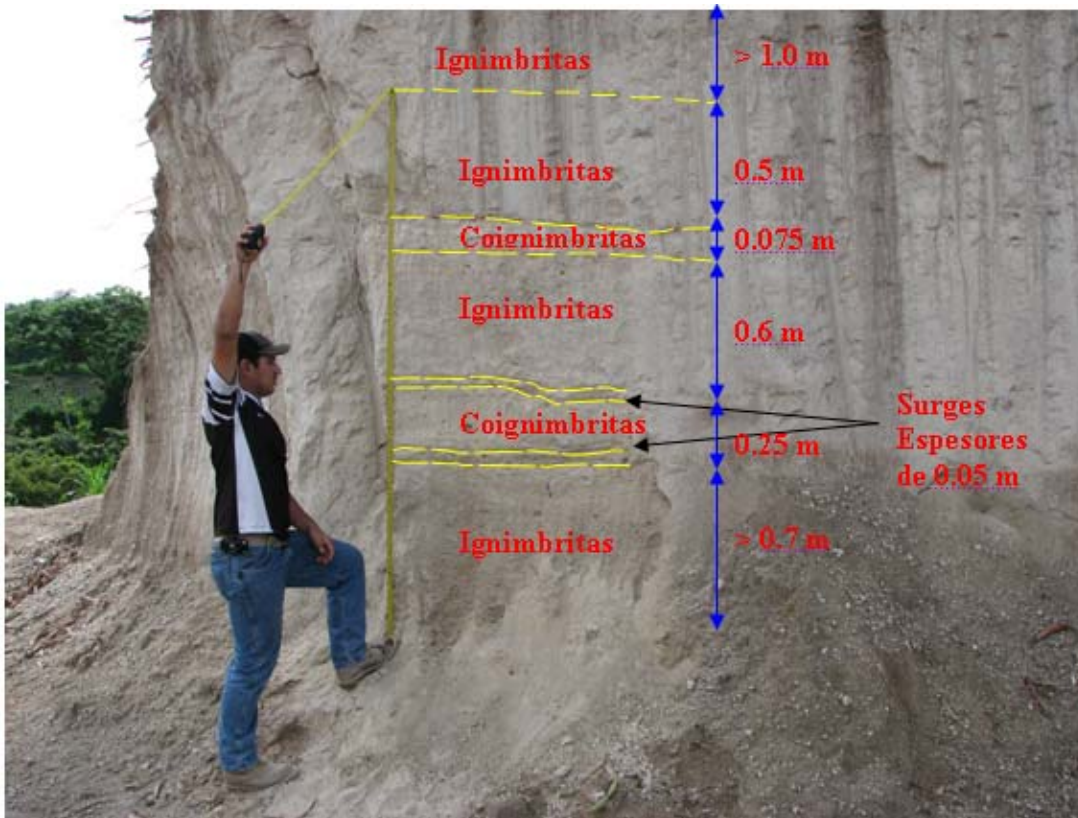


Figura 3.24. Perfil estratigráfico de la unidad "G" en un talud ubicado cerca del primer punto de extracción de muestras [Junio, 2009].

Las coignimbritas son materiales inconsolidados de consistencia suave, producto de la caída por gravedad del material fino de la nube acompañante que se forma por la elutriación de finos a partir del flujo piroclástico, esta presentan gran cantidad de lapilli acrecional de tamaño máximo de 30 mm (ver figura 3.25). El espesor y tamaño de piroclastos decrece conforme aumenta la distancia con respecto al borde caldérico de Ilopango. Este tipo de depósito tiene una textura franca (gran porcentaje de limo) y consistencia suave parecidos al talco.

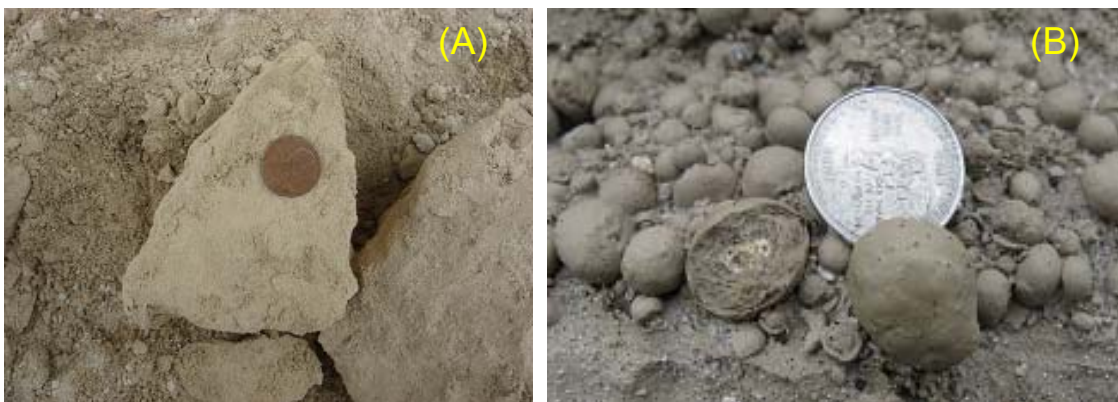


Figura 3.25. Fotografía: (A) coignimbrita, (B) lapilli acrecional [Junio, 2009].

Las ignimbritas de la unidad "G" presentan textura fina y una estructura con grado de consolidación mayor que las coignimbritas, propiedad atribuida a las altas temperatura y al efecto de enfriamiento en que se han depositado los flujos. Se caracterizan por un nivel textura heterogénea, matriz de suelo fino (cenizas), fragmentos de líticos angulares de 1 cm y abundante pómez vesicular de tamaño máximo de 15 cm. El tamaño del pómez aumentan hacia el techo del estrato debido al efecto de flotación del mismo en la matriz más densa y los líticos tienden transportarse menos y a concentrarse en la base. Otra característica que presentan es que el grado de consolidación, tamaño de los líticos y pómez disminuye a medida se alejan del centro de emisión de los flujos. En la figura 3.26 se muestra una fotografía de ignimbritas y tamaño de pómez en la zona proximal.

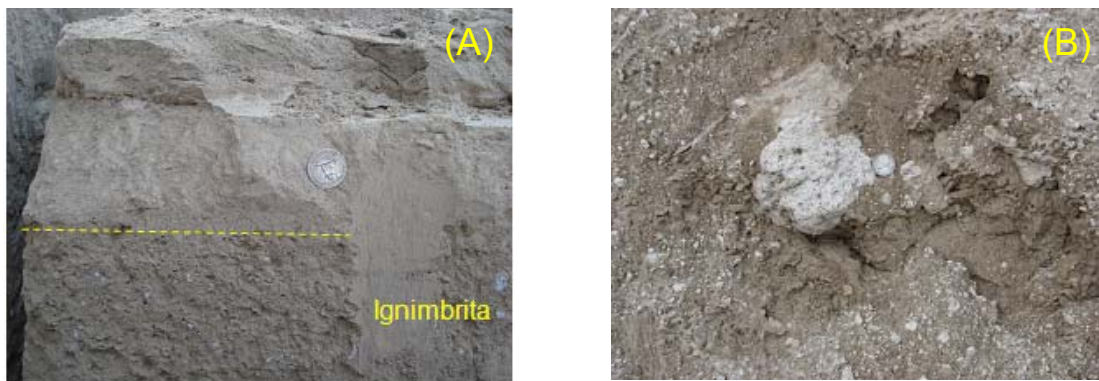


Figura 3.26. Fotografía: (A) ignimbritas, (B) pómez [Junio, 2009].

Los depósitos de oleadas piroclásticas (surges) son un estrato delgado con un alto grado de consolidación de color café claro, que muestran evidencia de haber sido húmedas y viscosas cuando fueron depositadas, dicho depósito surgen como consecuencia de la inclusión de aire frío en los flujos piroclásticos produciendo pequeñas explosiones que se depositan abajo de los flujos piroclásticos, están compuesto por material fino. Los espesores en la zona proximal son de aproximadamente 5 cm y van desapareciendo paulatinamente a medida se alejan de la caldera de Ilopango (ver figura 3.27).



Figura 3.27. Fotografía de oleadas piroclásticas (surges), [Junio, 2009].

Es importante poder distinguir en campo las diferencias que hay entre un estrato compuesto por la unidad “G” y un estrato retrabajado del mismo o un relleno, que muchas veces suele confundir al investigador. La diferencia radica en que las partículas gruesas, como lo son los líticos y pómez ya no presentan angulosidad, lo cual se debe a que estas se han desplazado de su lugar de depositación natural, a causa de procesos de erosión, presentándose tanto el pómez y líticos en forma redondeadas (ver figura 3.28).



Figura 3.28. Fotografía mostrando material retrabajado en un talud ubicado en la calle a Huizucar [Febrero, 2009].

La unidad “G” en conjunto tiene espesores hasta de 15 m en la zona proximal, que se pueden observar en los afloramientos en la Qda. Arenal Seco, Rió Las Cañas (ver figura 3.29 A) compuestos por secuencias de coignimbritas, ignimbritas y oleadas piroclásticas. En la zona distal se puede observar una pequeña capa delgada de espesor de 0.5 m de coignimbrita (ver figura 3.29 B) en donde ya no existe presencia de flujos piroclásticos.

Es de nuestro interés aclarar que muchas veces la secuencia de la TBJ puede ser interrumpida, faltando alguna unidad, dificultando la identificación estratigráfica de estas, como es el caso de la unidad “G” que en algunas zonas del AMSS no se cuenta con presencia de esta unidad debido a procesos antrópicos y procesos geodinámicos contemporáneos (ver figura 3.30 A) que muchas veces da lugar a dudar sobre su existencia. Uno de los procesos antrópicos en el cual es removido la unidad “G” es en los proyectos urbanísticos, en donde en las mayoría de ocasiones sea hace una mezcla entre la unidad F y G debido requerimientos de nivelación de terrazas. En otros casos



en donde la unidad "G" es de poco espesor esta desaparece por completo tal es el caso de la urbanización Los Almendros (ver figura 3.30 B).

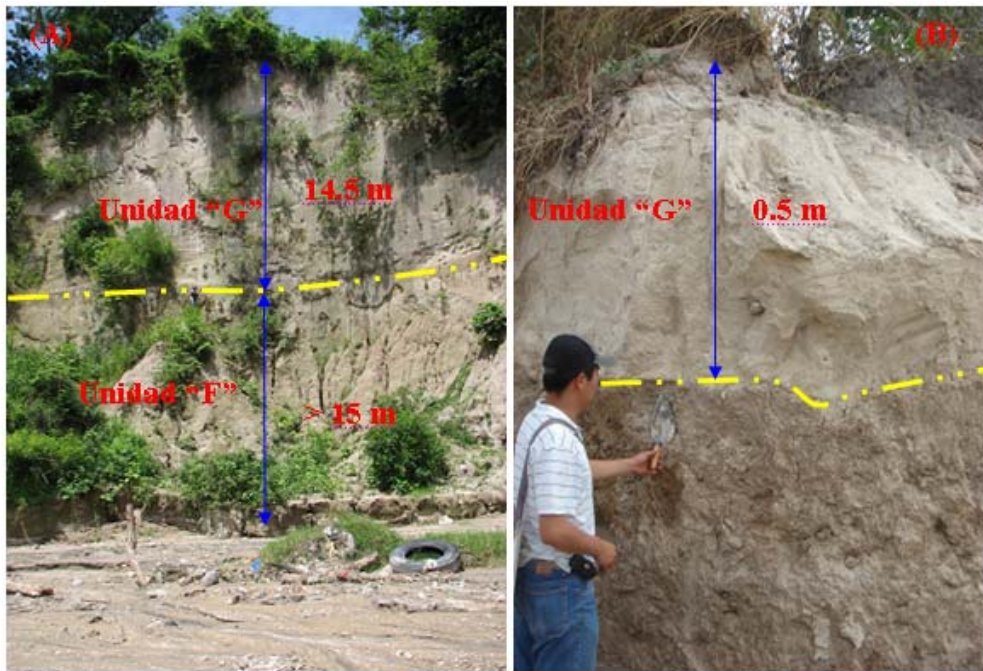


Figura 3.29. Espesores de la unidad "G" en zona proximal y distal: (A) Qda. Arenal Seco, (B) Carretera que conduce hacia Quezaltepeque [Junio, 2009].



Figura 3.30: (A) ausencia de la unidad "G" por proceso de erosión, (B) ausencia de unidad "G" en la urbanización Los Almendros en San Martín a causa de la terracería [Marzo, 2009].



## CAPÍTULO 4: PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LA UNIDAD “G”.

### 4.1 Introducción.

En la mecánica de suelos, las pruebas de laboratorio y las teorías para el diseño de estructuras geotécnicas están desarrolladas para obtener resultados confiables que predigan tanto el comportamiento de los suelos como el de las estructuras. En este capítulo se exponen los resultados de la totalidad de las pruebas realizadas para cada punto de muestreo. También se incluye el análisis e interpretación de los resultados obtenidos utilizando tablas y gráficos que resumen el comportamiento de los depósitos de suelos estudiados. Finalmente se presentan tablas resumen en las que se muestran tanto las propiedades mecánicas como físicas para cada punto analizado.

### 4.2 Diseño experimental de pruebas de laboratorio.

Para poder conocer las propiedades geotécnicas de la unidad “G” de la Tierra Blanca Joven (TBJ), se realizaron diferentes pruebas de laboratorio, las cuales se definieron en función del tipo de suelo con el que se estaba trabajando, para lo que se necesitaba establecer una metodología para el estudio sistemático de estas y de esta forma entender su comportamiento. También para la realización de los ensayos se tuvo que obtener muestras alteradas e inalteradas, las cuales se presentan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Cantidad de muestras alteradas e inalteradas.

Extracción de muestras alteradas e inalteradas							
1-A		1-B		2-A		2-B	
Alterada	Inalterada	Alterada	Inalterada	Alterada	Inalterada	Alterada	Inalterada
4	4	4	4	4	4	4	4
(sacos)	(quesos)	(sacos)	(quesos)	(sacos)	(quesos)	(sacos)	(quesos)

Las pruebas que se realizaron son:

- Pruebas para determinar las propiedades físicas del suelo
- Análisis granulométrico: Las muestras de suelo requerían un análisis granulométrico detallado, en este sentido y por variedad de tamaño de partículas presentes en el suelo de estudio, se llevaron a cabo análisis granulométrico mecánico para arenas y de sedimentación por hidrómetro para partículas con tamaños entre 0.075 mm hasta alrededor de 0.001 mm.

- Límites de Atterberg: Para la realización de la caracterización para la unidad “G” de la TBJ, era importante determinar los valores de límite líquido y plástico del suelo para así obtener el parámetro de plasticidad del mismo y poder clasificar el suelo bajo el Sistema Unificado de Clasificación de suelos, según la norma ASTM D-4318-00.
- Gravedad específica de los sólidos de suelo: La importancia de este ensayo para la caracterización del suelo, radica en su aporte de información sobre las partículas que componen el suelo y así determinar su densidad, además de ser un parámetro esencial para el cálculo de relación de vacíos inicial de los suelos, siendo esta prueba fundamental para el estudio del comportamiento del cambio volumétrico de estos.
- Pruebas para determinar propiedades mecánicas del suelo.
- Ensayo de Consolidación unidimensional: Este ensayo se incluyó debido a su idoneidad para investigar el fenómeno de cambio de volumen en los suelos, este se realizó en dos condiciones, para un estado natural de las muestras y para estado saturado, con el objetivo de conocer los coeficientes de permeabilidad de la unidad “G”, los índices de compresión y recompresión para estimar asentamientos en esta unidad.
- Ensayo Proctor (estándar): Esta prueba se desarrollo en ambos puntos de muestreo (1 y 2), la muestra se preparo con una combinación de 50% coignimbritas y 50% de ignimbritas, tratando de simular las condiciones en campo, cuando estas son mezcladas y compactadas, con el objetivo fundamental de conocer si las propiedades mecánicas de los depósitos de la unidad “G” de la TBJ, mejoran al ser sometidas a un proceso de compactación. También se buscaba determinar humedades óptimas y peso específico máximo.
- Ensayo de corte directo (caja de corte): El ensayo de caja de corte se puede realizar de diferentes formas y para determinar cuál era la más conveniente en este tipo de suelo, inicialmente se realizaron las pruebas consolidada-drenada (CD) y no consolidada-no drenada (UU) para una muestra, en las cuales se obtuvieron diferentes resultados de esfuerzos cortantes, en la CD se presentaron mayores valores de esfuerzo cortante que en la UU, debido a esto y para ser más conservadores se decidió hacer todos los ensayos de forma UU. Se hicieron ensayos para cada depósito por separado (ignimbritas y coignimbritas), en ambos puntos, tanto en estado saturado como en estado natural, también se sometieron a este ensayo las muestras previamente compactadas en proctor, en condición saturadas y no saturadas, para conocer como cambiaban sus propiedades en ambos estados. Los parámetros que se obtuvieron en este ensayo fueron el ángulo de fricción y valores de cohesión.

- Método de prueba estándar para la medición de potencial de colapso de los suelos: El colapso de un suelo se caracteriza por la brusca reducción de volumen ocasionado por el aumento de humedad. El objetivo de esta prueba fue determinar el índice de colapso que presentan los suelos de unidad “G” de la TBJ ante la presencia de agua.

#### 4.3 Programa de ensayos.

En la tabla 4.2 se observan los ensayos preliminares y En la tabla 4.3 se muestran los diferentes ensayos realizados para poder determinar las propiedades físicas y mecánicas de los depósitos de la unidad “G” de TBJ de erupción pliniana de la caldera de Ilopango, mostrando la norma, condiciones de muestra y número de ensayos realizados.

Tabla 4.2. Ensayos preliminares realizados a la unidad “G” de la TBJ.

Ensayo	Norma	Estado de las muestras y condiciones del ensayo	No. de ensayos
Caja de corte directo (no consolidad-no drenada)	ASTM-D-3080-98	Muestra inalterada de ignimbritas y coignimbritas (punto 1 ) natural y saturada	4
Caja de corte directo (consolidad-drenada)	ASTM-D-3080-98	Muestra inalterada de Ignimbritas y coignimbritas (punto 1 ) natural	2

Tabla 4.3. Ensayos finales realizados a la unidad “G” de la TBJ.

Ensayo	Norma	Estado de las muestras y condiciones del ensayo.	No. de ensayos
Análisis granulométrico (método mecánico)	ASTM C-422-63	Muestra alterada de ignimbritas y coignimbritas (punto 1 y 2).	4
Análisis granulométrico (método del hidrómetro)	ASTM C 422-90	Muestra alterada de ignimbritas y coignimbritas (punto 1 y 2).	4
Limite liquido y plástico e índice de plasticidad	ASTM D 4318-00	Muestra alterada de ignimbritas y coignimbritas (punto 1 y 2).	4
Gravedad específica	ASTM D-854-02	Muestra alterada de ignimbritas y coignimbritas (punto 1 y 2) y mezclas de ambos estratos (50% c/u).	6
Caja de corte directo (no consolidad-no drenada)	ASTM-D-3080-98	Muestra inalterada de ignimbritas y coignimbritas (punto 1 y 2) y mezclas de ambos estratos (50% c/u) para condición saturada y natural.	36
Consolidación unidimensional	ASTM D-2435-96	Muestra inalterada de ignimbritas y coignimbritas (punto 1 y 2 ) para condición saturada y natural	8



Prueba (estándar)	proctor	ASTM D 698-00a	Muestra alterada, mezcla de ignimbritas y coignimbritas (50% de c/u).	2
Potencial de colapso		ASTM-D-5333-92	Muestra inalterada de ignimbritas y coignimbritas (punto 1 y 2 )	4
TOTAL DE ENSAYOS REALIZADOS				68

De los ensayos mostrados en la tabla 4.3, el procedimiento realizado para cada prueba puede ser leído en la respectiva norma que los rige o también en la guía de laboratorio de geotecnia de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), Departamento de Mecánica Estructural.

En la figura 4.1 se presenta el esquema de ubicación de los puntos de extracción de muestras, comprendidos entre los municipios de San Martín y Soyapango. En la tabla 4.4 se muestra la nomenclatura utilizada para identificar cada uno de los puntos de muestreo, definiéndola de la siguiente manera: el número significa el punto de muestreo 1 ó 2 y a la letra A y B se le asignó a los diferentes depósitos.

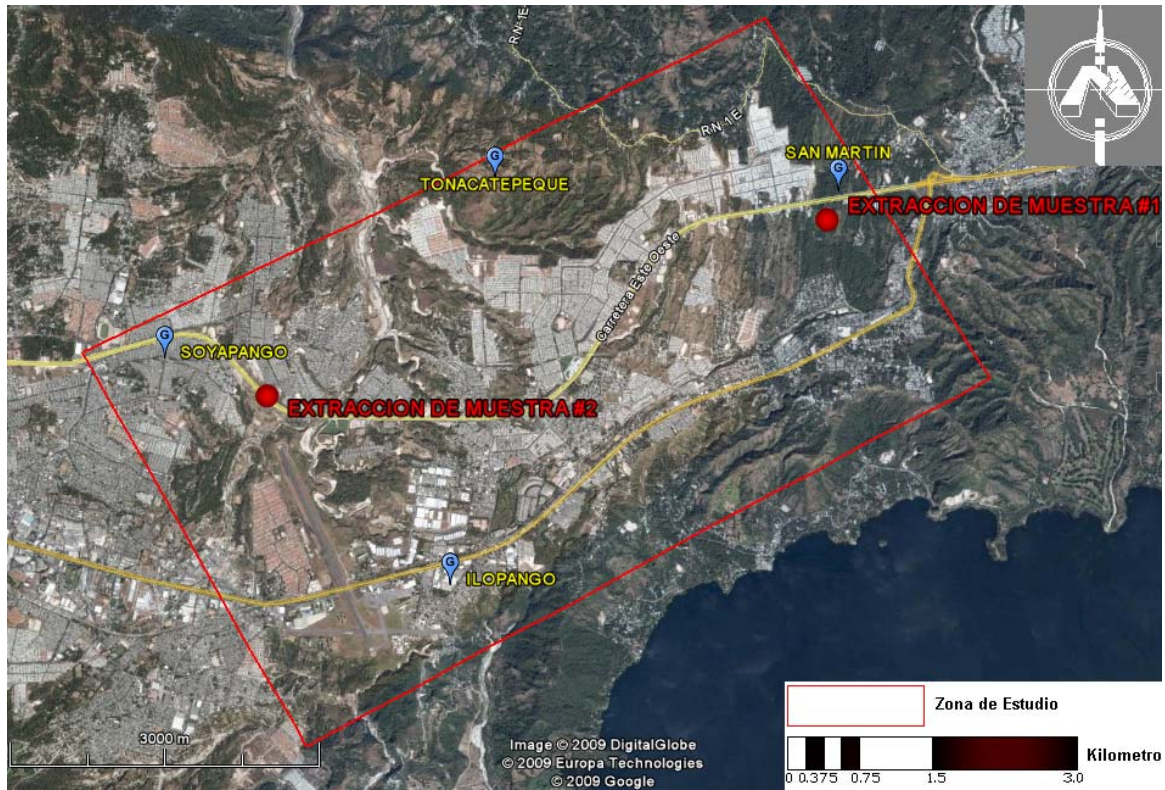


Figura 4.1. Esquema de ubicación de puntos de extracción de muestra [Google, 2009].

Tabla 4.4. Nomenclatura de identificación de muestras.

Lugar de extracción	Coordenadas con GPS	Punto	Depósitos
Punto 1: San Salvador - San Miguel (carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.	Latitud: 13°42'44.456"N.	1-A	Coignimbritas
	Longitud: 89°04'28.52"O	1-B	Ignimbritas
Punto 2: San Salvador - San Miguel (carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.	Latitud: 13°42'43.11"N.	2-A	Coignimbritas
	Longitud: 89°07'32.12"O	2-B	Ignimbritas

#### 4.4 Resultados y análisis de pruebas de laboratorio.

##### 4.4.1 Clasificación visual.

Tabla 4.5. Clasificación visual manual del punto de muestreo 1-A coignimbritas y 1-B ignimbritas

Punto de muestreo	1-A	1-B
Nombre de grupo.	Limo arenoso	Arena limosa
Símbolo de grupo.	ML	SM
Color.	Café claro.	Café.
Textura.	Franco.	Arenosa.
Tamaño máximo de partículas	0.5 cm en pómez	4 cm en pómez y de 1cm en líticos.
Angulosidad.	Si presenta.	Si presenta
Humedad.	Si presenta	Si presenta.



Figura 4.2. Punto de muestreo 1-A coignimbrita



Figura 4.3. Punto de muestreo 1-B ignimbrita

Tabla 4.6. Clasificación visual manual del punto de muestreo 2-A coignimbritas y 2-B ignimbritas.

Punto de muestreo	2-A	2-B
Nombre de grupo.	Limo arenoso	Arena limosa
Símbolo de grupo.	ML	SM
Color.	Café claro.	Café claro.
Textura.	Franco.	Arenosa.
Tamaño máximo de partículas	1 cm en pómez.	10 cm en pómez y de 2 cm en líficos.
Angulosidad.	Si presenta.	Si presenta.
Humedad.	Si presenta.	Si presenta.



Figura 4.4. Punto de muestreo 2-A coignimbrita.



Figura 4.5. Punto de muestreo 2-B ignimbrita.

#### 4.4.2 Granulometría (método mecánico e hidrómetro).

La granulometría o distribución granulométrica en la masa de suelo sirve para clasificar apropiadamente los suelos, con el objeto de poder correlacionar sus propiedades mecánicas e hidráulicas y así determinar la mejor optimización al momento de trabajar con estos. La granulometría por el método mecánico proporciona los tamaños promedios de las partículas que componen el suelo y el método por hidrómetro se utiliza para obtener un estimado de la distribución granulométrica de suelos cuyos tamaños de partículas se encuentra entre 0.075 mm y 0.001 mm. Este se basa en la velocidad de sedimentación de partículas en un líquido en función de su tamaño.

En el anexo A se pueden observar todos los resultados obtenidos de granulometría tanto para el método mecánico como por el método del hidrómetro para los puntos de muestreo 1-A y 1-B, de igual forma se presentan los resultados de los puntos de muestreo 2-A y 2-B. En la tabla 4.7 se presentan los porcentajes de distribución de partículas de cada punto de muestreo.

Tabla 4.7. Cuadro de comparación de porcentajes de distribución de partículas para las muestras 1-A, 1-B, 2-A y 2-B.

	1-A	2-A	1-B	2-B
Grava Gruesa	0.00	0.00	0.00	0.00
Grava Fina	0.00	0.00	0.00	1.30
Arena Gruesa	5.01	3.48	11.80	5.94
Arena Media	8.87	15.44	25.60	22.00
Arena Fina	33.83	38.96	34.38	35.02
Finos	52.29	42.12	28.22	35.74
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00

En las figuras 4.6 y 4.7 se presenta la superposición de gráficas de granulometría por ambos métodos, para coignimbritas e ignimbritas respectivamente, en donde se observa una discontinuidad en cada una de las gráficas, esto se debe a la forma irregular de las partículas de suelo, ya que el método del hidrómetro considera a estas como esferas para poder utilizar la ley de Stokes, pero es un método idealizado que puede proporcionar datos aproximados.

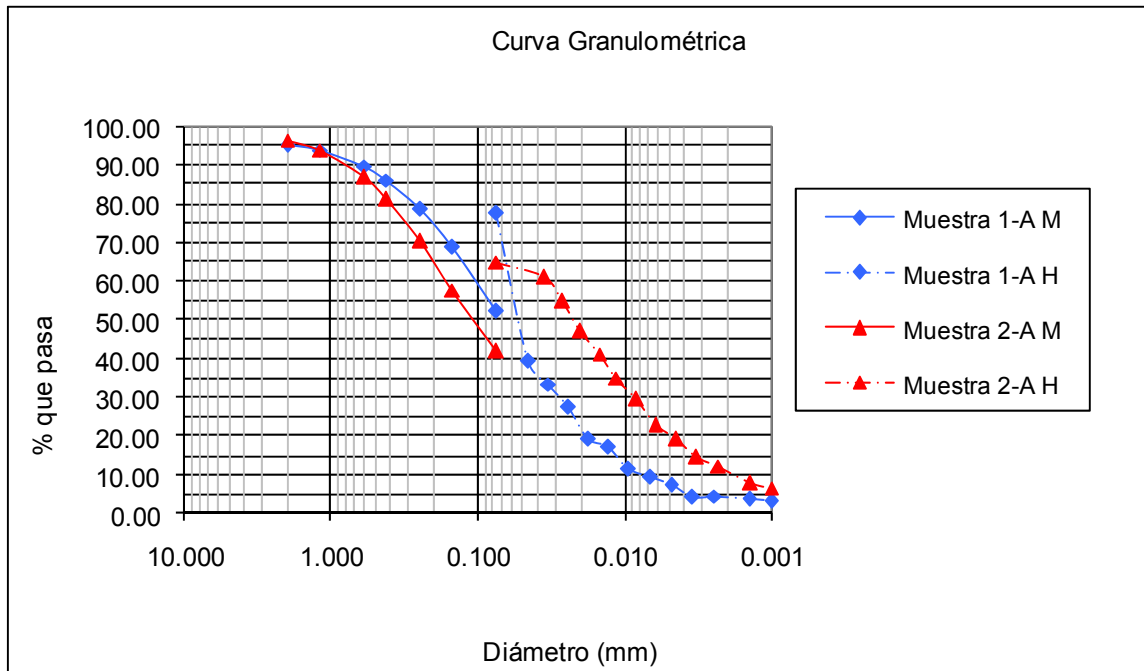


Figura 4.6. Curva granulométrica del punto de muestreo 1-A y 2-A



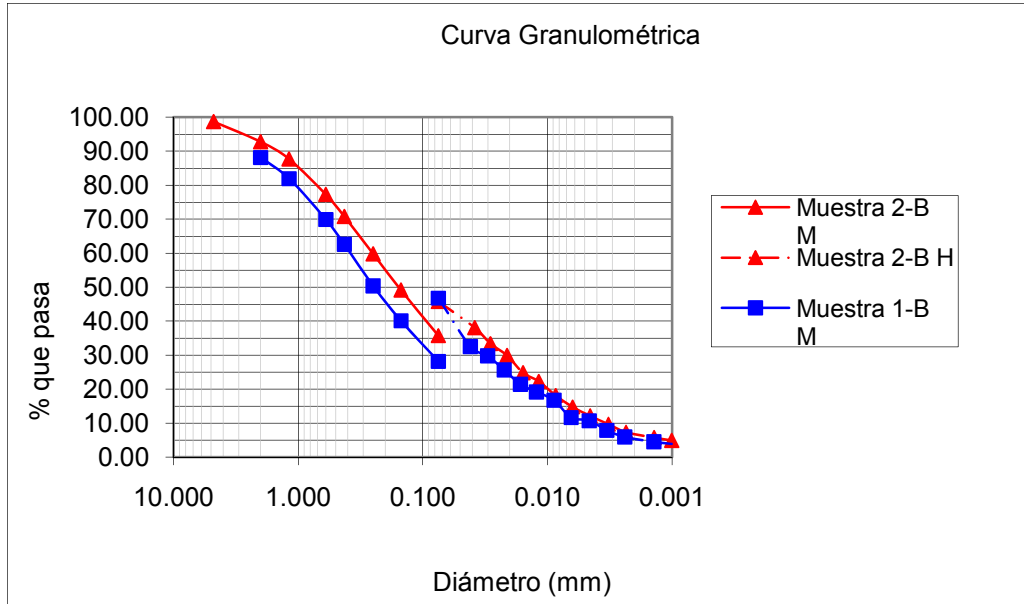


Figura 4.7. Curva granulométrica del punto de muestreo 1-B y 2-B.

#### 4.4.3 Límites líquido y plástico de los suelos e índice de plasticidad.

A ninguna de las muestras se les pudo determinar el límite líquido, tras seguir las instrucciones descritas por la normativa, se encontró que la ranura de 1/2" cerraba para un número de golpes mucho menor a los presentados por la norma ASTM D 4318-00. Los valores de golpes que se obtuvieron fueron entre 7 y 9 golpes. Esto para cada uno de los intentos realizados, variando el contenido de agua o agregando más material y mezclando. Al momento que se le agregaba más material, el resultado era que este no cerraba, se agrietaba. Por lo que el suelo ensayado no presenta límite líquido, en la figura 4.8 se observa la dificultad que el material presentaba al moldearlo en la copa de Casagrande. De igual forma no se logró hacer los rollitos de un 1/8", ya que estos se desmoronaban rápidamente como se puede observar en la figura 4.9, por lo que no fue posible determinar el límite plástico.



Figura 4.8. Moldeado de la muestra en la copa de Casagrande



Figura 4.9. Moldeado de los rollitos de un 1/8 "

De los resultados presentados en la tabla 4.7, las muestras 1-A, 1-B y 2-B coinciden con la clasificación visual manual hecha al inicio de la extracción, a diferencia del 2-A que menos del 50% pasa la malla N° 200, por tanto lo podemos clasificar con una arena limosa SM.

#### 4.4.4 Gravedad específica.

Los valores de gravedad específica de sólidos de los materiales analizados se presentan en la tabla 4.8

Tabla 4.8. Resultados de gravedad específica de los sólidos del suelo.

MUESTRA	1-A	1-B	1-A y 1-B	2-A	2-B	2-A y 2-B
Gs	2.42	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41

La gravedad específica promedio para el suelo analizado es de 2.41, nótese que este valor es bajo en comparación a los rangos sugeridos para sólidos en general que es de 2.6 a 2.9 Das, B [2001, p.7], esto se debe a que la mayoría de granos gruesos, “arenas” encontradas en el suelo son pómez (ver figura 4.10) y este es un material de muy bajo peso en relación a su volumen, por lo contrario son muy cercanos a los valores determinados en Tierras Blancas del AMSS que son de 2.43 a 2.5 estudios realizados por Guzmán y Melara [1996] y Rolo [1998].



Figura 4.10. Muestras retenidas en cada tamiz del punto 1-A.

#### 4.4.5 Ensayo de corte directo (caja de corte).

El ensayo de corte directo consiste en el desplazamiento relativo de una porción de suelo con respecto a otra, debido a la acción de una fuerza de corte que actúa en un plano horizontal inducido. Con el objetivo de realizar una mejor caracterización de la unidad “G”, se decidió hacer dos tipos de ensayos preliminares los cuales consistieron en: pruebas no consolidada-no drenada (UU) y consolidada-drenada (CD), para conocer su comportamiento mecánico bajo condición saturada y con humedad natural.

En las figuras 4.11 y 4.12 se presentan los gráficos de esfuerzo cortante vrs desplazamiento horizontal de las coignimbritas e ignimbritas para las condiciones no consolidad-no drenado (UU) tanto en estado natural como saturado y consolidada drenada (CD) en estado natural, en donde se observar que la condición más desfavorables para ambas muestras es la UU por presentar menor esfuerzo cortante. Por tal razón los ensayos para las muestras de esta investigación, se hicieron bajo esta condición, para estado natural y saturado.

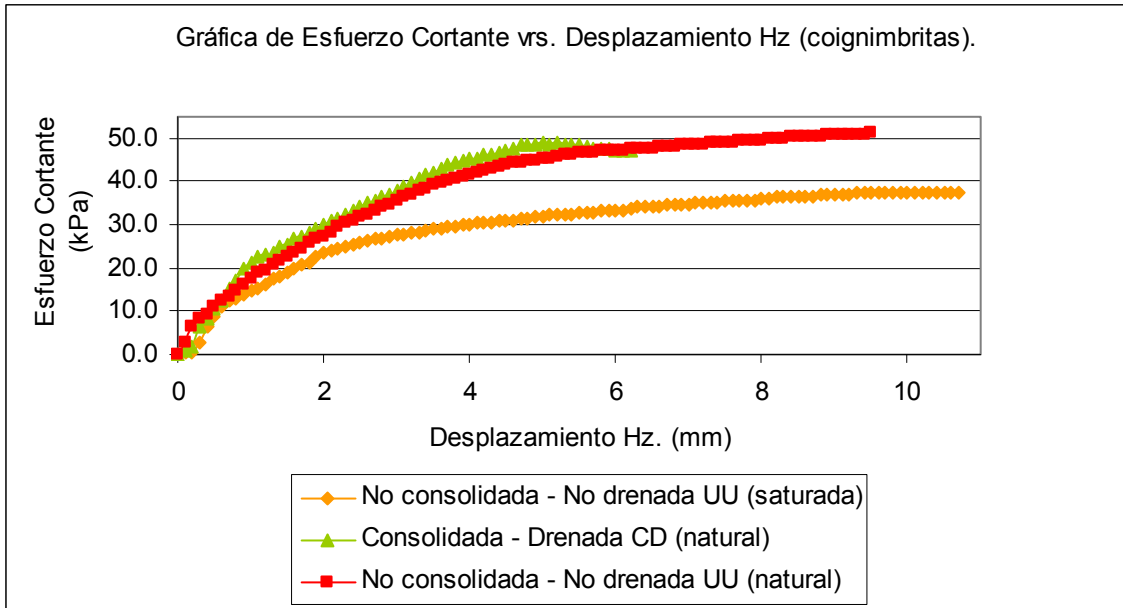


Figura 4.11. Superposición de gráficos de esfuerzo cortante vrs desplazamiento horizontal para coignimbritas.

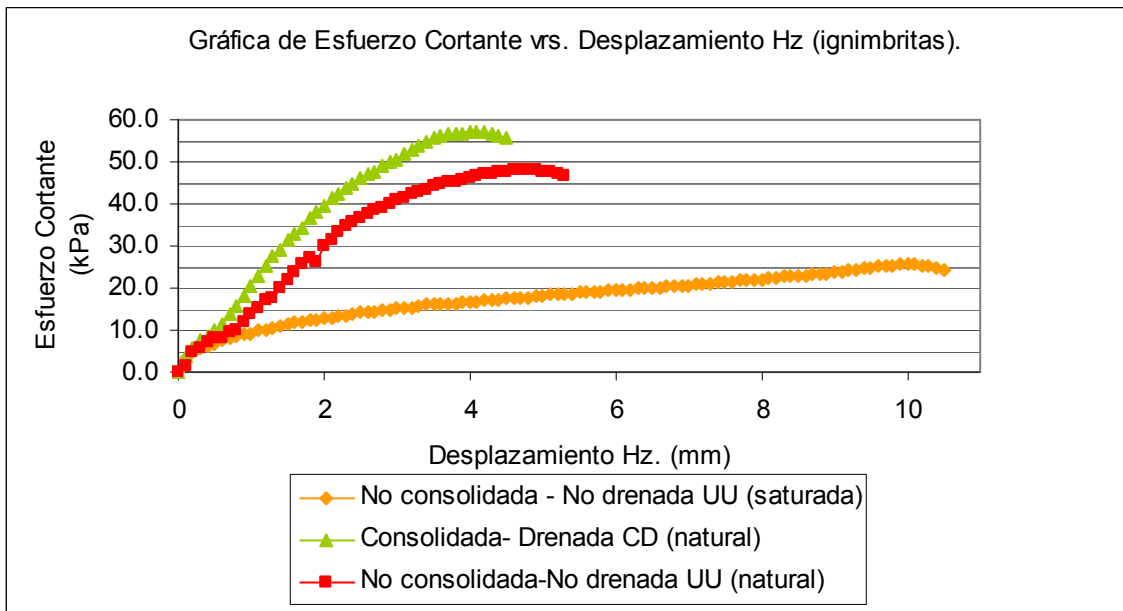


Figura 4.12. Superposición de gráficos de esfuerzo cortante vrs desplazamiento horizontal para ignimbritas.

En este trabajo se realizaron ensayos a muestras de coignimbritas e ignimbritas, en estado de saturación y natural; así como también para especímenes de suelos compactados (mezcla de coignimbritas e ignimbritas), con el fin de conocer las variaciones en sus propiedades mecánicas ( $c$  y  $\Phi$ ), ante diferentes condiciones. En la tabla 4.9 se presenta un resumen del tipo de ensayo que se realizaron para las diferentes muestras en estado natural, saturado y compactado

Tabla 4.9 Condiciones de las muestras 1 y 2 para ensayo de caja de corte.

Material.	Estado de la muestra.	Tipo de ensayo.
Coignimbritas 1-A.	Humedad natural.	UU
	Saturado.	
Ignimbritas 1-B.	Humedad natural.	UU
	Saturado.	
Coignimbritas 2-A.	Humedad natural.	UU
	Saturado.	
Ignimbritas 2-B.	Humedad natural.	UU
	Saturado.	
Mezcla de coignimbritas e ignimbritas, punto 1.	Humedad óptima.	UU
	Humedad óptima en condición saturada.	
Mezcla de coignimbritas e ignimbritas, punto 2.	Humedad óptima.	UU
	Humedad óptima en condición saturada.	

Las figuras de la 4.13 a la 4.30 muestran los resultados del ensayo, para cada una de las muestras en estado natural y saturado, también la envolvente Coulomb, en ambos estratos de la TBJ. Los esfuerzos normales a los se realizaron los ensayos fueron: 20, 39 y 59 kPa.

#### Muestra 1-A.

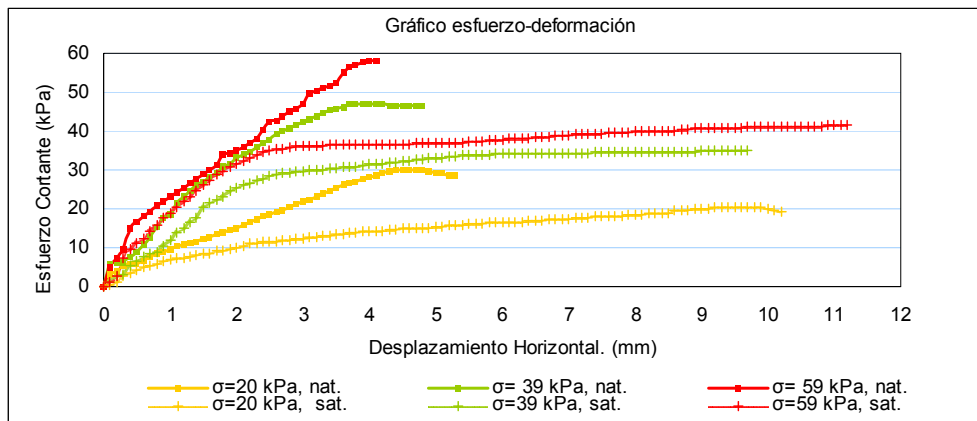


Figura 4.13. Gráfico de esfuerzo-deformación de la muestra 1-A.



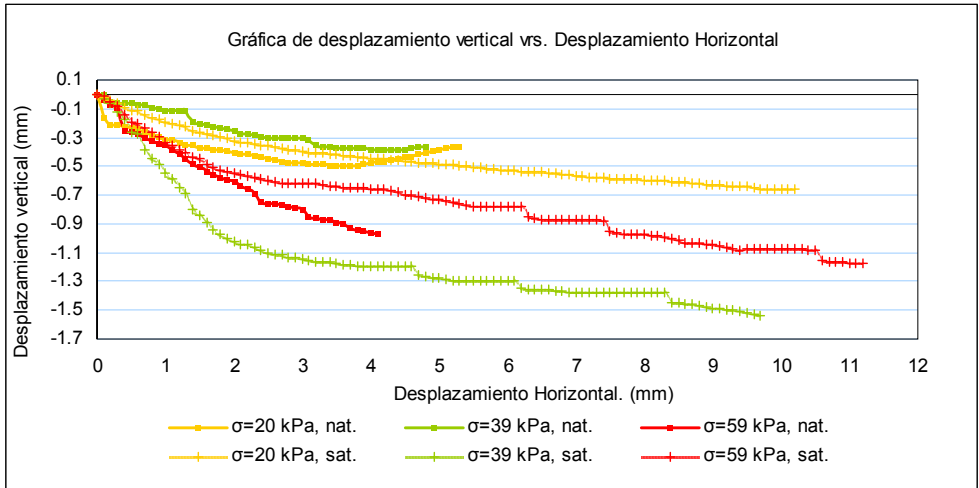


Figura 4.14. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 1-A.

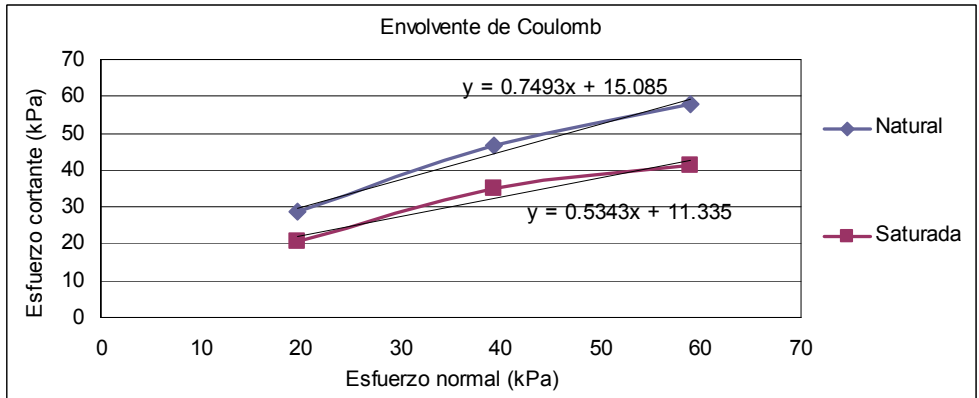


Figura 4.15. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 1-A.

Muestra 1-B.

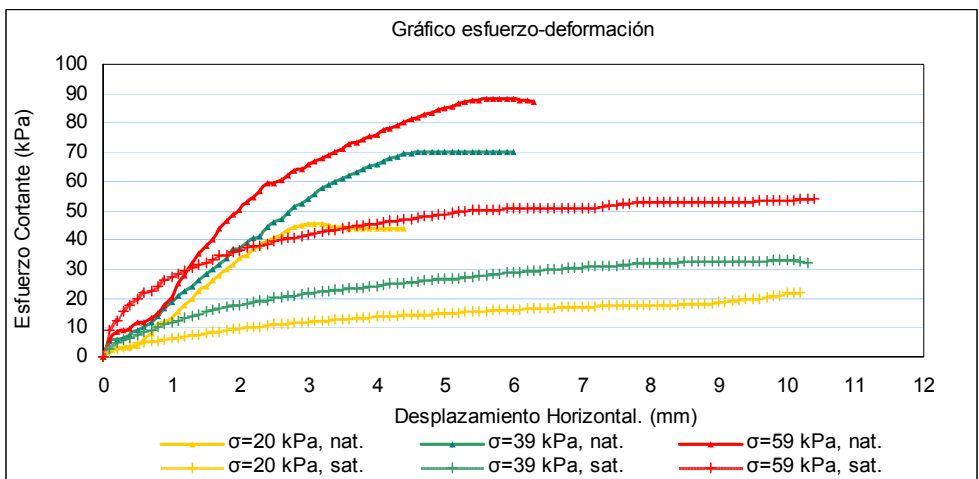


Figura 4.16. Gráfico de esfuerzo-deformación de la muestra 1-B.

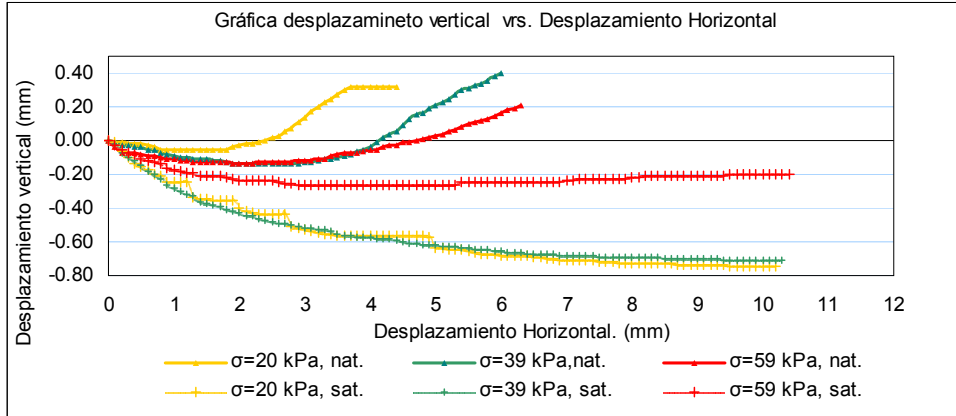


Figura 4.17. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 1-B.

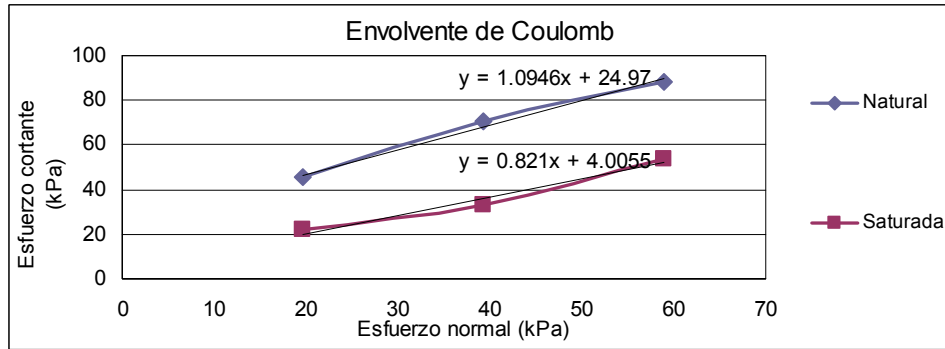


Figura 4.18. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 1-B.

Muestra 2-A.

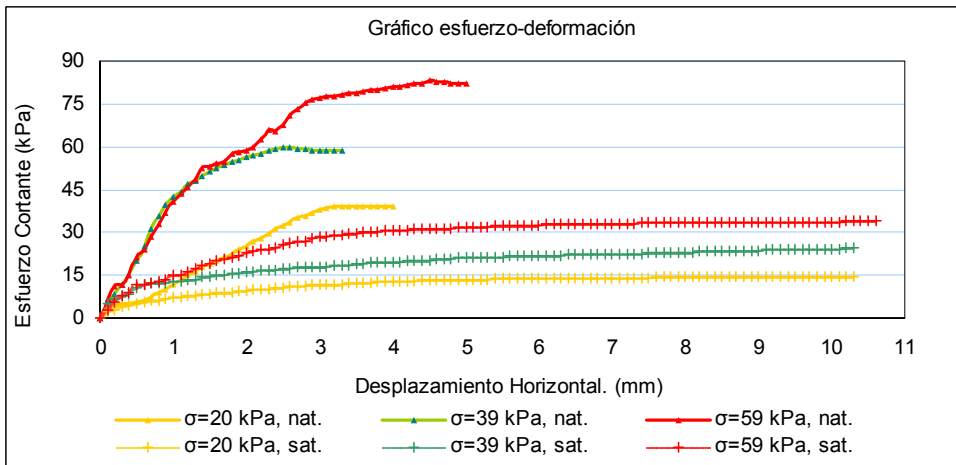


Figura 4.19. Gráfico esfuerzo-deformación de la muestra 2-A.

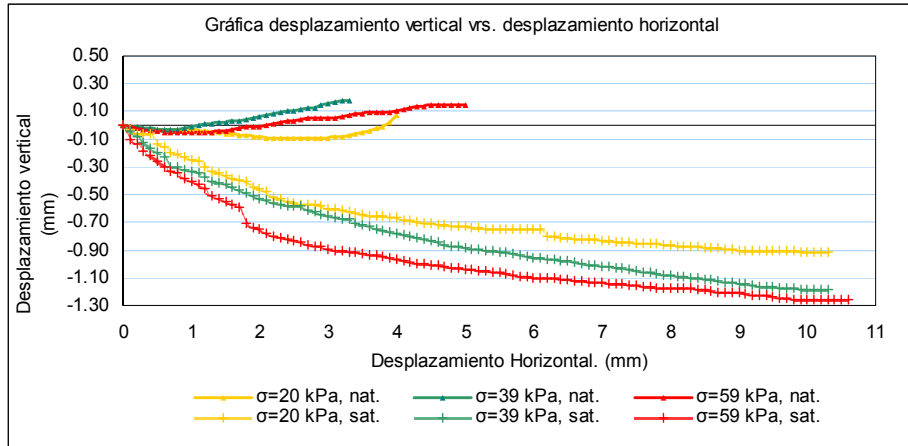


Figura 4.20. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 2-A.

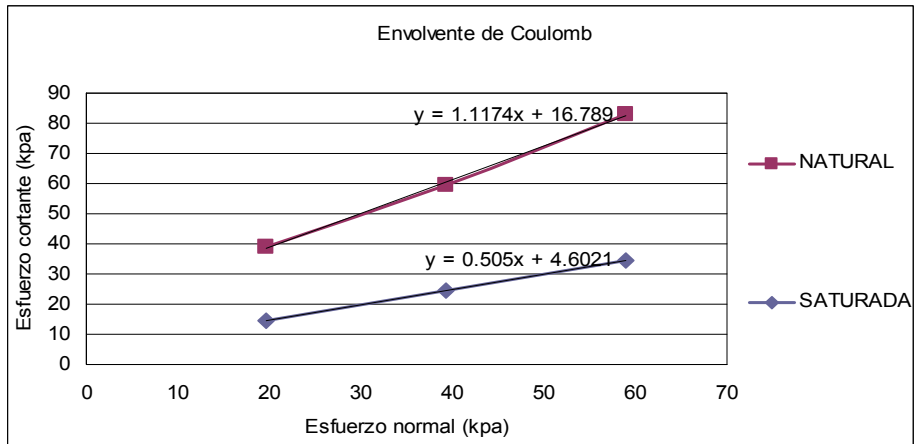


Figura 4.21. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 2-A.

Muestra 2-B.

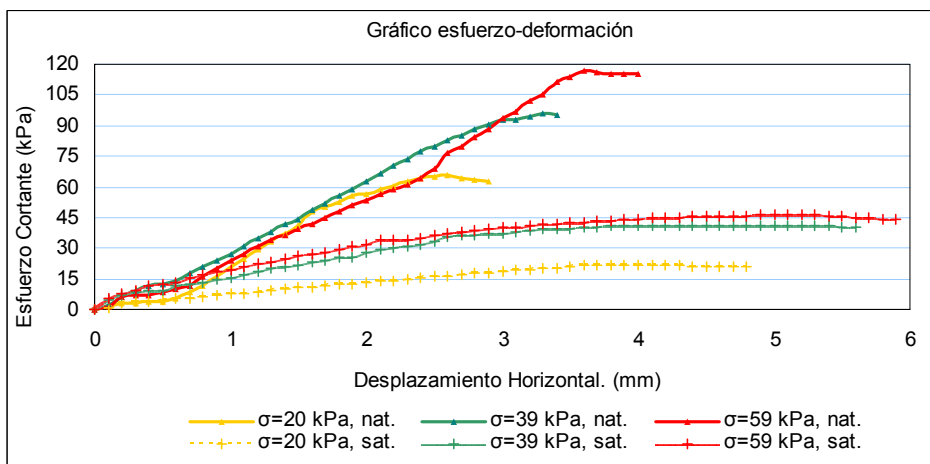
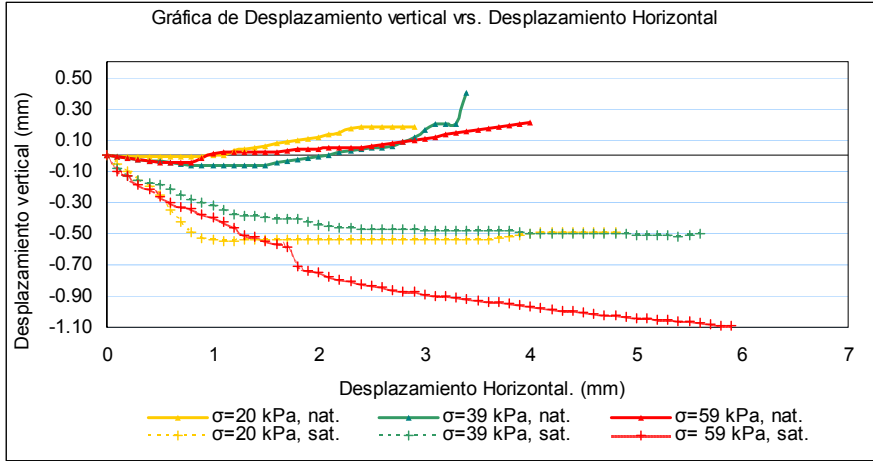


Figura 4.22. Gráfico esfuerzo-deformación de la muestra 2-B.



4.23. Gráfico de desplazamiento horizontal vs desplazamiento vertical de la muestra 2-B.

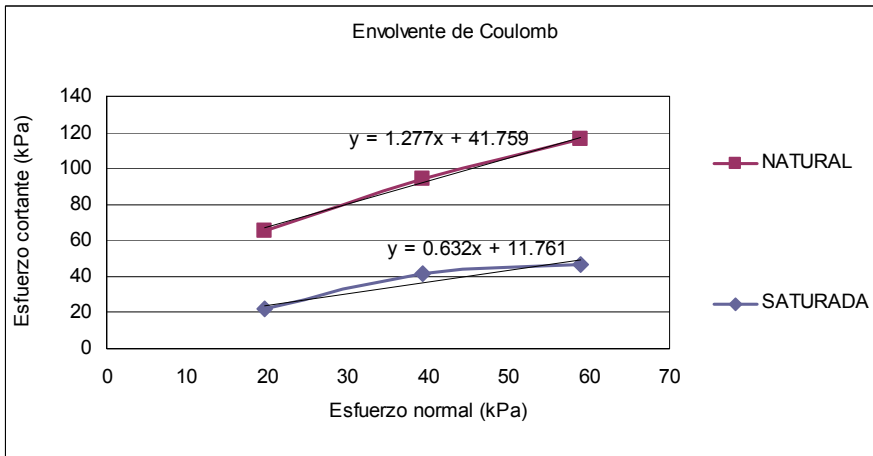


Figura 4.24. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 2-B.

Muestra 1 (proctor).

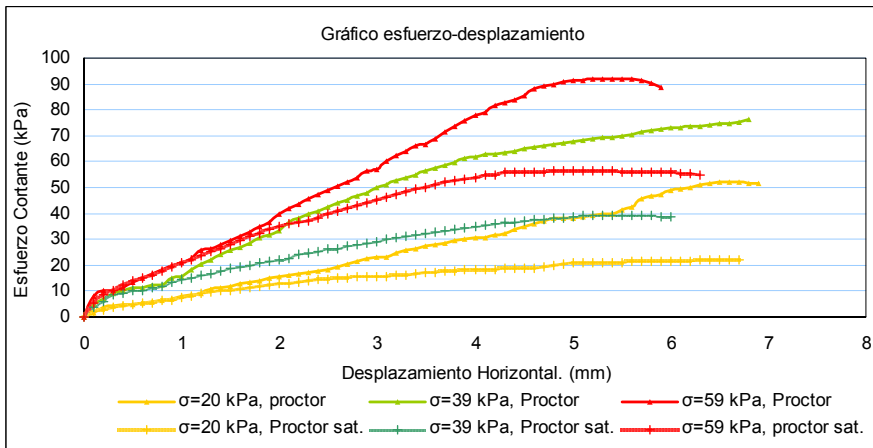
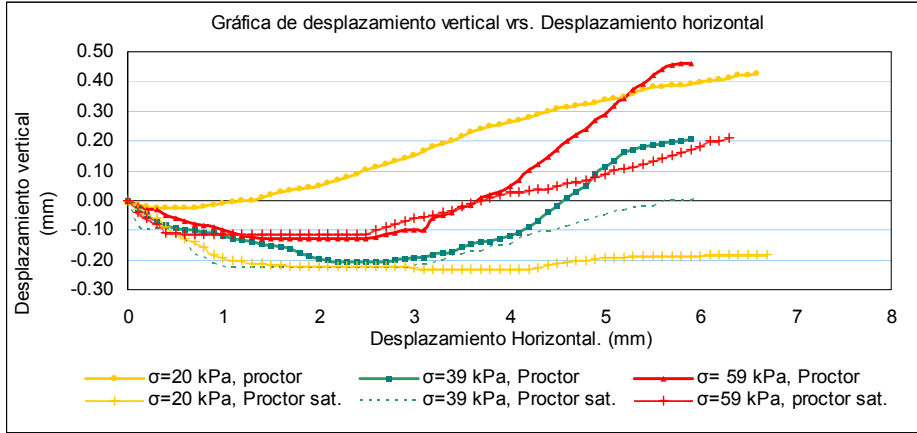


Figura 4.25. Gráfico esfuerzo-deformación de la muestra 1 (proctor).



4.26. Gráfico de desplazamiento horizontal vs desplazamiento vertical de la muestra 1 (proctor).

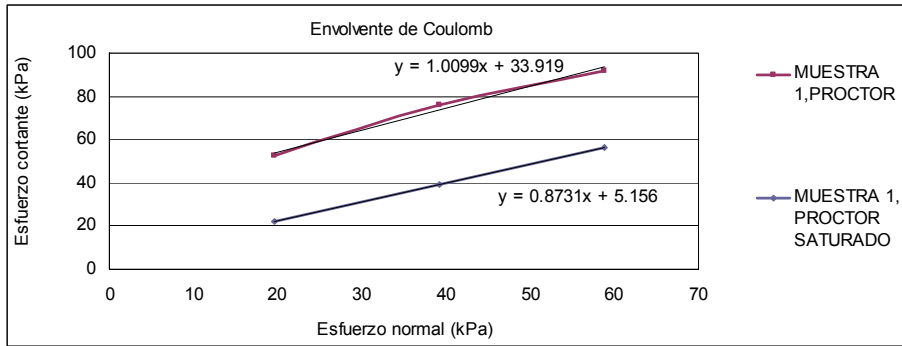


Figura 4.27. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 1 (proctor).

Muestra 2 (proctor).

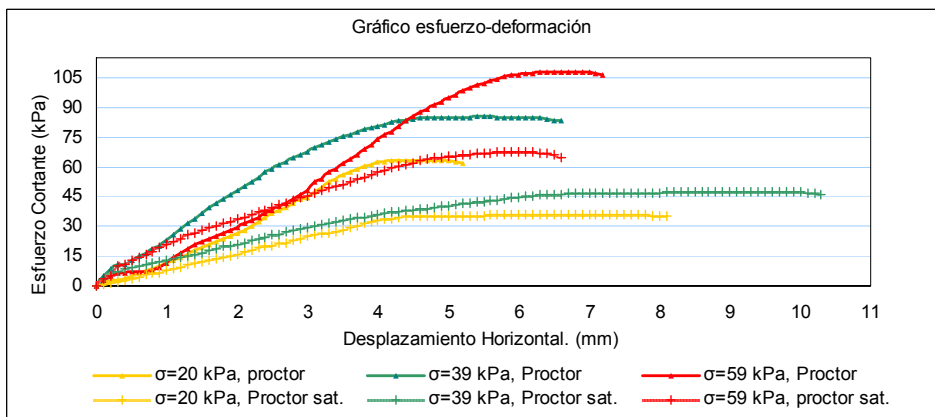
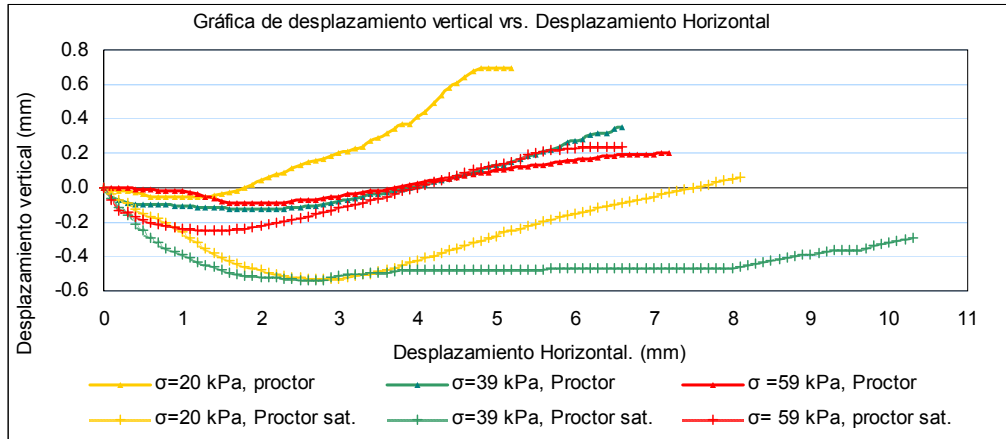


Figura 4.28. Gráfico esfuerzo-deformación de la muestra 2 (proctor).



4.29. Gráfico de desplazamiento horizontal vrs desplazamiento vertical de la muestra 2 (proctor).

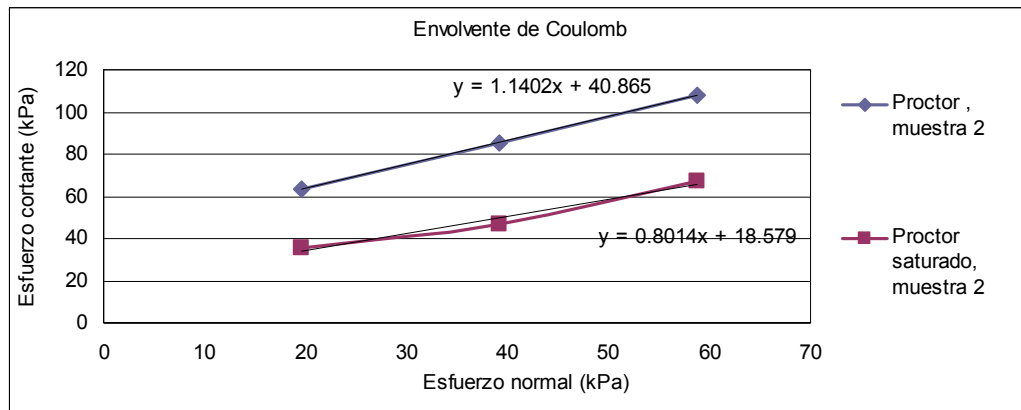


Figura 4.30. Gráfico de envolvente de Coulomb de la muestra 2 (proctor).

#### Análisis de resultado de caja de corte.

Las cargas a las que se sometieron las muestras ensayadas fueron 10 kg, 26 kg y 41 kg. Los resultados de los ensayos de caja de corte realizados para cada una de las muestras se presentan en la tabla 4.10, la cual contiene los ángulos de fricción ( $\Phi$ ) y las cohesiones del suelo ( $c$ ), a partir de la envolvente de Coulomb, tanto para muestras naturales, como saturadas.

Tabla 4.10. Resultado de los ensayos de caja de corte

Material.	Clasificación según SUCS	Resultados del ensayos.			
		Ángulo de fricción (°).		Cohesión kPa.	
		Humedad natural.	Saturado.	Humedad natural.	Saturado.
Coignimbritas 1-A.	ML	36.8	28.11	15.1	11.3

Ignimbritas 1-B.	SM	47.6	39.4	25.0	4.0
Coignimbritas 2-A.	SM	48.3	26.8	16.8	4.6
Ignimbritas 2-B.	SM	51.9	32.3	41.8	11.8
Mezcla de coignimbritas e ignimbritas, punto 1.	NA	45.3	41.1	33.9	5.2
Mezcla de coignimbritas e ignimbritas, punto 2.	NA	48.7	38.7	40.8	18.6

En los gráficos 4.13 a 4.30 se puede observar el comportamiento de los depósitos de suelos analizados, las muestras 1-A, 1-B, 2-A, 1-proctor y 2-proctor, en ambas condiciones, natural y saturada, y la 2-B saturada, presentan comportamientos de falla dúctil, debido a que durante el proceso de las pruebas se siguieron registrando valores de deformación horizontal después de haber ocurrido el esfuerzo máximo, sin embargo la muestra 2-B, en su estado natural, presento un comportamiento frágil, ya que cuando se dio el esfuerzo máximo ya no se registraron mayores desplazamientos horizontales.

Las muestras 1-B, 2-A y 2-B presentan mayores valores de ángulo de fricción, debido a que el material predominante en estos son las arenas. Caso contrario es la muestra 1-A, en la que predominan los limos, lo que se ve reflejado en la disminución en el valor del ángulo de fricción.

Las muestras de suelos ensayadas se han clasificado como arenas limosas y limos arenosos. Estudios realizados anteriormente a los depósitos de TBJ, han demostrado que estos suelos poseen propiedades de succión y cementación (Se deduce por inferencia que las cadenas de coloides  $\text{SiO}_2$  bajo la forma de geles están presentes en las tefras de TBJ, dado a la presencia de minerales silicatados y se asume que son la fuente de  $\text{SiO}_2$ ) lo cual les genera presencia de cohesión. En todos las muestras ensayadas, el valor de cohesión está relacionado en gran parte con las propiedades mencionadas, el fenómeno de la succión surge por la presencia de agua entre los intersticios de los granos, que genera una presión de poros negativa, la cual mantiene unidas las partículas debido a las tensiones capilares y de esa manera aumenta la resistencia al corte de estos, haciéndolos muy consistentes, generándoles una cohesión aparente, la cual les permite a los taludes mantenerse verticales, pero cuando estos suelos entran en contacto con el agua, esta resistencia desaparece. Ese fenómeno lo podemos ver en la disminución de los valores de ángulo de fricción y cohesión, para las muestras que fueron ensayadas en condición saturada. También podemos atribuir los resultados de la cohesión al fenómeno de cementación natural que se da en el proceso de formación de las ignimbritas, que aunque no parece ser alta, es suficiente para mantener ligadas sus partículas en los taludes verticales.

Se puede afirmar que en la prueba de caja de corte se obtuvieron los resultados esperados, ya que se deja en evidencia que las propiedades mecánicas ( $\phi$  y  $c$ ) de los depósitos de suelo de la unidad "G" de la TBJ, disminuyen de manera considerable al entrar en contacto con el agua. Las figuras 4.31 a la 4.36 muestran un resumen comparativo de los resultados obtenidos en los ensayos de corte directo, en cuanto a la variación en los ángulos de fricción y la cohesión.

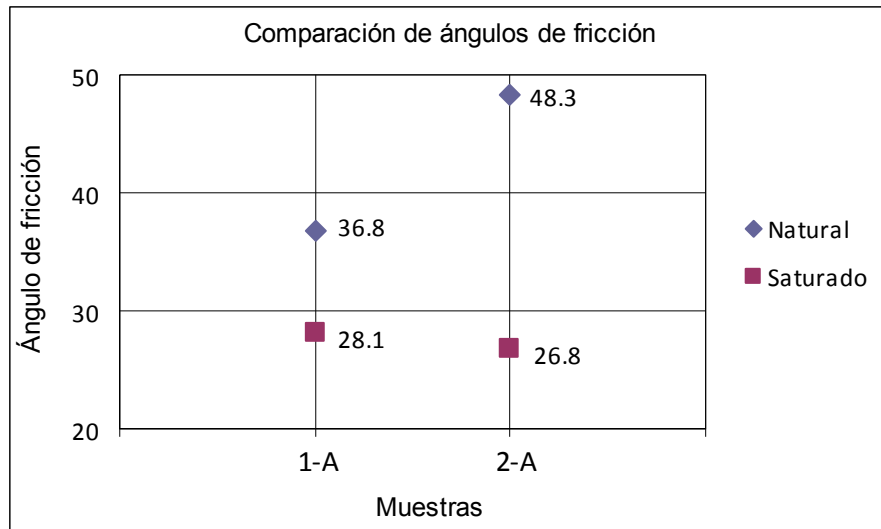


Figura 4.31. Variación de los ángulos de fricción interna de las coignimbritas.

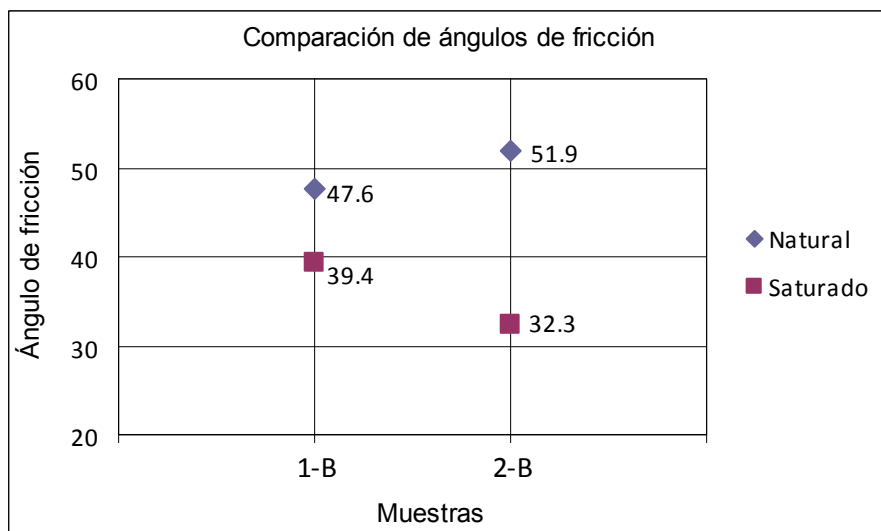


Figura 4.32. Variación de los ángulos de fricción interna de las ignimbritas.



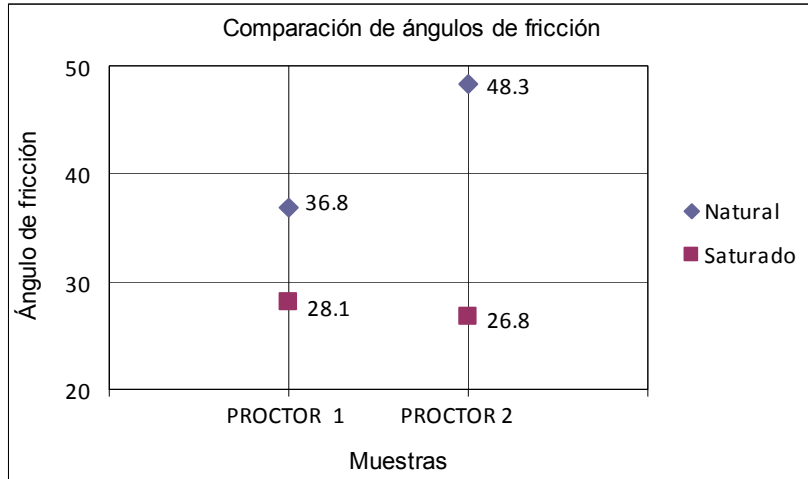


Figura 4.33. Variación de los ángulos de fricción interna de las mezclas de los puntos 1 y 2.

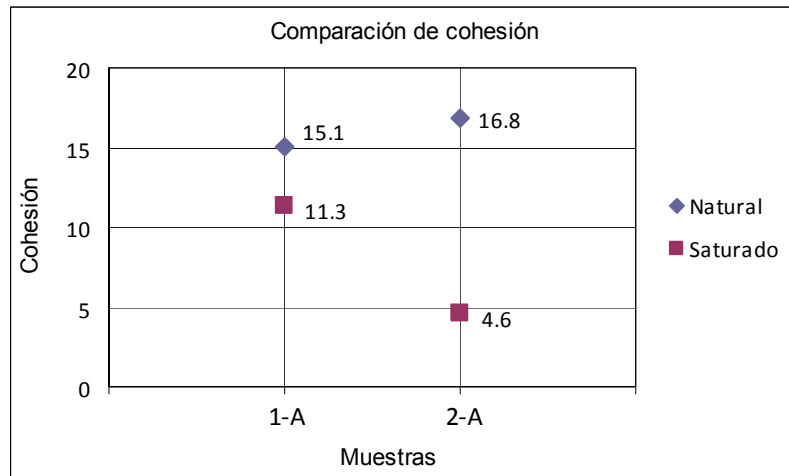


Figura 4.34. Variación de las cohesiones de las coignimbritas.

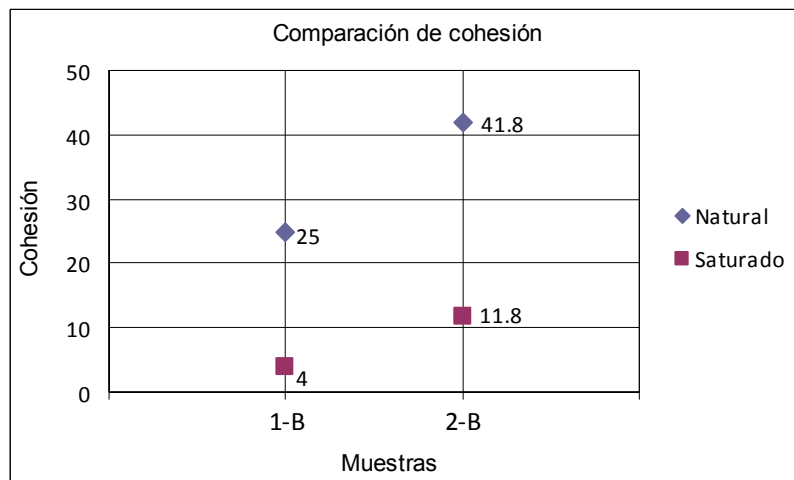


Figura 4.35. Variación de las cohesiones de las ignimbritas.

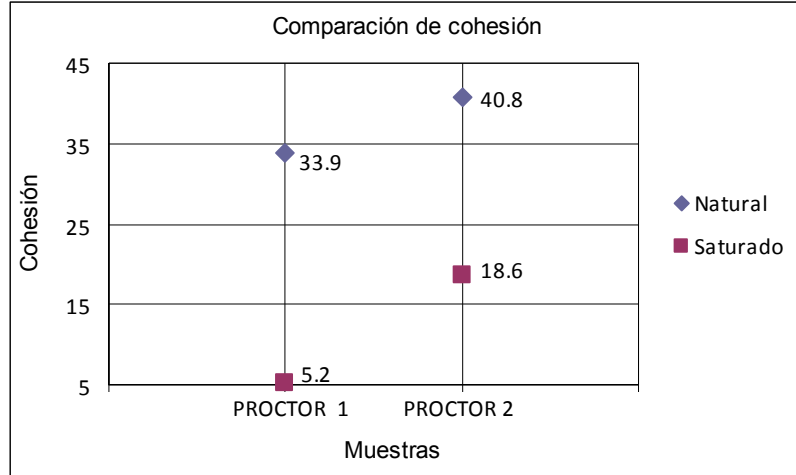


Figura 4.36. Variación de las cohesiones de las mezclas de los puntos 1 y 2.

En condiciones naturales podemos observar que la cohesión es mayor en las ignimbritas que en las coignimbritas, para el estado saturado, la muestra dos continúa con la misma tendencia, pero la muestra uno cambia, debido a que esta muestra presentaba una gran cantidad de pómez y en estado natural se encontraba muy consolidado, pero al agregarle agua esta perdía inmediatamente esa consolidación aparente y sus partículas se separaban. En las muestras combinadas, la del punto uno presentó menor cohesión que la del punto dos, en ambas condiciones.

Al hacer un análisis porcentual de la disminución de los valores de ángulo de fricción obtenidos en los ensayos a las muestras saturadas, estos disminuyen en un promedio del 25% con respecto a los de las muestras ensayadas en estado natural. Los valores no disminuyen en porcentajes iguales, debido a los diferentes grados de consolidación en los cuales se encontraban las muestras como se muestra en la tabla 4.11.

Tabla 4.11. Variación de  $\Phi$  ( $^{\circ}$ ).

Muestras	$\Phi$ natural	$\Phi$ saturado	% disminuye
1-A	36.8	28.1	24
1-B	47.6	39.4	17
2-A	48.3	26.8	45
2-B	51.9	32.3	38
Proctor 1	45.3	41.1	9
Proctor 2	48.7	38.7	21

El rango de ángulos de fricción de las coignimbritas en estado natural es de 36.8° a 48.3° y en estado saturado de 26.8° a 28.1° y para las ignimbritas en estado natural es de 47.6° a 51.9° y en estado saturado de 32.3° a 39.4°, por lo que se concluye que los depósitos de ignimbritas presentan mayor resistencia que las coignimbritas, también la variación de ambos depósitos entre su estado natural y saturado, es considerable, por lo que se demuestra que el agente detonante de la inestabilidad de estos depósitos es el agua.

Haciendo un análisis de la variación de cohesión en los ensayos realizados y obteniendo un promedio de estos, se observó que disminuyen en un 65% más o menos del estado natural con respecto al saturado. En la tabla 4.12 se muestra la variación individual para cada punto. Al hacer una comparación entre los valores de cohesión en las arcillas, (ver tabla 4.13) se observa que los datos obtenidos en nuestros ensayos son relativamente bajos, lo cual es válido, por tratarse de suelos limosos. Asimismo realizando una comparación con los datos obtenidos para cohesión y ángulo de fricción en la tesis de Amaya et al. [2000: p.173], se constató que son valores similares, ya que los ensayos fueron realizados en TBJ, pero no se especifica un unidad en específico.

Tabla 4.12. Variación de c (kPa).

Muestras.	c natural.	c saturado.	% disminuye.
1-A	15.1	11.3	25
1-B	25.0	4.0	84
2-A	16.8	4.6	73
2-B	41.8	11.8	72
Proctor 1	33.9	5.2	85
Proctor 2	40.8	18.6	54

Tabla 4.13. Valores de cohesión en arcillas [Terzaghi y Peck, 1967].

Resistencia al corte no drenada $c_u$ kg/cm <sup>2</sup>	
Consistencia	Terzaghi y Peck
Muy blanda	< 0.12
Blanda	0.12 - 0.25

Firme	
Media	0.25 - 0.50
Rígida	0.50 – 1.0
Muy rígida	1.0 – 2.0
Dura	>2.0

De los resultados obtenidos en los ensayos a muestras previamente mezcladas (ignimbritas y coignimbritas, para ambos puntos de muestreo) y luego compactadas mediante la prueba proctor, se puede observar que las propiedades de estos en estado natural siguen casi igual a como se presentaron en las pruebas por separado, pero en condición saturada se observó que los ángulos de fricción mejoran considerablemente, aunque la pérdida de cohesión se presenta igual, esto nos indica que densificando el suelo mediante energía de compactación se disminuye la permeabilidad de este, haciéndolo menos vulnerables al agua.

#### 4.4.6 Prueba Proctor.

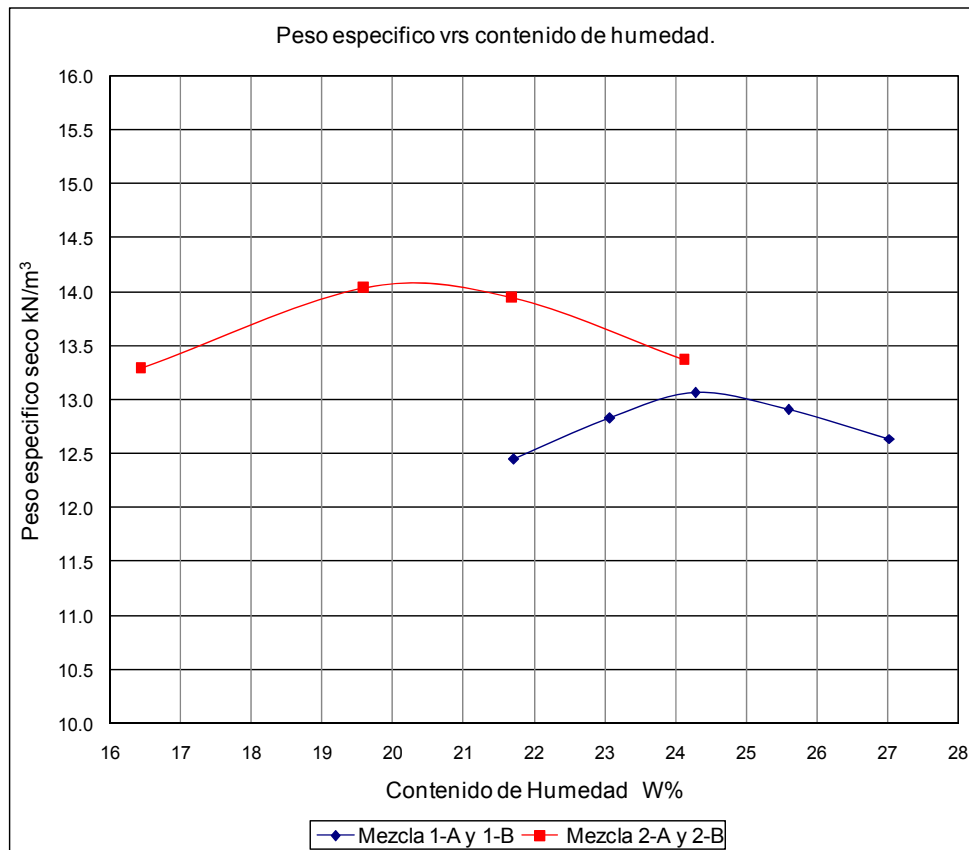


Figura 4.37 Curva de peso específico vrs contenido de humedad de las muestras 1 y 2.

Tabla 4.14. Resultados obtenidos de prueba proctor de ambos puntos de muestreo.

Mezcla	$W_{opt.}$	$\gamma_{d\ máx.}$
1-A y 1-B	24.3%	13.1 kN/m <sup>3</sup>
2-A y 2-B	21.6%	14.6 kN/m <sup>3</sup>

Los resultados obtenidos en el ensayo proctor estándar para las mezclas de los puntos de muestreo se presentan en la tabla 4.14. Al comparar los resultados de la prueba, podemos observar que existe una pequeña variación de los pesos específicos máximos de aproximadamente 1.60 kN/m<sup>3</sup> y en las humedad optima de un 2.7% los cuales son variaciones mínimas entre ellas.

#### 4.4.7 Consolidación unidimensional.

En la tabla 4.15 se presenta el tipo de muestra utilizada, clasificación vulcanológica por el tipo de depósito y símbolo SUCS, de los ensayos de consolidación unidimensional que se realizaron.

Tabla 4.15. Cantidad y tipo de muestra ensayada para consolidación unidimensional.

Muestra.	Estado del ensayo.	Clasificación vulcanológica por el tipo de Depósito	Clasificación SUCS.		Números de ensayos.
			Nombre de Grupo.	Símbolo.	
1-A	Natural.	Coignimbrita.	Limo Arenoso.	ML	2
	Saturada.	Coignimbrita.	Limo Arenoso.	ML	
1-B	Natural.	Ignimbrita.	Arena Limosa.	SM	2
	Saturada.	Ignimbrita.	Arena Limosa.	SM	
2-A	Natural.	Coignimbrita.	Arena Limosa.	SM	2
	Saturada.	Coignimbrita.	Arena Limosa.	SM	
2-B	Natural.	Ignimbrita.	Arena Limosa.	SM	2
	Saturada.	Ignimbrita.	Arena Limosa.	SM	

En las tablas 4.16 a 4.23 se presenta un resumen de los datos y cálculos de la prueba de consolidación unidimensional doble. Estas tablas contienen: El esfuerzo aplicado a la muestra de suelo, la relación de vacíos al inicio ( $e_i$ ), final ( $e_f$ ) de cada etapa de carga y los valores de coeficiente de compresibilidad ( $a_v$ ), coeficiente de variación volumétrica ( $m_v$ ) y módulo de elasticidad (E). En las figuras de 4.38 y 4.39 se muestran las curvas de compresibilidad

correspondiente a la prueba de consolidación unidimensional doble de cada uno de los puntos de extracción de muestra. En el anexo A se presentan los datos, cálculos, gráficos de deformación vrs tiempo, gráficos deformación vrs la raíz del tiempo para cada una de las muestras ensayadas en estado natural y saturado.

En la figura 4.40 se muestra la superposición de las curvas de compresibilidad de las muestra 1-A, 1-B, 2-A, 2-B en estado natural y saturado.

En la tabla 4.24 se presenta un resumen de los diferentes parámetros obtenidos para cada una de las condiciones en las cuales el suelo fue ensayado en laboratorio.

Tabla 4.16. Valores de relación de vacíos,  $a_v$ ,  $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado a la muestra 1-A en estado Natural.

Muestra:		1-A					
Estado de muestra:			Natural				
Presión (kPa)	$e_{inicial}$	$e_{final}$	$\Delta e$	$\Delta\sigma$ (kPa)	Coefficiente de compresibilidad $a_v$ ( $m^2/kN$ )	Coefficiente de variación volumétrica $m_v$ ( $m^2/kN$ )	Modulo de elasticidad E (kPa)
800	1.11	1.10	0.0083	400	0.0000206	0.0000098	102263
400	1.16	1.11	0.0472	200	0.0002359	0.0001093	9148
200	1.23	1.16	0.0732	100	0.0007323	0.0003283	3046
100	1.27	1.23	0.0423	50	0.0008467	0.0003725	2685
50	1.30	1.27	0.0236	25	0.0009434	0.0004108	2435
25	1.31	1.30	0.0120	13	0.0009253	0.0004008	2495
12	1.32	1.31	0.0126	12	0.0010515	0.0004530	-

Tabla 4.17. Valores de relación de vacíos,  $a_v$ ,  $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 1-A en estado saturado.

Muestra:		1-A					
Estado de muestra:			Saturada				
Presión (kPa)	$e_{inicial}$	$e_{final}$	$\Delta e$	$\Delta\sigma$ (kPa)	Coefficiente de compresibilidad $a_v$ ( $m^2/kN$ )	Coefficiente de variación volumétrica $m_v$ ( $m^2/kN$ )	Modulo de elasticidad E (kPa)
800	0.95	0.93	0.0214	400	0.0000534	0.0000274	36548
400	1.06	0.95	0.1045	200	0.0005223	0.0002539	3938
200	1.18	1.06	0.1241	100	0.0012405	0.0005688	1758
100	1.27	1.18	0.0861	50	0.0017213	0.0007593	1317
50	1.28	1.27	0.0145	25	0.0005793	0.0002539	3938
25	1.29	1.28	0.0069	13	0.0005296	0.0002314	4321
12	1.29	1.29	0.0047	12	0.0003957	0.0001726	-

Tabla 4.18. Valores de relación de vacíos,  $a_v$ ,  $m_v$ , E para cada esfuerzo para la muestra 1-B en estado natural.

Muestra:		1-B					
Estado de muestra:			Natural				
Presión (kPa)	$e_{inicial}$	$e_{final}$	$\Delta e$	$\Delta\sigma$ (kPa)	Coefficiente de compresibilidad $a_v$ (m <sup>2</sup> /kN)	Coefficiente de variación volumétrica $m_v$ (m <sup>2</sup> /kN)	Modulo de elasticidad E (kPa)
800	0.71	0.70	0.0147	400	0.0000367	0.0000214	46757
400	0.78	0.71	0.0660	200	0.0003301	0.0001853	5395
200	0.89	0.78	0.1127	100	0.0011265	0.0005949	1681
100	0.99	0.89	0.0959	50	0.0019177	0.0009639	1037
50	1.01	0.99	0.0252	25	0.0010060	0.0004993	2003
25	1.03	1.01	0.0152	13	0.0011689	0.0005758	1737
12	1.06	1.03	0.0330	12	0.0027508	0.0013335	-

Tabla 4.19. Valores de relación de vacíos,  $a_v$ ,  $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 1-B en estado saturado.

Muestra:		1-B					
Estado de muestra:			Saturada				
Presión (kPa)	$e_{inicial}$	$e_{final}$	$\Delta e$	$\Delta\sigma$ (kPa)	Coefficiente de compresibilidad $a_v$ (m <sup>2</sup> /kN)	Coefficiente de variación volumétrica $m_v$ (m <sup>2</sup> /kN)	Modulo de elasticidad E (kPa)
800	0.69	0.68	0.0133	400	0.0000332	0.0000196	50933
400	0.76	0.69	0.0638	200	0.0003189	0.0001816	5506
200	0.83	0.76	0.0744	100	0.0007440	0.0004066	2460
100	0.90	0.83	0.0744	50	0.0014881	0.0007814	1280
50	0.94	0.90	0.0367	25	0.0014668	0.0007557	1323
25	0.96	0.94	0.0199	13	0.0015290	0.0007797	1283
12	1.05	0.96	0.0923	12	0.0076885	0.0037446	-

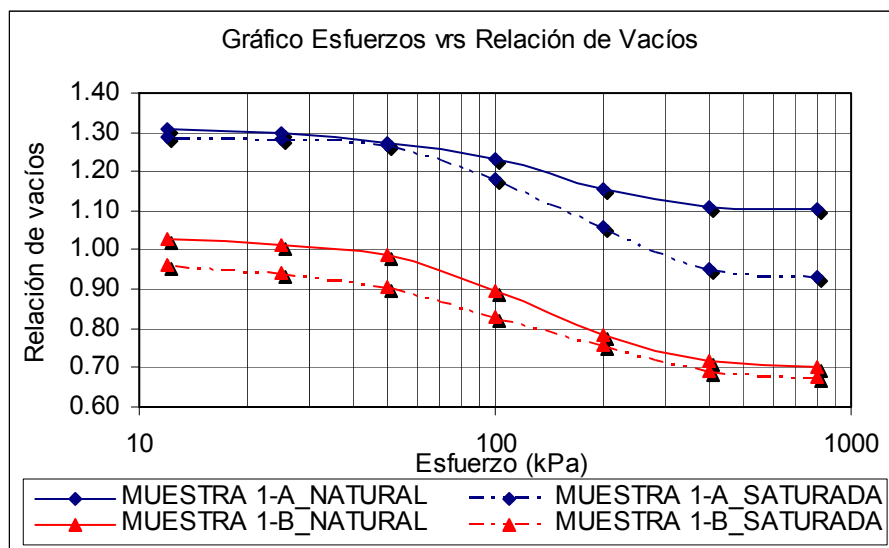


Figura 4.38. Superposición de curvas de compresibilidad de las muestras 1-A, 1-B ensayadas en estado natural y saturado.

Tabla 4.20. Valores de relación de vacíos,  $a_v$ ,  $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-A en estado natural.

Muestra:		2-A					
Estado de muestra:			Natural				
Presión (kPa)	e <sub>inicial</sub>	e <sub>final</sub>	Δe	Δσ (kPa)	Coefficiente de compresibilidad a <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /kN)	Coefficiente de variación volumétrica m <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /kN)	Modulo de elasticidad E (kPa)
800	0.86	0.85	0.0142	400	0.0000356	0.0000191	52292
400	0.94	0.86	0.0734	200	0.0003671	0.0001896	5273
200	1.02	0.94	0.0888	100	0.0008877	0.0004384	2281
100	1.09	1.02	0.0690	50	0.0013808	0.0006595	1516
50	1.12	1.09	0.0307	25	0.0012274	0.0005778	1731
25	1.14	1.12	0.0132	13	0.0010116	0.0004733	2113
12	1.16	1.14	0.0197	12	0.0016438	0.0007620	-

Tabla 4.21. Valores de relación de vacíos, a<sub>v</sub>, m<sub>v</sub>, E para cada esfuerzo aplicada para la muestra 2-A en estado de saturado.

Muestra:		2-A					
Estado de muestra:			Saturada				
Presión (kPa)	e <sub>inicial</sub>	e <sub>final</sub>	Δe	Δσ (kPa)	Coefficiente de compresibilidad a <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /kN)	Coefficiente de variación volumétrica m <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /kN)	Modulo de elasticidad E (kPa)
800	0.85	0.83	0.0141	400	0.0000353	0.0000191	52292
400	0.92	0.85	0.0728	200	0.0003641	0.0001896	5273
200	1.01	0.92	0.0880	100	0.0008804	0.0004384	2281
100	1.08	1.01	0.0685	50	0.0013695	0.0006595	1516
50	1.11	1.08	0.0304	25	0.0012173	0.0005778	1731
25	1.12	1.11	0.0130	13	0.0010033	0.0004733	2113
12	1.14	1.12	0.0196	12	0.0016303	0.0007620	-

Tabla 4.22. Valores de relación de vacíos, a<sub>v</sub>, m<sub>v</sub>, E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-B en estado natural.

Muestra:		2-B					
Estado de muestra:			Natural				
Presión (kPa)	e <sub>inicial</sub>	e <sub>final</sub>	Δe	Δσ (kPa)	Coefficiente de compresibilidad a <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /kN)	Coefficiente de variación volumétrica m <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /kN)	Modulo de elasticidad E (kPa)
800	0.66	0.63	0.0338	400	0.0000844	0.0000508	19668
400	0.69	0.66	0.0244	200	0.0001222	0.0000725	13789
200	0.70	0.69	0.0196	100	0.0001955	0.0001147	8718
100	0.72	0.70	0.0147	50	0.0002933	0.0001706	5862
50	0.73	0.72	0.0116	25	0.0004622	0.0002670	3745
25	0.74	0.73	0.0080	13	0.0006153	0.0003539	2826
12	0.75	0.74	0.0107	12	0.0008888	0.0005080	-



Tabla 4.23. Valores de relación de vacíos,  $a_v$ ,  $m_v$ , E para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-B en estado de saturado.

Muestra:		2-B					
Estado de muestra:		Saturada					
Presión (kPa)	$e_{inicial}$	$e_{final}$	$\Delta e$	$\Delta \sigma$ (kPa)	Coefficiente de compresibilidad $a_v$ ( $m^2/kN$ )	Coefficiente de variación volumétrica $m_v$ ( $m^2/kN$ )	Modulo de elasticidad E (kPa)
800	0.62	0.59	0.0317	400	0.0000792	0.0000489	20442
400	0.66	0.62	0.0407	200	0.0002036	0.0001227	8150
200	0.69	0.66	0.0271	100	0.0002714	0.0001610	6212
100	0.70	0.69	0.0181	50	0.0003619	0.0002124	4709
50	0.73	0.70	0.0217	25	0.0008686	0.0005032	1987
25	0.74	0.73	0.0118	13	0.0009048	0.0005207	1921
12	0.75	0.74	0.0100	12	0.0008294	0.0004745	-

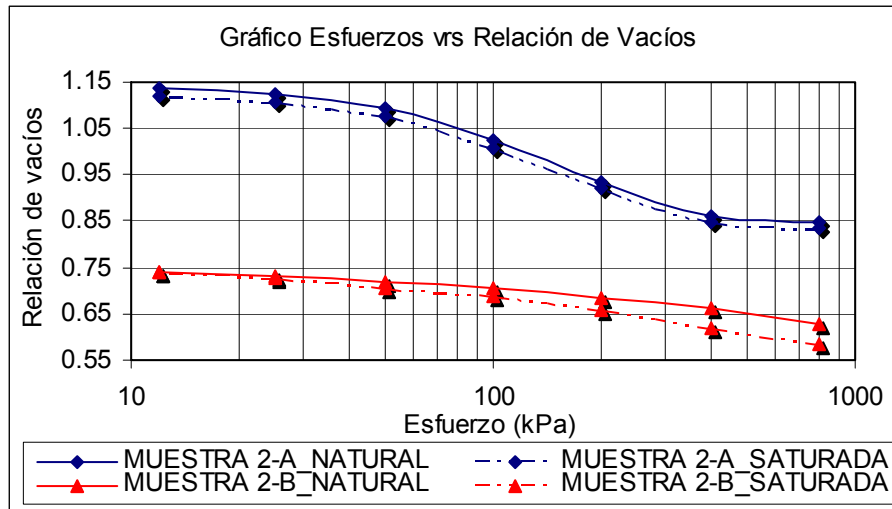


Figura 4.39. Superposición de curvas de compresibilidad de las muestras 1-A, 1-B ensayadas en estado natural y saturado.

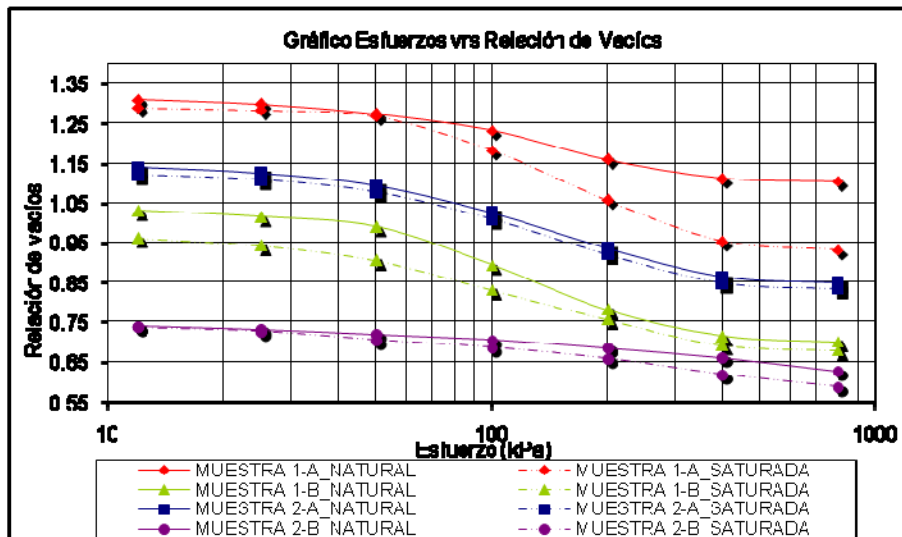


Figura 4.40. Superposición de curvas de compresibilidad de las muestras 1, 2 ensayadas en estado Natural y Saturado.

Tabla 4.24. Resumen de parámetros de consolidación para la muestra 1 y 2.

Muestra ensayada	Clasificación Vulcanológica por el tipo de Depósito	Clasificación SUCS		Humedad		Porosidad		Gravedad Específica	Grado de Saturación		Relación de Vacíos		Densidad Humeda	Densidad Seca	Presión de Preconsolidación	Índice de Compresión	Índice de Recompresión
		Nombre de Grupo	Símbolo	Inicial	Final	Inicial	Final		Inicial	Final	Inicial	Final					
1-A (Natural)	Colgimbrita	Limo Arenoso	ML	13.6	8.05	0.57	0.53	2.42	24.8	17.68	1.32	1.1	1.18	1.04	69	0.233	0.031
1-A (Saturada)	Colgimbrita	Limo Arenoso	ML	11.8	27.53	0.56	0.48	2.42	22.38	71.57	1.29	0.93	1.18	1.06	65	0.39	0.031
1-B (Natural)	Ignimbrita	Arena Limosa	SM	15.11	4.9	0.52	0.411	2.41	34.3	16.86	1.06	0.7	1.35	1.17	59	0.365	0.094
1-B (Saturada)	Ignimbrita	Arena Limosa	SM	15.35	27.74	0.51	0.4	2.41	34.98	98.54	1.05	0.68	1.35	1.17	55	0.233	0.063
2-A (Natural)	Colgimbrita	Arena Limosa	SM	17.14	9.96	0.53	0.46	2.41	35.78	28.29	1.16	0.85	1.31	1.12	64	0.266	0.063
2-A (Saturada)	Colgimbrita	Arena Limosa	SM	17.37	33.66	0.53	0.46	2.41	36.66	97.82	1.14	0.83	1.32	1.13	62	0.299	0.031
2-B (Natural)	Ignimbrita	Arena Limosa	SM	11.13	4.03	0.43	0.46	2.41	35.59	15.48	0.75	0.63	1.53	1.38	N.D	N.D	N.D
2-B (Saturada)	Ignimbrita	Arena Limosa	SM	11.35	23.15	0.43	0.473	2.41	36.42	95.07	0.748	0.587	1.53	1.38	N.D	N.D	N.D

Para la determinación de las propiedades hidráulicas de los materiales ensayados en laboratorio, se calcula el coeficiente de permeabilidad de cada muestra extraída. En las tablas 4.25 a 4.28 Se presentan los valores de coeficiente de permeabilidad obtenidos a partir de los resultados de la prueba de consolidación, el cálculo de porcentaje teórico del grado de consolidación, factor del tiempo  $T_v$  y coeficiente de consolidación  $C_v$ . En el anexo C se muestra el procedimiento para el cálculo de permeabilidad.

Tabla 4.25. Valores de U,  $T_v$ ,  $C_v$ , K para cada esfuerzo aplicado para la muestra 1-A estado saturado.

Muestra:	1-A				Tiempo:	0.10	min
Estado de muestra:	de Saturada				H:	0.97	cm
Presión (kPa)	Etapas anterior $L_0$	Primera lectura $L'_0$	Ultima lectura $L_f$	% Teórico del Grado de consolidación U	Factor del tiempo $T_v$	Coficiente de consolidación $C_v$ (cm <sup>2</sup> /min)	Permeabilidad k (m/min)
800	1910.0	1900.5	1892.0	52.78	0.219	2.04	3.281E-06
400	1998.0	1936.5	1910.0	69.89	0.401	3.74	5.586E-05
200	2102.5	2052.5	1998.0	47.85	0.180	1.67	5.606E-05
100	2175.0	2140.0	2102.5	48.28	0.183	1.70	7.619E-05
50	2187.2	2180.5	2175.0	54.92	0.237	2.21	3.297E-05
25	2196.0	2190.0	2187.2	68.18	0.379	3.53	4.808E-05
12	2200.0	2197.0	2196.0	75.00	0.477	4.44	4.509E-05

Tabla 4.26. Valores de U,  $T_v$ ,  $C_v$ , K para cada esfuerzo aplicado para la muestra 1-B en estado saturado.

Muestra:	1-B				Tiempo:	0.10	min
Estado de muestra:	Saturado				H:	0.97	cm
Presión (kPa)	Etapas anterior $L_0$	Primera lectura $L'_0$	Ultima lectura $L_f$	% Teórico del Grado de consolidación	Factor del tiempo $T_v$	Coficiente de consolidación $C_v$ (cm <sup>2</sup> /min)	Permeabilidad k (m/min)
800	1360.0	1350.0	1347.5	80.00	0.567	5.28	6.103E-06
400	1420.0	1387.5	1360.0	54.17	0.230	2.14	2.292E-05
200	1490.0	1440.0	1420.0	71.43	0.423	3.94	9.420E-05
100	1560.0	1520.0	1490.0	57.14	0.256	2.39	1.098E-04
50	1594.5	1585.0	1560.0	27.54	0.060	0.55	2.468E-05
25	1613.2	1599.0	1594.5	75.94	0.492	4.58	2.104E-04
12	1700.0	1640.0	1613.2	69.12	0.391	3.64	8.028E-04

Tabla 4.27. Valores de U,  $T_v$ ,  $C_v$ , K para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-A en estado saturado.

Muestra:	2-A				Tiempo:	0.10	min
Estado de muestra:	Saturada				H:	0.97	cm
Presión (kPa)	Etapas anterior $L_0$	Primera lectura $L'_0$	Ultima lectura $L_f$	% Teórico del Grado de consolidación	Factor del tiempo $T_v$	Coficiente de consolidación $C_v$ (cm <sup>2</sup> /min)	Permeabilidad k (m/min)
800	1436.5	1429.5	1424.5	58.33	0.2672	2.49	2.80E-06
400	1485.5	1453.5	1436.5	65.31	0.3440	3.20	3.58E-05
200	1582.5	1550.0	1485.5	33.51	0.0882	0.82	2.12E-05
100	1657.5	1622.5	1582.5	46.67	0.1711	1.59	6.18E-05

50	1682.0	1667.0	1657.5	61.22	0.2989	2.78	9.46E-05
25	1692.0	1685.0	1682.0	70.00	0.4028	3.75	1.04E-04
12	1700.0	1694.5	1692.0	68.75	0.3863	3.60	1.61E-04

Tabla 4.28. Valores de  $U$ ,  $T_v$ ,  $C_v$ ,  $K$  para cada esfuerzo aplicado para la muestra 2-B en estado saturado.

Muestra:		2-B			Tiempo:	0.10	min
Estado de muestra:		Saturada			H:	0.97	cm
Presión (kPa)	Etapas anterior $L_0$	Primera lectura $L'_0$	Ultima lectura $L_f$	% Teórico del Grado de consolidación	Factor del tiempo $T_v$	Coefficiente de consolidación $C_v$ (cm <sup>2</sup> /min)	Permeabilidad $k$ (m/min)
800	1755.0	1732.5	1720.0	64.29	0.3322	3.09	8.91E-06
400	1800.0	1775.0	1755.0	55.56	0.2424	2.26	1.63E-05
200	1830.0	1825.0	1800.0	16.67	0.0218	0.20	1.93E-06
100	1851.0	1844.0	1830.0	33.33	0.0873	0.81	1.02E-05
50	1876.0	1860.0	1851.0	64.00	0.3290	3.06	9.07E-05
25	1889.0	1882.0	1876.0	53.85	0.2277	2.12	6.50E-05
12	1900.0	1895.0	1889.0	45.45	0.1623	1.51	4.22E-05

Los valores de relación de vacíos obtenidos durante la caracterización de los parámetros geotécnicos del ensayo de consolidación de la unidad "G" de la TBJ varían entre 0.748 y 1.29, los valores del índice de compresión varía de 0.233 a 0.390, el índice de recompresión o expansión varía de 0.031 a 0.094. La mayor permeabilidad de las muestras de suelo ensayadas fue de 1.61E-04 m/min que corresponden a la muestra 2-A y el menor valor lo obtuvo la muestra 1-B con 6.10E-06 m/min. Las condiciones de humedad en que fueron ensayadas las muestras variaban entre el 11.1 % y el 17.4% y la densidad húmeda o natural varió entre 1.18 g/cm<sup>3</sup> y 1.53 g/cm<sup>3</sup>.

### **Análisis e interpretación de resultados de consolidación.**

Al comparar las curvas de compresibilidad que se muestran en la figura 4.40 para cada muestra de suelo ensayada en estado natural y saturado, se observa que la relación de vacíos de la muestra 1 decrece con relación a la muestra 2, lo cual se debe a que la densidad húmeda y la relación de vacíos varía una con respecto a la otra; cuanto mayor sea el grado de consolidación de un suelo este presenta mayor resistencia a deformarse (grado de consolidación de un suelo es inversamente proporcional a su resistencia a deformarse).

En las tendencias de las curvas de consolidación doble se observa que, tanto las coignimbritas, como en las ignimbritas en los puntos 1 y 2, las muestras ensayadas en estado de saturación presentan mayor deformación con relación a las ensayadas en estado natural, lo que nos lleva a determinar que este tipo de suelo es susceptible a presentar deformaciones mayores con la adición de agua a su estructura. Rolo [1998] atribuye este fenómeno a la pérdida de los mecanismos que proporcionan la succión entre partículas y cementación natural (Se deduce por inferencia que las

cadena de coloides  $\text{SiO}_2$  bajo la forma de geles están presentes en las tefras de TBJ, dado a la presencia de minerales silicatados y se asume que son la fuente de  $\text{SiO}_2$ ). La succión de estos suelos es inversamente proporcional al contenido de humedad, lo cual se debe a que en las muestras con un contenido de humedad natural, la succión y cementación permanecen prácticamente inalteradas pues las uniones y espacios entre sus partículas no se afectan. Caso contrario sucede con las muestras saturadas en donde se debilitan las uniones químicas entre las partículas, afectando directamente al efecto de la succión y pasando de presiones de poros negativas a presiones positivas.

La tabla 4.29 muestra rangos típicos de márgenes de sobreconsolidación [Donald P. Coduto., 2001: p. 392]. En la tabla 4.30 se presentan los valores correspondientes al esfuerzo en el suelo, presión de preconsolidación, relación de preconsolidación, el estado de esfuerzos de la muestra en campo al momento de la extracción y así como también una clasificación del margen de sobreconsolidación para los puntos 1-A, 1-B, 2-A, 2B.

Tabla 4.29. Rangos típicos de márgenes de sobreconsolidación [Donald P. Coduto., 2001: p. 392].

Margen de sobre consolidación $\sigma'_m$		Clasificación
(kPa)	(lb/ft <sup>2</sup> )	
0	0	Normalmente consolidada
0-100	0-2000	Ligeramente sobreconsolidada
100-400	2000-8000	Moderadamente sobreconsolidada
>400	>8000	Altamente sobreconsolidada

Tabla 4.30. Valores  $\gamma_h$ ,  $\sigma'_z$ ,  $\sigma'_c$ , OCR y clasificación del margen de preconsolidación para los puntos 1-A, 1-B, 2-A, 2B.

Muestra ensayada	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	H (m)	$\sigma'_{z0}$ (kPa)	$\sigma'_c$ (kPa)	$\sigma'_m$ (kPa)	OCR	Clasificación
1-A (natural)	11.58	1.2	6.95	69	62.05	9.9	Ligeramente sobreconsolidación
1-A (saturada)	11.58	1.2	6.95	65	58.05	9.4	Ligeramente sobreconsolidación
1-B (natural)	13.24	2.9	19.2	59	39.80	3.1	Ligeramente sobreconsolidación
1-B (saturada)	13.27	2.9	19.25	55	35.75	2.9	Ligeramente sobreconsolidación
2-A (natural)	12.85	4	25.7	64	38.30	2.5	Ligeramente sobreconsolidación
2-A (saturada)	12.95	4	25.9	62	36.10	2.4	Ligeramente sobreconsolidación
2-B (natural)	15.01	3	22.51	N.D	N.D	N.D	N.D
2-B (saturada)	15.01	3	22.51	N.D	N.D	N.D	N.D

El suelo en campo a cierta profundidad ha estado sometido a una presión efectiva máxima en el pasado de su historia geológica llamada presión de preconsolidación, mientras que el esfuerzo

efectivo presente en el suelo corresponde a la sobrecarga existente en el tiempo de muestreo. Los resultados de los ensayos en laboratorio presentan que las muestras para los puntos 1-A, 1-B, 2-A se encontraban en un estado de preconsolidación lo que se ve reflejado en el valor de OCR >1 que indica que la presión efectiva presente en las muestras es mucho menor que la que el suelo experimentó en el pasado.

Los valores de esfuerzo efectivo presentes en las muestras corresponden al tramo de recompresión de la curva  $e$  vs  $\log \sigma'$  para los puntos de muestreo. Las sobrecargas aplicadas a estos suelos que se encuentren en el rango de esfuerzos pertenecientes al tramo de recompresión no experimentarían cambios considerables en sus relaciones de vacíos, que al final se traduce en asentamientos con un grado de tolerancia aceptable. Mientras que para estos suelos, al aplicar una sobrecarga que haga que el esfuerzo efectivo en campo se incremente considerablemente haciendo que el suelo pase a un estado de subconsolidación, una estructura cimentada sobre estos suelos experimentaría grandes asentamientos, lo cual se puede ver en las tendencias de las gráficas  $e$  vs  $\log \sigma'$  para cada muestra (ver figura 4.40), en donde después del esfuerzo de preconsolidación los cambios en la relación de vacíos son mucho mayores y las tendencias son prácticamente lineales con una pendiente más inclinada por encontrarse en el tramo virgen de la curva de consolidación.

Las tendencias de las curvas  $e$  vs  $\log \sigma'$  presentadas en el gráfico de la figura 4.40 correspondientes a la muestra 2-B, en las que se observa que para los esfuerzos aplicados, el suelo no se consolidó, quedando en el tramo de recompresión (etapa de compresión Inicial), lo cual indica que para alcanzar la consolidación total se necesitan mayores esfuerzos normales y por consiguiente no se pudieron calcular parámetros ( $\sigma'_c$ , OCR,  $C_c$  y  $C_r$ ) de consolidación de esta muestra.

Los valores de permeabilidad normalmente tendrían que ir disminuyendo a medida la muestra se consolida, pero para las muestras 1-A, 1-B, 2-A y 2-B ensayadas, presentan variación en la permeabilidad (ver tablas 4.25 a 4.28) teniendo valores mayores a medida la muestra se consolida, este fenómeno se puede atribuir a que las muestras para valores de esfuerzos mayores se consolidaron mucho más rápido en un tiempo más corto permitiendo que las muestras en sus espacios vacíos expulsaran el agua y se drenaran con mayor rapidez.

En la tabla 4.31 se presentan los valores máximos y mínimos de permeabilidad de las 1-A, 1-B, 2-A y 2B. Estos resultados coinciden con valores propuestos por Peck et al [1990: p.71] en las que para suelos de tipo Arena muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limos y depósitos de arcillas estratificadas los rangos de valor de permeabilidad oscilan entre  $10^{-5}$  cm/s y  $10^{-6}$  cm/s, los cuales están catalogados como un tipo de drenaje malo.

Tabla 4.31. Valores máximos y mínimos de permeabilidad para las muestras 1-A, 1-B, 2-A, 2-B.

Muestra ensayadas	Valores de permeabilidad k		Valores de permeabilidad k	
	Min	Max	Min	Max
	(m/min)		(cm/seg)	
1-A	3.28E-06	7.62E-05	5.47E-06	1.27E-04
1-B	6.10E-06	8.03E-04	1.02E-05	1.34E-03
2-A	2.80E-06	1.61E-04	4.67E-06	2.69E-04
2-B	1.93E-06	9.07E-05	3.21E-06	1.51E-04

#### 4.4.8 Índice de colapso

Es importante aclarar la diferencia que hay entre el índice de colapso y el potencial de colapso, la diferencia radica en que el primero se utiliza para caracterizar el grado de colapsabilidad de una muestra de suelo, mientras que el potencial de colapso es utilizado para medir si un estrato de suelo colapsará ante la aplicación de una carga determinada lo cual lleva al geotecnista a predecir asentamientos no deseados en una obra civil.

En la tabla 4.32 a la 4.35 se presenta los valores de variación de altura de los especímenes ensayados y sus correspondientes relaciones de vacíos en los diferentes estados de esfuerzos. Los valores para los esfuerzos de 200 kPa se obtuvieron para las condiciones antes y después de la saturación de la muestra como lo requiere la norma ASTM D-5333.

Tabla 4.32. Valores de relación de vacíos para cada estado de esfuerzos de la muestra 1-A.

Muestra:		1-A		
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	e <sub>inicial</sub>	e <sub>final</sub>
400	18.095	17.185	1.212	1.101
200 (Después)	19.075	18.095	1.332	1.212
200 (Antes)	19.275	19.075	1.356	1.332
100	19.435	19.275	1.376	1.356
50	19.505	19.435	1.384	1.376
25	19.545	19.505	1.389	1.384
12	19.615	19.545	1.398	1.389
5	19.685	19.615	1.406	1.398

Tabla 4.33. Valores de relación de vacíos para cada estado de esfuerzos de la muestra 1-B.

Muestra:		1-B		
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	e <sub>inicial</sub>	e <sub>final</sub>
400	16.757	16.427	0.858	0.821
200 (Después)	18.737	16.757	1.078	0.858
200 (Antes)	18.917	18.737	1.097	1.078
100	19.207	18.917	1.130	1.097
50	19.247	19.207	1.134	1.130
25	19.277	19.247	1.137	1.134
12	19.297	19.277	1.140	1.137
5	19.317	19.297	1.142	1.140

Tabla 4.34. Valores de relación de vacíos para cada estado de esfuerzos de la muestra 2-A.

Muestra:		2-A		
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	$e_{inicial}$	$e_{final}$
400	17.785	17.125	0.873	0.803
200 (Después)	18.575	17.785	0.956	0.873
200 (Antes)	18.945	18.575	0.995	0.956
100	19.155	18.945	1.017	0.995
50	19.395	19.155	1.042	1.017
25	19.495	19.395	1.053	1.042
12	19.605	19.495	1.064	1.053
5	19.685	19.605	1.073	1.064

Tabla 4.35. Valores de relación de vacíos para cada estado de esfuerzos de la muestra 2-B.

Muestra:		2-A		
Presión (kPa)	h inicial (mm)	h final (mm)	$e_{inicial}$	$e_{final}$
400	18.627	18.327	0.739	0.711
200 (Después)	18.977	18.627	0.771	0.739
200 (Antes)	19.067	18.977	0.780	0.771
100	19.207	19.067	0.793	0.780
50	19.237	19.207	0.796	0.793
25	19.267	19.237	0.799	0.796
12	19.307	19.267	0.802	0.799
5	19.317	19.307	0.803	0.802

En las figuras 4.41.a 4.44 se presenta las curvas de compresión para el ensayo de potencial de colapso correspondiente a las muestra 1-A, 1-B, 2-A y 2-B.

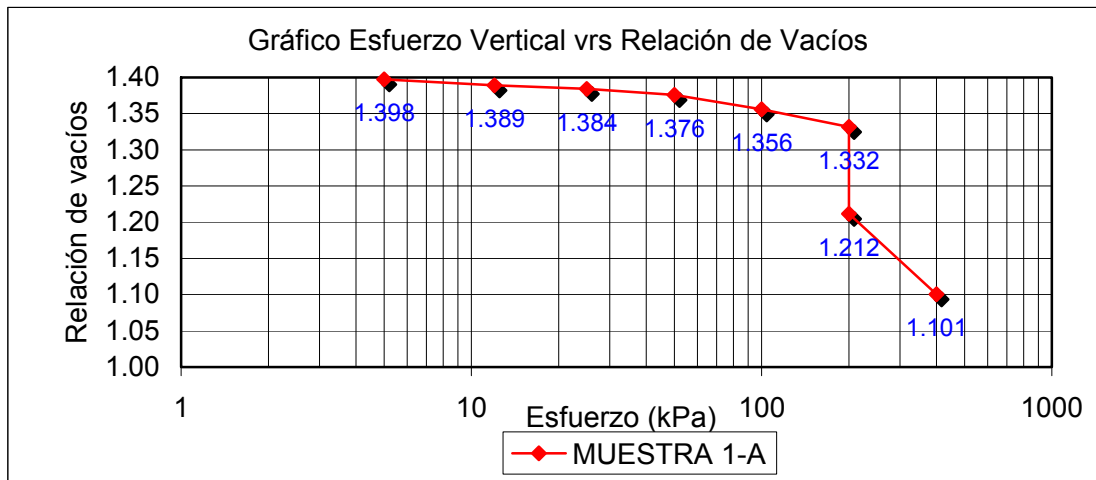


Figura 4.41. Curva de compresión para el ensayo de potencial de colapso de la muestra 1-A.



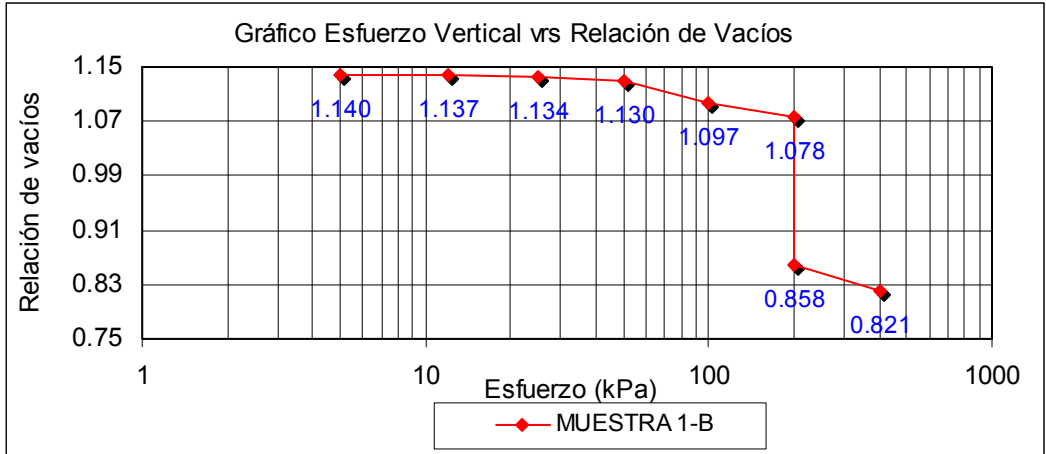


Figura 4.42. Curva de compresión para el ensayo de potencial de colapso de la muestra 1-B.

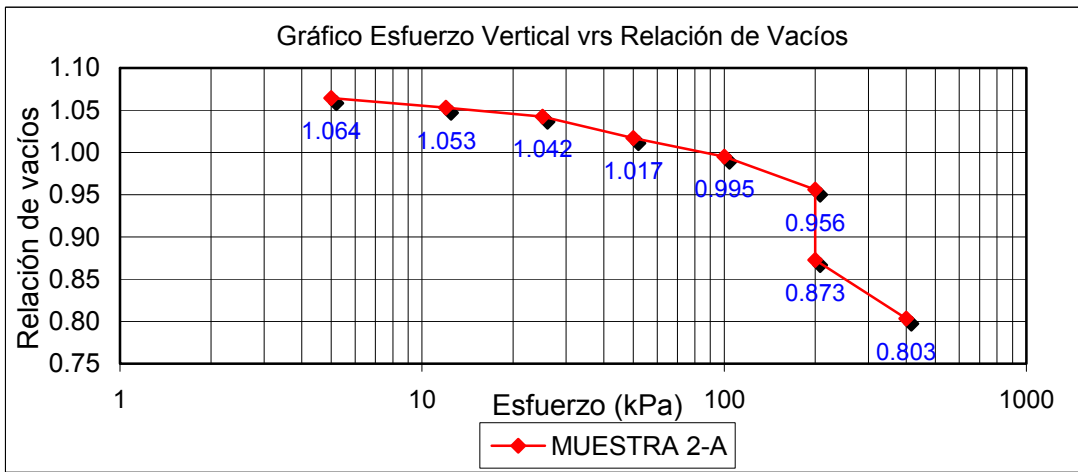


Figura 4.43. Curva de compresión para el ensayo de potencial de colapso de la muestra 2-A.

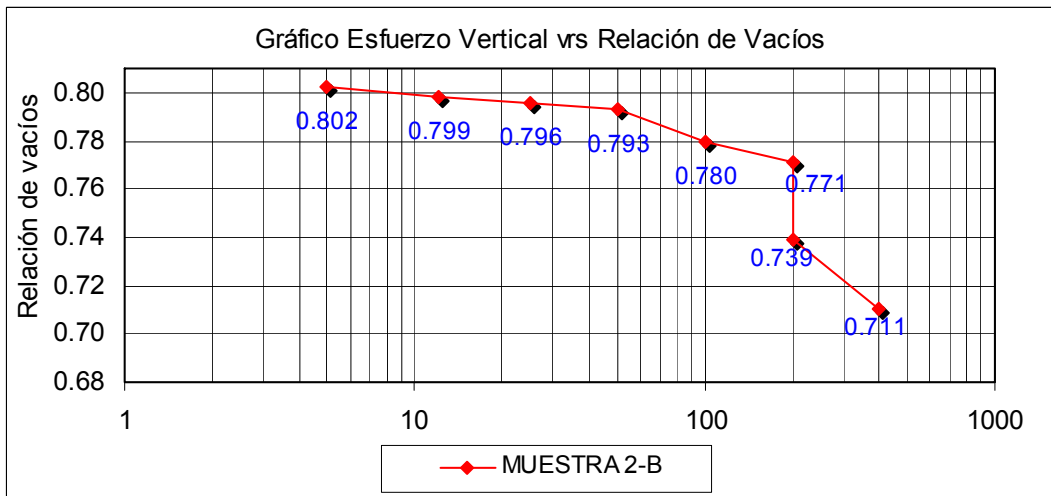


Figura 4.44. Curva de compresión para el ensayo de potencial de colapso de la muestra 2-B.

En la tabla 4.36 se presenta la clasificación del índice de colapso según la norma ASTM D 5333. La tabla 4.37 muestra un resumen de los resultados de índice de colapsabilidad obtenidos para las muestras 1-A, 1-B, 2-A y 2-B.

Tabla 4.36. Clasificación de índice de Colapso.

Clasificación de índice de Colapso, $I_e$	
Grado de colapso	Índice de colapso $I_e$ (%)
Ninguno	0
Ligero	0.1 a 2.0
Moderado	2.1 a 6.0
Moderado y severo	6.1 a 10
Severo	>10

Tabla 4.37. Valores de índice de colapso para las muestra ensayadas.

Muestra	1-A	1-B	2-A	2-B	Unidades
Relación de vacíos en el estado natural de la muestra $e_0$	1.41	1.14	1.07	0.8	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa antes de la saturación $e_1$ :	1.33	1.08	0.96	0.77	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa después de la saturación $e_2$	1.21	0.86	0.87	0.74	Adimensional
Índice de colapsabilidad ( $I_e$ )	4.98	10.25	4.01	1.81	%
Grado de Colapso	Moderado	Severo	Moderado	Moderado	-

### **Análisis e interpretación de resultados.**

A partir de los valores de  $I_e$  obtenidos en las pruebas de laboratorio, el grado de colapso en los suelos 1-A, 2-A y 2-B es considerado como moderado, mientras que la muestra 1-B es severo registrando el valor más alto de índice. El colapso de este material se debe a que el humedecimiento de estos suelos provoca la destrucción de las fuerzas estabilizadoras, con una disminución de la resistencia del suelo, lo que genera un desplazamiento relativo entre las partículas, de tal forma que estas pasan a ocupar los espacios vacíos de la estructura de suelo lo que da como resultado la reducción brusca del los vacíos. Los ensayos permitieron evidenciar que, la magnitud de la deformación depende principalmente de su grado de saturación, entre otros factores. Así, se pudo observar cómo los diferentes depósitos de la unidad "G" son más deformables con el aumento de la humedad, debido a que esta acción desencadena la alteración del estado de tensiones por reducción de la succión existente tornando el suelo menos rígido.

## 4.5 Resumen de parámetros físicos y mecánicos

Parámetros físicos.

Tabla 4.38. Resumen de resultados de parámetros físicos.

Pto.	Descripción.	Símbolo SUCS.	Granulometría.		% $\omega$	Gs	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Relación de vacíos.	Porosidad
			%	%							
1-A	Coignimbritas.	ML	Grava = 0.0		13.3	2.42	1.04-1.09	1.18-1.24	12.16	1.32	0.57
			Arena = 47.7								
			Finos= 42.3								
1-B	Ignimbritas.	SM	Grava = 0.0		15.1	2.41	1.06-1.19	1.18-1.38	13.54	1.06	0.52
			Arena = 71.8								
			Finos= 28.2								
2-A	Coignimbritas.	SM	Grava = 0.0		20.1	2.41	1.17-1.28	1.35-1.53	15.01	1.16	0.53
			Arena = 57.9								
			Finos= 42.1								
2-B	Ignimbritas.	SM	Grava = 1.3		15.1	2.41	1.38-1.40	1.53-1.61	15.89	0.75	0.43
			Arena = 63.0								
			Finos= 35.7								

Parámetros mecánicos.

Tabla 4.39. Resumen de resultados de parámetros mecánicos.

Pto.	Descripción.	Clasificación según SUCS.	Ángulo de fricción (°).		Cohesión (kPa)		C <sub>c</sub>		C <sub>r</sub>	
			Nat.	Sat.	Nat.	Sat.	Nat.	Sat.	Nat.	Sat.
1-A	Coignimbritas de la unidad G de la TBJ.	ML	36.8	28.1	15.1	11.3	0.233	0.39	0.031	0.031
1-B	Ignimbritas de la unidad G de la TBJ.	SM	47.6	39.4	25	4	0.365	0.233	0.094	0.063
2-A	Coignimbritas de la unidad G de la TBJ.	SM	48.3	26.8	16.8	4.6	0.266	0.299	0.063	0.031
2-B	Ignimbritas de la unidad G de la TBJ.	SM	51.9	32.3	41.8	11.8	ND	ND	ND	ND
Punto 1	Proctor mezcla de ignimbritas y coignimbritas.	SM	45.3	41.1	33.9	5.2	NA	NA	NA	NA
Punto 2	Proctor mezcla de ignimbritas y coignimbritas.	SM	48.7	38.7	40.8	18.6	NA	NA	NA	NA



## **CAPÍTULO 5: COMPORTAMIENTO Y PROBLEMÁTICA DE LA TIERRA BLANCA JOVEN, UNIDAD “G”, OBRAS DE PROTECCIÓN Y SUS CONSIDERACIONES.**

### **5.1 Introducción.**

Como se menciona en el capítulo 3, la Tierra Blanca Joven (TBJ) está compuesta por diferentes unidades, entre ellas se encuentra la unidad “G”, la cual es la más superficial. Este capítulo tratará sobre la problemática que esta unidad presenta debido a sus características, tomando en cuenta que la unidad “G”, según pruebas de laboratorio hechas durante el trabajo (capítulo 4) es un suelo colapsable y con base al comportamiento visto en campo, se hacen algunas consideraciones para darle el tratamiento adecuado a este tipo de material, también se muestran algunas alternativas de obras de protección.

### **5.2 Comportamiento y problemática que afecta la TBJ.**

#### **5.2.1 Factores que afectan la TBJ.**

Los depósitos de TBJ según lo observado en campo presentan problemas debido a eventos tales como: Sismos, lluvias, procesos antrópicos, ruptura de tuberías y la erosión entre otros. La incidencia de los sismos en los depósitos de TBJ, es debido a que las ondas sísmicas al pasar de un medio más denso a uno menos denso se produce una disminución de velocidad de onda, tal cambio de velocidad genera una amplificación en la onda sísmica, teniendo como resultado vibraciones de suelo más fuertes. De acuerdo al departamento de Sismología del Servicio Nacional de Estudio Territoriales (SNET), mensualmente se reportan entre 5 y 10 sismos, perceptibles por la población, esa frecuencia de sismos ofrece una idea de las vibraciones a las que los taludes compuestos por estos materiales son sometidos. Las lluvias y la disminución de la infiltración por el cambio de uso de suelo (crecimiento urbano) y la invasión de zonas de inundación producen un incremento de la escorrentía superficial, generando un aumento en los caudales de ríos y quebradas, principalmente en la zona de estudio, que es donde se encuentran mayores espesores de unidad “G”, la cual es altamente erosionable por ser poco consolidada y colapsable como se demostró con las pruebas realizadas en el capítulo 4 (apartado 4.3.8). Entre los diferentes procesos antrópicos observados en esta zona podemos mencionar: Deforestación, extracción de áridos en los lechos de ríos y quebradas, excavaciones en zonas de ladera y la modificación de los regímenes hidrológicos; alterando así el equilibrio natural.

En el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) la mayor problemática se da en los drenajes naturales, ya sea por su invasión o por las construcciones muy cercanas a los escarpes, por lo que a los pocos años se experimentan derrumbes, erosión y colapso.

Uno de los fenómenos que se observa en la zona de estudio, es la formación de cárcavas, que se dan por la erosión superficial o subterránea, en este último el proceso de formación a veces no es visible, hasta que se presenta el colapso del talud o superficie, pudiéndose dar por la ruptura de una tubería. La figura 5.1 muestra el proceso de formación de cárcava.

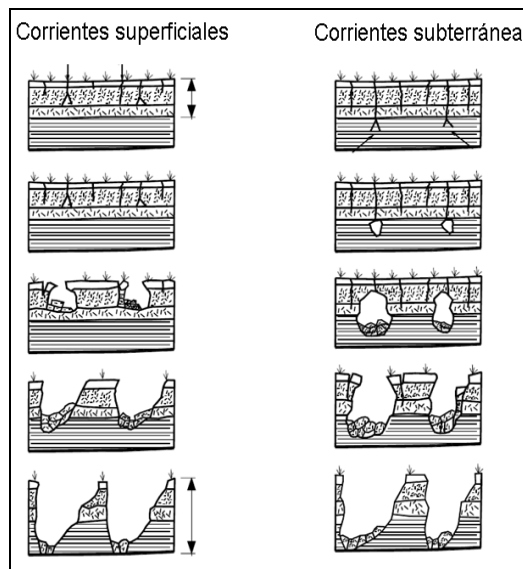


Figura 5.1. Proceso de formación de cárcava [Jaime S, 1998: p.269].

La escorrentía superficial y subterránea es uno de los agentes más relevante en la generación de erosión, la cual puede ser de diferentes tipos: Erosión retrograda (se da en las cabeceras de los drenajes debido al aumento de la pendiente o si hay un cambio en la relación carga-caudal, acelerándose la corriente, resultando que la erosión se propague progresivamente hacia aguas arriba), erosión planar del suelo (es un proceso que impacta las laderas sin vegetación y muy frecuentemente inicia los flujos de tipo "flowage"), erosión subterránea (el mecanismo de esta erosión es cuando el agua que se infiltra en el suelo o en el sedimento, disuelve lentamente pero permanente los minerales solubles o se llevan las partículas más finas del sedimento afuera del escarpe y produce las cavernas pequeñas y después más grandes en el suelo. El resultado de este proceso es la degradación de la superficie, el colapso o la erosión superficial), erosión vertical (profundiza los lechos de cañones y las quebradas), erosión lateral (amplía las quebradas y cañones. Muchas paredes de las quebradas y cañones se derrumban por la erosión lateral de la corriente del río). En las figuras 5.2 a la 5.5 se presentan ejemplos de los diferentes tipos de erosiones que se observan en la zona de estudio y en las cercanías de esta.



Figura 5.2. Erosión lateral en el río Las Cañas  
[Julio, 2009]



Figura 5.3. Erosión vertical y retrograda atrás de la LLUSA  
[Julio, 2009]



Figura 5.4. Erosión retrograda en Qda. Arenal Seco  
[Julio, 2009]



Figura 5.5. Cerca de la ciudad de San Martín la erosión forma un relieve tipo "bandland" [2006].

En las figuras 5.6 se muestran los problemas de hundimientos en la colonia Cumbres de San Bartolo, municipio de Ilopango, esto puede haber sido generado por malos procesos en la compactación de los suelos, la acción de la erosión subterránea o por la combinación de ambas.

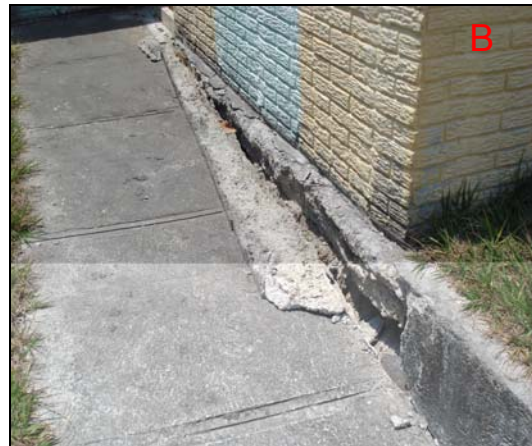


Figura 5.6. Problemas de hundimientos en colonia Cumbres de San Bartolo.



En la figura 5.7 se muestra la formación de cárcavas generadas por problemas de colapso de tuberías y en su mayoría se presentan en zonas densamente pobladas.



Figura 5.7. Cárcava de colonia Santa Lucia en el municipio de Llopango, mostrando el colapso del suelo y la ruptura de las tuberías [2009].

### 5.2.2 Mecanismo de ruptura.

Los depósitos de TBJ, presentan un mecanismo de ruptura peculiar, estos se muestran como estructuras laminares, que se generan paralelas a la cara de los taludes y su formación depende de una serie de procesos naturales, como el intemperismo físico o efecto de temperatura, el cual genera exfoliación, produciendo contracciones y expansiones en los estratos, creando así grietas.

La lluvia es otro de los factores que participan en la formación de las grietas, el agua entra en estas, produciendo un aumento en la presión de poros, haciendo que se abran más y facilitando el crecimiento de raíces dentro de ellas. Las raíces se desarrollan fácilmente penetrando a lo largo de las fisuras de los taludes, cuando estas se tornan más gruesas producen una presión lateral en el interior de las discontinuidades, siendo la porción más externa la que se separa del talud, y facilitando la infiltración del agua. En estas condiciones y ante la presencia de una lluvia torrencial, la sección formada por la discontinuidad se cae, por el aumento de peso del agua intersticial, venciendo así las fuerzas resistentes [Hernández, 2004: p.96].

Las figuras 5.8 y 5.9 muestran el mecanismo de ruptura de la unidad "G".

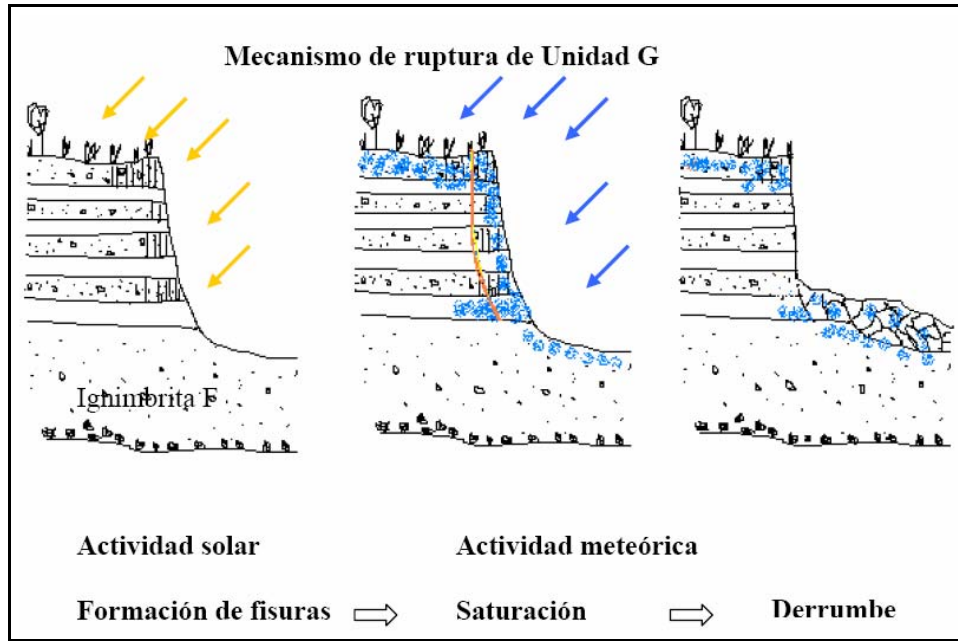


Figura 5.8. Intemperismo, ruptura y derrumbe de la ignimbrita de la unidad "G"[Hernández, 2004: p.96].



Figura 5.9. Mecanismo de ruptura en TBJ, (A) talud en intersección Av. Los Sisimiles y 33 Av. norte, San Salvador. (B) talud en río Las Cañas. [Julio, 2009]

También se observa otro tipo de mecanismo de ruptura, aunque con menor frecuencia que el descrito anteriormente, este se presenta en la parte superior los taludes, generalmente en la unidad "G", en forma de bloque (tipo ventana), este también se le puede atribuir a los procesos naturales como los cambios de temperatura, la lluvia, los movimientos sísmicos, etc. En la figura 5.10 se muestra un ejemplo de estos mecanismos de ruptura. Ambos mecanismos se generan principalmente en los taludes de ríos y quebradas.

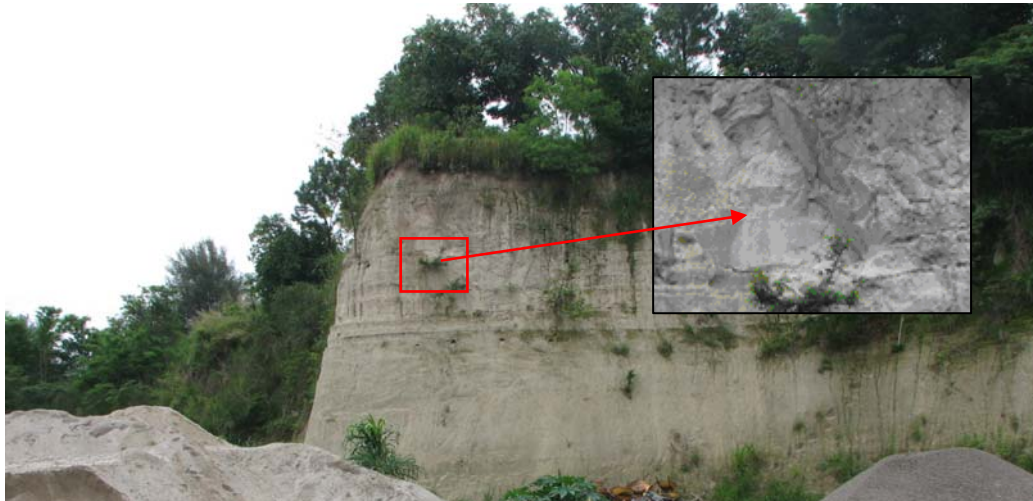


Figura 5.10. Mecanismo de ruptura tipo ventana en un talud ubicado frente a colonia Altos del Boulevard, San Salvador [Julio. 2009].

### 5.2.3 Comportamiento de los drenajes.

Los sistemas de drenajes naturales son redes de transporte superficial de agua y sedimentos, como ríos, quebradas, lagos y flujos subterráneos. En dichos sistemas los sedimentos pueden ser transportados de tres maneras:

- En disolución, este proceso proporciona sólidos disueltos en forma de iones químicos. Los materiales más abundantes en disolución son el calcio y el bicarbonato, siendo también comunes los iones de sodio, magnesio, hierro y sulfato.
- En suspensión, es la forma de transporte de las partículas más finas, arcillas y limos son transportados de esta manera, denominándose carga en suspensión.
- Por saltación, rodadura o deslizamiento, afecta a las partículas más gruesas, en conjunto se denominan carga de fondo del curso de agua.

Los lechos (cauce) de los sistemas de drenajes naturales en la zona de estudio, están compuestos por depósitos de TBJ. Existiendo tramos en los ríos y quebradas en los que predomina la erosión y en otros la sedimentación, modificando su lecho de manera constante hasta encontrar finalmente el equilibrio entre la fuerza arrastre y la resistencia. Esta evolución o transformación constante se da a lo largo de la historia de un drenaje ya que su comportamiento depende del caudal que transporte, su velocidad, fuerzas externas (fallas que cambian pendiente o recorrido), condiciones climáticas y la carga que lleve. La evolución en el perfil de un drenaje dependerá de cambios en el nivel base (niveles del mar o lagos por ejemplo), cambio de pendientes, extracción de material de su lecho; dichos fenómenos pueden producir cambios en la erosión o sedimentación en un tramo lo cual se da debido al desequilibrio que se desarrolla entre la capacidad de transporte de la corriente y el suministro de carga sólida (por ejemplo si en un tramo se atrapan los sedimentos que



transporta el agua, al salir de esa área el agua tendrá mayor potencia erosiva ya que la carga que transportaba fue retenida recuperando la capacidad para erosionar conllevando a un encajonamiento o incisión haciendo ríos cada vez más profundos).

En resumen las principales causas de incisión de cauces y quebradas (Schumm et al., 1984):

- El incremento de las fuerzas erosivas, por estrechamiento del cauce y concentración de los caudales.
- El aumento de la pendiente por obras de canalización, descenso del nivel de base, etc.
- El aumento de las escorrentías y de los caudales punta de las avenidas.
- La disminución de la carga sólida de los caudales circundantes.

#### 5.2.4 Formación de meandros.

Los meandros son un trazado que se aparta de la dirección del escurrimiento para volver a ellas tras haber descrito una curva pronunciada.

La figura 5.11 muestra la formación de meandros.

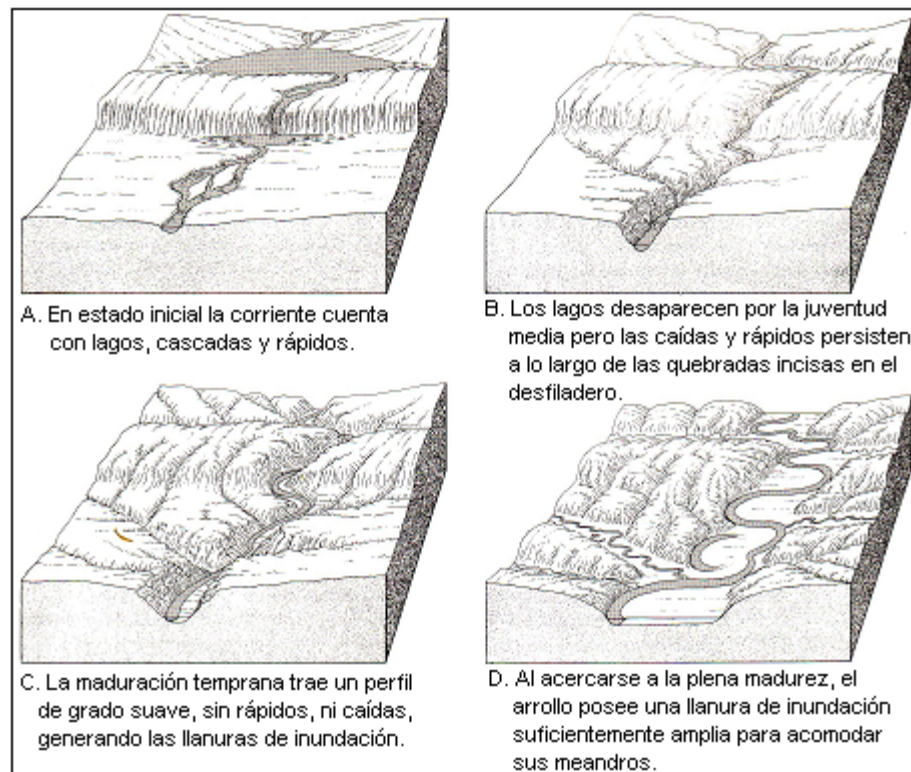


Figura 5.11. Formación de meandros. Adaptado de: Strahler, A [1973: p.322].

Es importante mencionar que no todos los ríos generan meandros. Y aquellos que los generan no lo hacen en toda su longitud, algunas de sus sinuosidades no se exageran, por lo que hay tramos sin meandros. Un río cuya carga este constituida sobre todo por elementos en suspensión, es propenso a dar meandros. Un río que tiene sobre todo una carga que es arrastrada por el fondo tiende por el contrario a dividirse en canales múltiples anastomosados en el interior de un lecho aparente rectilíneo, en especial si su régimen es irregular [Geomorfología, 1991: p.96-99]. En el anexo C se puede ver el comportamiento de drenajes y meandros con el tiempo de algunas partes de la zona de estudio.

### 5.2.5 Llanuras aluviales.

Las llanuras aluviales o llanuras de inundación son áreas de superficie adyacentes a ríos o quebradas, sujetas a inundaciones, a continuación se puede observar una sección transversal de una río, donde se muestra la llanura aluvial a ambos lados del lecho aparente (donde escurre el agua en un momento dado) pudiendo cambiar con el tiempo (ver figura 5.12), las llanuras aluviales son "propensas a inundación", cuando el río viene crecido ocupa toda la sección transversal. El lecho del río se desplaza con bastante facilidad, inundando zonas alejadas del lecho principal actual.

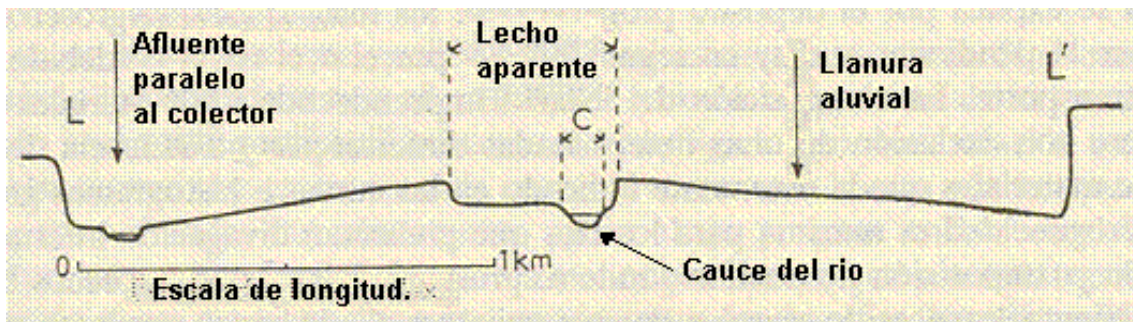


Figura 5.12. Sección transversal de río, con alturas exageradas, tomado de: [Geomorfología, 1991: p.85].

Debido al poco conocimiento del territorio, se urbanizan áreas que pertenecen a llanuras aluviales de la Qda Arenal Seco produciendo problemas como inundación y erosión. Un ejemplo de esto se puede ver en la figura 5.13, en la que se presenta una fotografía de casas colapsadas, ubicadas en la Urbanización Nuevos horizonte, municipio de Ilopango, a la orilla de la Qda. Arenal Seco, las cuales invadían la llanura aluvial (ver figura 5.14), provocando que las aguas socavaran las cimentaciones de las casas y así produciéndose el colapso de estas.





Figura 5.13. Colapso de vivienda ubicada Urbanización Nuevos Horizontes en las orillas de la Qda. Arenal Seco [Agosto, 2009].

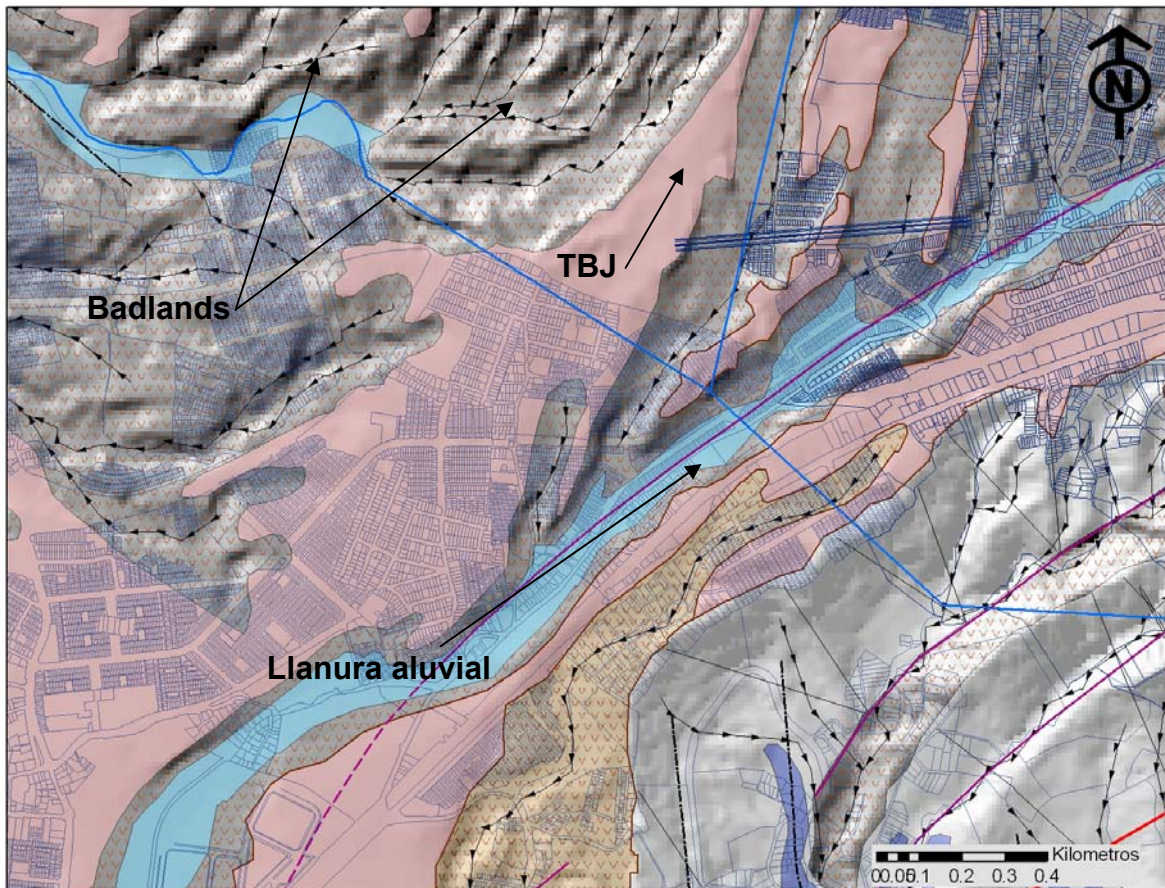


Figura 5.14. Invasión de llanura aluvial en la Qda. Arenal Seco y urbanizaciones sobre superficies de badlands [Mapa geomorfológico y planimétrico, 2006].

### 5.3 Obras de protección visitadas en la zona de estudio.

Para conocer la interacción y comportamiento entre la unidad "G" y las diferentes obras de protección que existen en la zona de estudio, se realizaron una vez a la semana visitas a cinco obras de protección durante un periodo comprendido en los meses de Mayo, Junio y Julio los cuales se caracterizan por el comienzo de la estación lluviosa en El Salvador. Se buscó que dichas obras cumplieran las siguientes condiciones: La primera que estuvieran dentro de la zona de estudio y la segunda que estuvieran construidas sobre TBJ. Con la excepción del punto de monitoreo uno que esta fuera de la zona de estudio, este se tomo en cuenta debido a su fácil acceso y a que podría colapsar en cualquier momento.

#### 5.3.1 Puntos de monitoreo.

En la figura 5.15 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo.

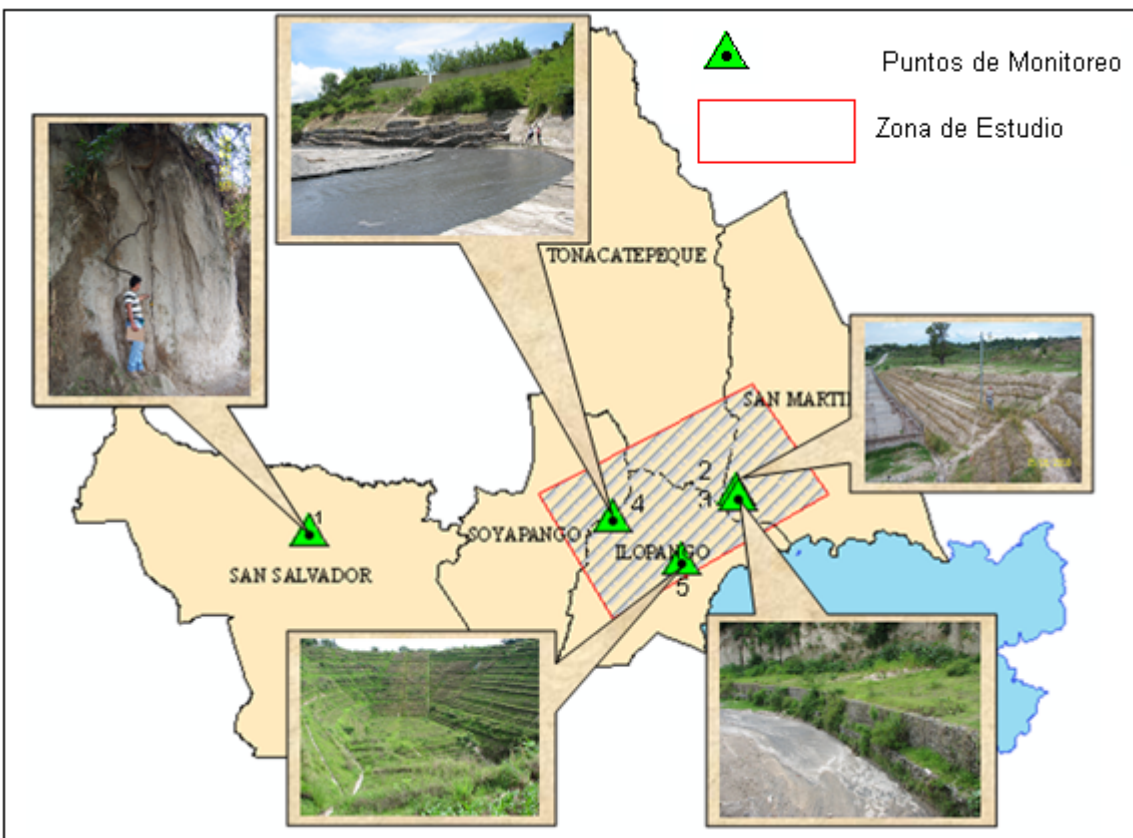


Figura 5.15. Diferentes puntos de monitoreo [Junio, 2009]

En la tabla 5.1 se presenta la descripción, ubicación y coordenadas geodésicas de los diferentes puntos de monitoreo de los cuales cuatro de estos se encuentra dentro de la zona de estudio.

Tabla 5.1. Información de puntos de monitoreo.

Pto	Ubicación.	Coordenadas geodésicas.	Descripción.
1	Intersección Avenida los Sisimiles y 33 Av. Norte, San Salvador.	Latitud: 13° 42' 21.96"	Talud con ángulo de inclinación de 90°, altura de H= 5.4 m, compuesto por dos estratos de la TBJ, unidad F en el pie del talud y unidad "G" en la parte superior.
		Longitud: 89° 12' 30.42"	
2	Boulevard Las Pavas, Residencial Nuevo Horizontes, Ilopango.	Latitud: 13° 43' 2.91"	Sistema de taludes de H= 2.5 m en forma de terrazas cubierto con vetiver y un sistema de drenaje de canales abiertos.
		Longitud: 89° 5' 7.10"	
3	Residencial Nuevo Horizontes, Qda, Arenal Seco, Ilopango.	Latitud: 13° 42' 57.79"	Sistema estructural compuesto por gaviones, el cual protege las paredes de la sección transversal de la Qda. Arenal seco en una longitud L= 100 m.
		Longitud: 89° 5' 6.88"	
4	Autopista San Salvador-San Miguel (carretera de Oro), Río las Cañas, a un costado del Cementerio Parque Memorial Los cipreses, Ilopango.	Latitud: 13° 42' 36.57"	Talud H= 15 m, compuesto por un sistema estructural de gaviones en la base con altura H= 3.5 m, cubierto con vetiver y un sistema de drenaje de canales abiertos.
		Longitud: 89° 7' 15.66"	
5	km. 11 Carretera Panamericana a oriente, Colonia Llano Verde atrás de la Fabrica Sherwin Williams, Ilopango.	Latitud: 13° 41' 53.34"	Sistema de taludes con ángulo de inclinación de 45° en forma de terrazas escalonadas H= 60 m, los taludes están cubiertos con vetiver a cada 1-0.5 m y con un sistema de drenajes de canales abierto.
		Longitud: 89° 6' 5.12"	



### 5.3.2 Descripción de lo observado en campo.

A continuación se presenta una descripción de las observaciones en campo de cada uno de los puntos de muestreo:

Punto de Muestreo 1: En este talud se presentan grietas y la separación de una masa de suelo (bloque) con una grieta paralela a la cara del talud, ocasionado por la inclusión de raíces de un árbol en la parte superior de este, en el pie del talud se ve la erosión ocasionada por la influencia de precipitaciones pasadas. El cambio más notable que presento este talud durante el periodo de monitoreo fue el día 29 de mayo de 2009 el cual debido a movimientos sísmicos y presencia de precipitación durante la madrugada, provoco que la grieta del bloque del talud aumentaran de tamaño (2cm a 4cm), por lo demás el talud no presento ningún cambio, se mantuvo relativamente estable (ver figura 5.16).



Figura 5.16. Punto de muestreo 1 [Junio, 2009].

Punto de Muestreo 2: Durante el periodo de monitoreo en el sistema de terrazas en forma escalonada se observo la presencia de erosión debido a la poca vegetación de los taludes y a la mala adaptación del vetiver, que trajo como consecuencia la acumulación de sedimentos en los canales abiertos, al cual no se está dando ningún tipo de mantenimiento (ver figura 5.17).



Figura 5.17. Punto de muestreo 2, [Junio, 2009].

Punto de Muestreo 3: Esta obra de protección no mostró ningún cambio significativo durante el periodo de monitoreo, el único cambio fue que este presentaba acumulación de sedimento fluviales y desechos sólidos en la base de los gaviones que con la posterior llegada de las primeras precipitaciones estas fueron arrastrados por la escorrentía del río. Se observo también el aumento de vegetación en los gaviones durante el periodo de monitoreo (ver figura 5.18).



Figura 5.18. Fotografía: (A) muestra las condiciones iniciales del punto de monitoreo 3 en la Qda. Arenal Seco antes de las primeras precipitaciones [Mayo 2009], (B) muestra punto de monitoreo 3 después de la primeras precipitación, en donde se puede ver el aumento de la vegetación y la disminución de los sedimentos fluviales y desechos sólidos en la base de los gaviones [Junio, 2009].

Punto de Muestreo 4: Este es de los puntos de monitoreo que mas cambio experimento ya que por la influencia de la lluvia del 14 de mayo 2009 y la consecuente crecida del Río las Cañas, genero que la obra de protección de gaviones colapsara debido a la socavación por la parte de atrás de estos, lo cual produjo que una sección de muro fueran arrancada y arrastrada por la escorrentía del

río, al estar desprotegido el talud, fue erosionado lateralmente aproximadamente 2.5 m (ver figura 5.19).

Posteriormente durante un periodo de tres semanas se reconstruyó la sección del talud protegiéndolo nuevamente con gaviones, el cual presentaba hundimientos en la base de estos y por lo consiguiente el reacomodo de estos (ver figura 5.20).



Figura 5.19. Fotografía: (A) muestra las condiciones iniciales del punto de monitoreo 4 en el río de Las Cañas antes de la primera lluvia [8 mayo 2009], (B) muestra punto de monitoreo 4 después de la primera precipitación, en donde se puede ver que los gaviones fueron arrastrados y la erosión lateral del talud [15 mayo, 2009].



Figura 5.20. Fotografía: (A) muestra el proceso de reconstrucción del los gaviones [22 mayo 2009], (B) presenta los asentamientos diferenciales en toda la base del muro de gaviones luego de haber finalizado los trabajos de reconstrucción. [Junio, 2009].

Punto de Muestreo 5: Esta obra de protección no presento ningún cambio durante el periodo de monitoreo, ya que a esta se le provee mantenimiento a los surcos de vetiver y la limpieza de los canales abierto cada seis meses, el cual permite su buen funcionamiento tanto del vetiver y los drenajes, disminuyendo el riesgo de daños por precipitaciones que comúnmente ocurre en esa época (ver figura 5.21).





Figura 5.21. Fotografía de punto de muestreo 5 en el cual se puede ver el sistema de taludes en forma de terrazas y sus sistemas de drenajes [Junio, 2009].

#### **5.4 Obras de protección.**

Las obras de protección son todas aquellas construcciones que sirven para satisfacer las necesidades de seguridad de la población, ante la interacción del desarrollo urbano y el entorno natural. Debido a la problemática en este material, se ve la necesidad de proteger a todas aquellas obras ingenieriles que están cimentadas sobre la unidad “G” de la TBJ ante la acción del agua, que es el factor detonante de la mayoría de problemas.

Existen diferentes obras de protección que de manera general se pueden clasificar en estructurales y no estructurales, las estructurales son todas aquellas soluciones constructivas que son diseñadas para resistir cargas de acuerdo a una determinada sollicitación y las no estructurales son todas aquellas soluciones constructivas que no son diseñadas para resistir cargas, ambas pueden cumplir una función de protección contra la erosión e inundación. En la figura 5.22 se presenta una clasificación de las diferentes obras de protección.

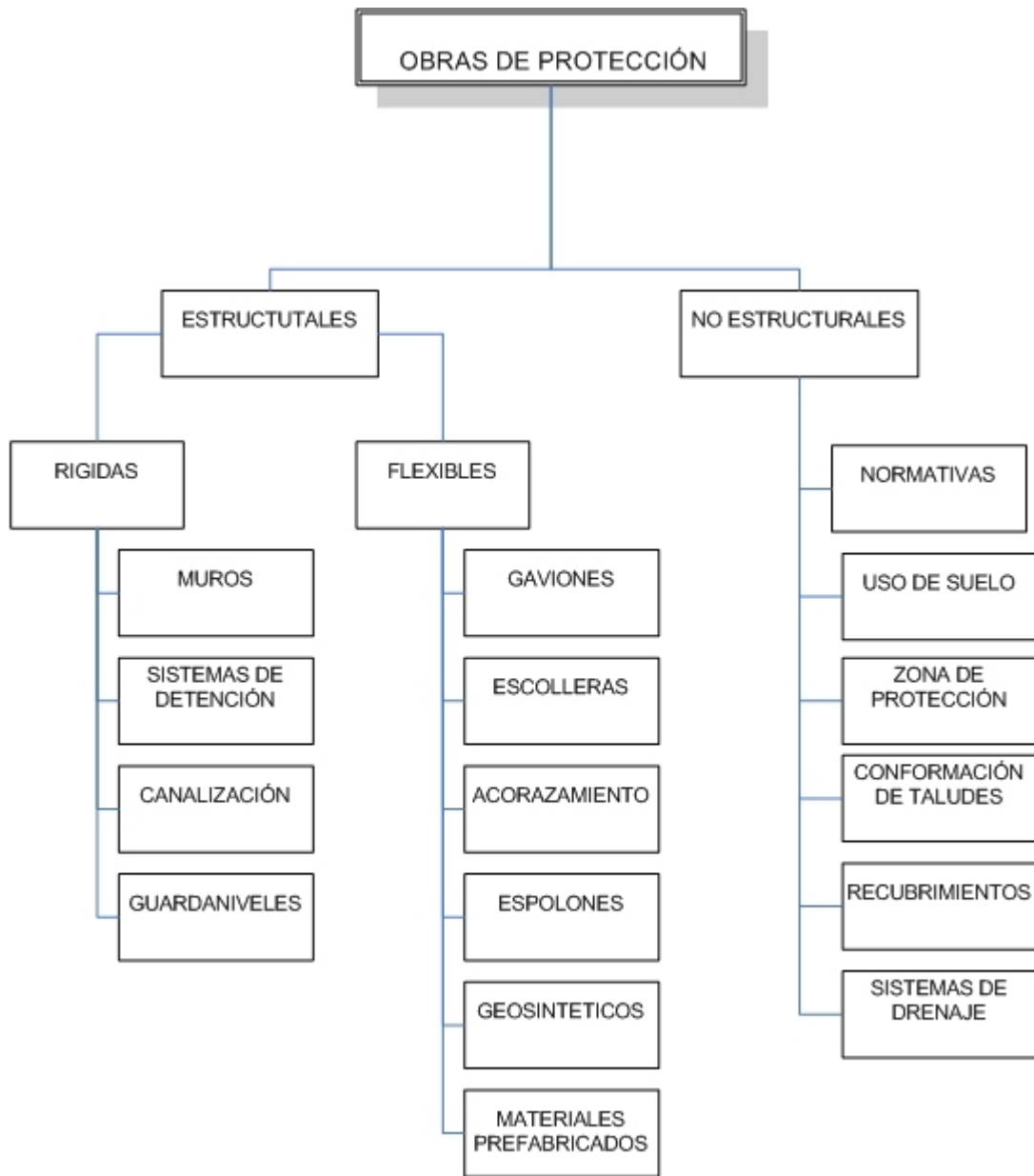


Figura 5.22. Flujograma de obras de protección [Agosto, 2009].

#### 5.4.1 Obras de protección estructurales.

Las obras de protección estructurales pueden ser longitudinales y/o transversales y se clasifican de acuerdo a su capacidad de deformabilidad ante presiones ejercidas o su propio peso, estas pueden ser estructuras flexibles o rígidas. Por lo usual una estructura queda dentro de uno u otro grupo según el material o componentes que la forman.

- **Estructuras rígidas.**

Las estructuras rígidas son aquellas que no se deforman cuando se les aplica diferentes fuerzas, excepto si sus elementos se rompen produciendo una falla en el elemento. Dentro de las estructuras rígidas podemos mencionar los muros, sistemas de detención, canalización, guardaniveles, etc.

### **Muros.**

Los muros se pueden definir como toda estructura continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno. Existen dos tipos de muros los cuales son muros de gravedad y muros estructurales.

### **Muros de gravedad.**

Son muros que resisten las fuerzas de empuje del terreno por su gran masa, gracias a sus grandes dimensiones los esfuerzos de flexión son mínimos por lo que no necesitan reforzamiento por tensión (ver figura 5.23), estos los podemos clasificar como muros de: mampostería, hormigón, etc.



Figura 5.23. Obra de protección longitudinal hecha por un muro de gravedad en el cauce de la Qda. Arenal Seco, en la zona franca, San Bartolo. [Mayo 2009].

### **Muros estructurales.**

Los muros estructurales son un concepto más refinado del muro de gravedad, poseen una pantalla mucho más delgada, su perfil normalmente es el de una L o T y utilizan el peso del relleno para proveer mayor resistencia al deslizamiento y al volteo. Por sus dimensiones más pequeñas que los masivos utilizan menores cantidades de materiales pero si necesitan refuerzo por flexión por lo que

requieren de un trabajo más calificado en la figura 5.24 se pueden observar las partes principales por las que está compuesto un muro de gravedad en voladizo.

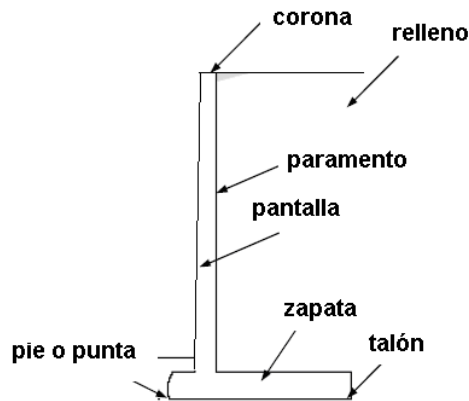


Figura 5.24. Principales partes de un muro de gravedad en voladizo, tomado de apuntes de clase de Cimentaciones capítulo 5, sistemas de retención [2009: p.2]

### Sistemas de detención.

Estos sistemas son estructuras especiales debido a que no estabilizan masas de suelo, siendo su objetivo fundamental el de controlar el caudal de las escorrentías hacia un colector pluvial o cuerpo receptor y estos sistemas intentan emular el comportamiento antes de que se urbanizara ya que por el incremento del desarrollo urbano se reducen las áreas de infiltración, aumentando el caudal pico y por ende se reduce el tiempo de concentración de escorrentía, generando problemas aguas abajo. A continuación se presenta la figura 5.25 en la cual se puede observar en crecimiento urbano en una cuenca y como afecta los tiempo de concentración en el hidrograma.

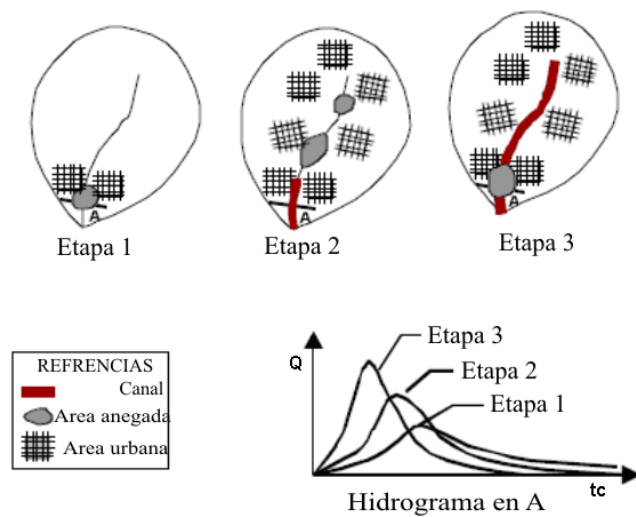


Figura 5.25. Consecuencias del aumento de áreas urbanas en una cuenca.

Los sistemas de detención pueden ser domiciliarios o colectivos, dependiendo principalmente de los recursos con los que se cuenta, en la figura 5.26 se muestran la sección típica transversal de un sistema de detención domiciliar y en la figura 5.27 se muestra la sección típica transversal de un sistema de detención colectivo, en ambas figuras se pueden observar las partes principales de cada uno de estas.

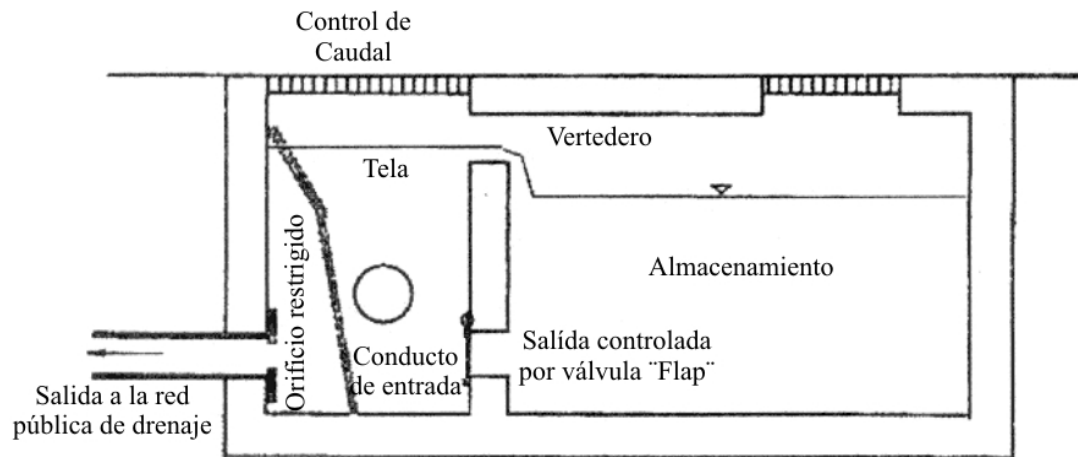


Figura 5.26. Sección transversal de reservorio para detención domiciliar [Tucci, 2001].

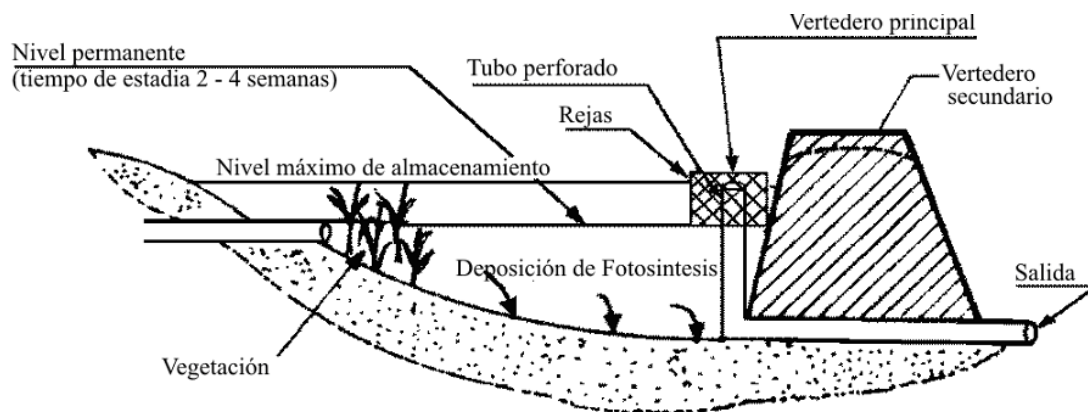


Figura 5.27. Sección transversal reservorio de retención colectivo.

Los sistemas de detención pueden ser también subterráneos y su parte superior utilizarse para otras actividades urbanas, como por ejemplo los de Porto Alegre Brasil con capacidades de almacenamiento de  $4.0 \text{ m}^3$  ver figura 5.28.





Figura 5.28. Cuenco de retención en la ciudad de Porto Alegre, Brasil [Carmona, 2001].

### Canalización.

La canalización de ríos consiste en el reforzamiento artificial con materiales impermeables de la sección transversal de un río o quebrada, con el fin de cambiar o controlar la dirección del flujo de agua, su principal función es impedir la erosión de los márgenes y del fondo del cauce originados por la excesiva velocidad del agua, que tiende a arrastrar el material de las orillas. Conviene tener en cuenta que en un cauce natural siempre se producirán erosiones en determinados puntos; sin embargo, esto no significa que sea preciso proceder a su protección, a menos que el fenómeno de degradación consiguiente sea muy rápido y pueda producir cambios en el régimen hidráulico del río o el problema afecte a puntos singulares que no admitan erosión alguna. También es importante mencionar que de no conocer el comportamiento de los drenajes y las consecuencias de su canalización puede haber una afectación ya sea aguas abajo o aguas arriba, ver figura 5.29 se muestra un sistema de canalización en el residencial Los Almendros.



Figura 5.29. Sistema de canalización en Residencial los Almendros [Julio, 2009]

## **Guardaniveles.**

Los guardaniveles también denominados obras transversales para control torrencial. Operan como pequeñas presas vertedero (estructuras de control). Sus objetivos principales son: Reducir la velocidad del flujo, retener sedimentos y mantener los niveles del río para evitar la erosión en tramos específicos. Pueden fallar por mala cimentación, o por socavación generada inmediatamente aguas abajo. A continuación se muestra una obra transversal en el cauce de la Qda. Arenal Seco la cual presenta problemas de socavación ver figura 5.30.



Figura 5.30. Obra transversal en cauce de la Qda. Arenal Seco con problemas de socavación [Mayo, 2009].

### **• Estructuras flexibles.**

Las estructuras flexibles son aquellas en las que cuando se les aplica una fuerza o por su propio peso, su estructura se deforma controladamente buscando su equilibrio estructural al desplazarse los elementos que la integran. En las estructuras flexibles podemos mencionar: Gaviones, escolleras, acorazamientos, espolones, geosintéticos, geomallas, materiales prefabricados, etc.

## **Gaviones.**

El término gaviones en ingeniería, se utiliza para nombrar a una especie de contenedores en forma de paralelepípedo en los que se recolectan piedras estancadas con malla de alambre.

Algunas de las características de este tipo de estructuras son: Primero permiten la adaptación a deformarse y a movimientos dentro de los límites aceptables, sin perder su estabilidad y eficiencia,

segundo son elementos permeables y tercero no solo funcionan como muros de gravedad sino que también como protección (ver figura 5.31).



Figura 5.31. Muro de gaviones en el cauce del Arenal Seco, en la urbanización Nuevos Horizontes, Ilopango. (Junio 2009).

Los gaviones se utilizan en:

**Control de ríos:** Se encarga de acelerar el estado de equilibrio del cauce. Evita erosiones, el transporte de los materiales y posibles derrumbamientos de los márgenes, otra de sus funciones es la protección de los valles y las poblaciones contra inundaciones.

**Muros de contención:** En este caso el objetivo que persigue es conservar una diferencia entre los distintos niveles de suelo, de manera que constituye un conjunto importante de elementos de soporte y de protección, especialmente en los lechos de ríos.

**Conservación de suelos:** Esto es porque la erosión hídrica acelerada es muy perjudicial para los suelos, ya que por esto muchas superficies fértiles se pierden, a causa de que el material sólido que se va desprendiendo a lo alto y medio de la cuenca origina el asolvamiento de la infraestructura hidráulica que haya en la parte baja.

En el anexo E se presentan las especificaciones técnicas de los gaviones tipo saco, caja y colchón reno.

### **Escolleras.**

La escollera (o enrocado) es la unidad formada por agrupación de elementos pétreos naturales, generalmente procedentes de canteras. Los elementos o escollos se colocan sin ligante, de manera que la unidad no es monolítica. Su estabilidad se debe al peso propio de los escollos y a



su imbricación. Con escolleras se pueden formar estructuras independientes cuyo funcionamiento es por gravedad (ver figura 5.32).



Figura 5.32. Procesos constructivos de escolleras.

Tomada de: <http://dros.es/public/datos/galeria//Fotos-escollera-020.jpg>.

Lógicamente son estructuras permeables y de poca resistencia ya que no existe monolitismo. Por esta última razón, el mayor uso de las escolleras no es como estructura independiente si no como revestimiento, protección o defensa de otra estructura, como es el caso de un dique longitudinal de tierras impermeables o la orilla de un cauce cualquiera (ver figura 5.33). En todos estos casos el talud o la orilla debe ser estable geotécnicamente (la escollera en principio no ha de resistir el empuje de tierras), y el papel de la escollera es impedir su destrucción por la acción de la corriente, para lo que pone en juego su resistencia al arrastre [Martín Vide, 2002: p. 241]. Para evitar el derrumbe del talud de escollera por la acción de la erosión del lecho del drenaje debe continuarse enterrando en el cauce hasta la profundidad adecuada frente a la erosión.

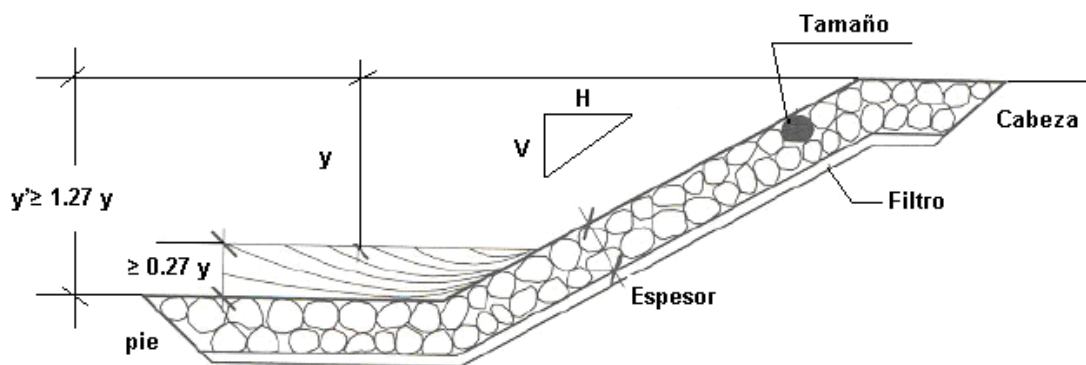


Figura 5.33. Características de una protección de escolleras [Martín Vide, 2002: p. 243].

Las rocas de las escolleras deben cumplir ciertas características intrínsecas susceptibles de un plan de ensayos de control de calidad. Las propiedades más importantes son [Martín Vide, 2002: p. 242]:

- La densidad de la roca, pues la cualidad esencial de cada elemento es su peso; se puede determinar por un ensayo hidrostático; el peso específico más común es  $2.65 \text{ T/m}^3$ .
- La fragilidad o susceptibilidad a la rotura por lugares débiles, pues durante la puesta en obra sufrirá golpes; se puede realizar un ensayo de caída, soltando la roca desde 3m de altura sobre bloques cúbicos que descansan en grava, o bien un ensayo no destructivo, indirecto, midiendo el tiempo de viaje del sonido (menor en roca masiva y sana).
- La resistencia a la meteorización, muy importante para la integridad y durabilidad de la escollera.
- La resistencia mecánica de la roca y la resistencia al desgaste o abrasión.

### Acorazamientos.

El acorazamiento refuerza el fondo del lecho del río con material que pueda resistir las fuerzas de arrastre generadas por el agua, este puede ser por materiales pétreos debidamente sujetos al fondo del lecho (gaviones de colchón reno). Su papel principal es el de impedir el derrumbamiento por acción de la corriente para lo que se pone en juego su resistencia al arrastre, ejemplo de estas podemos observar en la figura 5.34 en la cual se muestran un acorazamiento por enrocado.

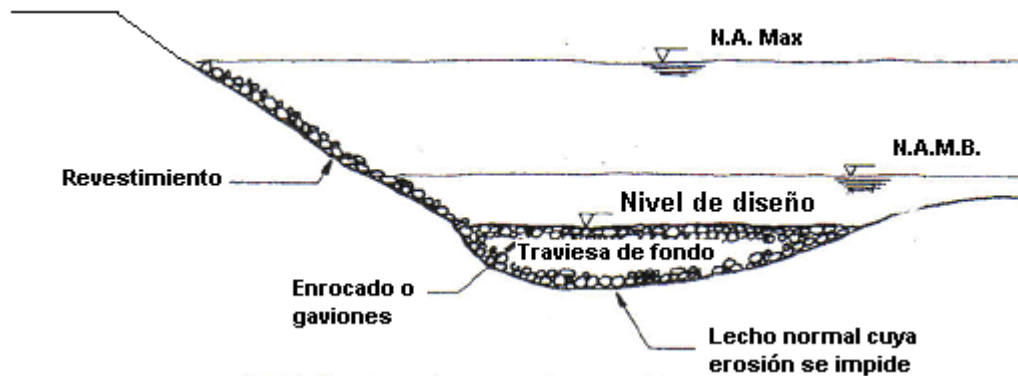


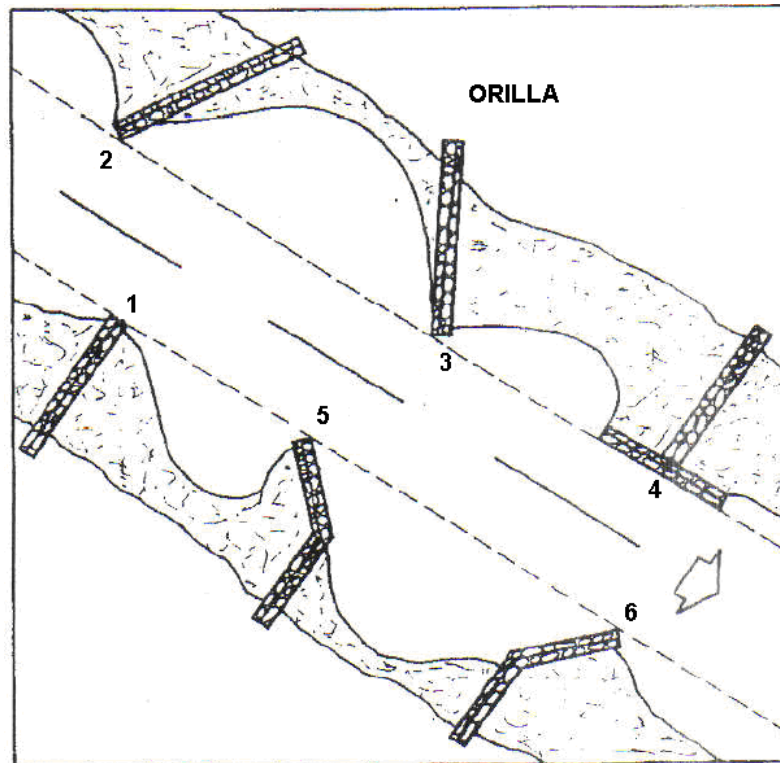
Figura 5.34. Enrocamiento en el fondo del cauce, UNICAUCA, [1991]

### Espolones.

Los espolones son estructuras que se extiendan perpendicularmente al flujo del río dependiendo de la función que se quiera que cumplan ya sea ganando o perdiendo sedimentos estas son

estructuras agresivas que, en lo posible, deben evitarse porque pueden producir problemas erosivos sobre las márgenes del tramo aguas abajo.

Son efectivos cuando se colocan en un sector de alto volumen de transporte de sedimentos en suspensión, si se necesitan para favorecer los procesos de sedimentación. Son estructuras permeables, cuyo objetivo es inducir la sedimentación en un tramo adyacente, aguas arriba de las obras. Pueden fallar por erosión en la punta del espolón o en el tramo inmediatamente aguas abajo. Los tipos de espolones se pueden observar en la figura 5.35.



- |                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| 1 RECTO              | 4 TIPO DE MARTILLO O EN T     |
| 2 HACIA AGUAS ARRIBA | 5 BAYONETA HACIA AGUAS ARRIBA |
| 3 HACIA AGUAS ABAJO  | 6 BAYONETA HACIA AGUAS ABAJO  |

Figura 5.35. Tipos de espolones, tomado de Chávez y Guzmán [1987]

### **Geosintéticos.**

Los geosintéticos son productos de última tecnología, cuyo campo de acción abarca temas como el control de la erosión, drenaje y filtración, o relleno sanitario, entre otros. Son materiales que se fabrican a partir de varios tipos de polímeros, utilizándose para mejorar y hacer posible la ejecución

de ciertos proyectos de construcción de ingeniería civil y geotécnica. Las cuatro propiedades que se deben considerar cuando se determina la conveniencia de estos materiales son: Resistencia, durabilidad, adhesión, rigidez y arrastre.

En la tabla 5.2 se presenta la función básica de materiales geosintéticos en aplicaciones geotécnicas.

Tabla 5.2. Función básica de materiales geosintéticos en las aplicaciones geotécnicas.

Aplicación	Función	Geosintético
Estabilización capa de asiento (formadas por suelo)	Refuerzo, separación, filtración	Geotextil o geocuadrícula
Estabilización cama de vía ferrocarril	Drenaje, separación, filtración	Geotextil
Capa de asfalto	Capa para aliviar esfuerzo e impermeabilización	Geotextil
Refuerzo del suelo:		
Terraplenes	Refuerzo	Geotextil o geocuadrícula
Pendientes agudas	Refuerzo	Geotextil o geocuadrícula
Muros de retención	Refuerzo	Geotextil o geocuadrícula
Control de Erosión:		
Refuerzo	Refuerzo, separación	Geocompuesto
Losa continua	Filtración y separación	Geotextil
Filtro para drenar subsuelo	Filtración y separación	Geotextil
Protección con geomembrana	Protección y cojín	Geotextil
Drenaje del subsuelo	Transmisión y filtración de fluidos	Compuesto prefabricado para drenaje

En la figura 5.36 se presenta un talud que esta siendo reforzado con un material geosintético (geomallas). En el anexo E se puede ver los diferentes tipos de materiales geosintéticos.



Figura 5.36. Reforzamiento de un talud con geomallas.

Tomado de: <http://www.glenraven.com/images/impact/geosynthetics.jp>

### **Materiales prefabricados.**

Existen diferentes materiales prefabricados para la conformación de muros flexibles entre los cuales se pueden mencionar: Mantas prefabricadas de bloques, tablaestacas y los pilotes entre otros.

### **Mantas prefabricadas de bloques (sistemas cable concreto).**

El sistema de cable concreto, consiste en unos bloques de concreto fragmentado con formas variadas, unidos con un cable de acero inoxidable galvanizado (ver figura 5.37) y pegados en la parte inferior con una tela geotextil durante la fabricación. Las aplicaciones pueden ser para protección de orillas de lagos, ríos, canales, terraplenes de alcantarillas, taludes de diques y represas; rampas y vías de acceso, etc.



Figura 5.37. Canal revestido de sistema cable concreto.

Tomado de: [http://media.merchantcircle.com/1042074/Eastbrooke%20022\\_medium.jpeg](http://media.merchantcircle.com/1042074/Eastbrooke%20022_medium.jpeg)



## Tablaestacas.

Las tablaestacas suelen ser de acero, aunque también las hay de hormigón, vinilo o aluminio, Los elementos prefabricados que componen las tablestacas se hincan en el terreno mediante vibración. Aunque es muy raro, en ocasiones también se introducen en el terreno por golpeo, las tabla estacas son delgadas y unidas entre si por conexiones tipo rotula la que funciona en sentido contrario al empuje. En figura 5.38 se muestra que los márgenes de un río están protegidos por medio de tablaestacas.



Figura 5.38. Canalización de río por medio de tablaestacas.

Tomado de: [http://shoreguard.com.mx/muros\\_de\\_contencion\\_maritimas\\_tablestacado/example\\_images/il\\_seawall.jpg](http://shoreguard.com.mx/muros_de_contencion_maritimas_tablestacado/example_images/il_seawall.jpg)

### 5.4.2 Obras de protección no estructurales.

Como se definió anteriormente este tipo de protecciones no resisten cargas, su utilidad es mas de regulación, estabilización o de recubrimiento. Entre este tipo de obras podemos mencionar: Normativas, uso de suelo, zonas de protección, conformación de taludes, recubrimientos y sistemas de drenaje.

#### Normativas.

Pueden regular la construcción de obras de civiles en los depósitos de TBJ u otros, estos tendrían que estar fundamentadas en investigaciones locales y de acuerdo a la realidad geológica del país,

para poder delimitar lineamientos o requisitos mínimos a cumplir y así proporcionar soluciones que sean seguras, técnicas y financieramente factibles.

### **Uso de suelos.**

Los mapas de uso de suelo aportan datos o información sobre las características y propiedades del suelo de una determinada zona, para recomendar los tipos de proyectos o tipos de urbanizaciones más adecuadas, clasificando también áreas con problemas geológicos y geotécnicos. Pueden demarcar áreas de desarrollo urbano ambientalmente favorables o sostenibles. Siendo la planificación de uso de suelo o la zonificación, la metodología que reduce de manera más eficaz el riesgo

### **Zona de protección.**

Es la franja o distancia de protección mínima que se establece entre las construcciones a un accidente topográfico o drenajes, para proteger a la población de la inestabilidad del suelo o de posibles inundaciones. La distancia mínima dependerá mucho de las condiciones del entorno donde se quiera urbanizar, para lo cual se necesitarán estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, geomorfológicos entre otros, considerando también la problemática que se presente en cada lugar en específico.

### **Conformación de taludes.**

La conformación de taludes es la búsqueda del equilibrio de una masa de suelo por medio de un ángulo de inclinación (ángulo de fricción) medido a partir de la horizontal, los cálculos para verificar la seguridad de los taludes se llaman análisis de estabilidad de taludes, el cual implica el determinar y comparar el esfuerzo cortante desarrollado a lo largo de la superficie más probable de falla con la resistencia cortante del suelo Das B. [2001: p.339].

La conformación de un talud de TBJ es una obra que se ve comúnmente en el AMSS, pero se requieren de un análisis más detallado debido que muchas de las teorías para la estabilización son características del lugar de procedencia, tipo de material (suelo) y de su mecanismo de ruptura. Sería de estudiar la conveniencia de modelar el mecanismo de ruptura de TBJ como una superficie de falla circular, ya que este tipo de suelo presenta un mecanismo de ruptura en forma laminar paralela a la cara del talud.

Los valores de ángulo de fricción (ángulo que hace la línea recta de mejor tendencia de los puntos esfuerzo cortante, esfuerzo normal, con respecto a la horizontal) obtenidos en los ensayos de caja

de corte que se presentan el apartado 4.3.5 del Capítulo 4 de este documento, fueron para los depósitos de caída de 27 grados y para los depósitos de flujos piroclásticos de 32 grados, ambos en condición de saturación, lo cual demostró que para la unidad “G” de la TBJ la condición más desfavorable y por ende la más conservadora es la de 27 grados. La utilización de este parámetro de ángulo de fricción dependerá de las condiciones a las que esta sometida la obra en su vida útil, lugar de emplazamiento, estratos geológicos presentes y el criterio del geotecnista. En la figura 5.39 se observa la conformación de un talud en TBJ ubicado en la colonia Santa Lucia, del municipio de Ilopango, donde la TBJ presenta un gran espesor ( $\pm 50$  m). La imagen muestra las obras que se realizan para dar solución a un problema de cárcava generado por el colapso de tuberías.



Figura 5.39. Vista aérea de la obra de protección en cárcava, ubicada en colonia Santa Lucia, Ilopango. [Mayo, 2009]

Debido a que los taludes son superficies expuestas a la intemperie (terrazas), es necesario proporcionarles un recubrimiento con un sistema de drenaje de canales abiertos, con el fin de mejorar su funcionalidad, durabilidad, evitar que el talud absorba agua y sean degradados por la erosión.

También es importante mencionar la conformación de bermas o escalonamiento que se utilizan para disminuir la fuerza erosiva del agua que escurre superficialmente por los taludes o un corte por el terreno natural. Estos elementos pueden encauzar más convenientemente al agua colectada si se les da una pendiente apropiada hacia los sistemas de drenajes en un talud; de lo contrario esta agua erosionaría de otra manera los taludes causando arrastres que provocarían problemas

en las cunetas o se infiltrarían en el propio talud, causando la inestabilidad general de este (ver figura 5.40).

En la figura 5.40 se presenta un sistema de taludes de TBJ en forma escalonada con inclinación de  $45^\circ$  al cual se le ha proporcionado un sistema de drenajes de canales abiertos y un recubrimiento de vetiver a cada 1.0 m. Este es uno de los puntos de monitoreo que está dentro de la zona de estudio, la cual representa un excelente ejemplo del buen comportamiento de esta estructura ante precipitaciones, gracias al mantenimiento periódico del sistema de drenajes y vetiver.



Figura 5.40. Sistema de taludes en forma de terraza escalonada, recubrimiento de vegetación, vetiver y con su sistema de drenaje, con una altura aproximada de 60 m, punto de monitoreo 5 [Junio, 2009].

### **Recubrimientos.**

Entre los recubrimientos o cubiertas para talud podemos mencionar: Vetiver, gaviones de colchón reno, sistemas de cable concreto, entre otros. El más utilizado es el vetiver por su bajo costo y poco mantenimiento.

- **Vetiver.**

Existen dos tipos de vetiver los cuales son: Nemoralis y zizanioides su diferencia es que este último es mucho más alto, tiene los tallos más gruesos y rígidos, y gracias a que sus raíces crecen en forma vertical, proveen una mejor estabilidad de los taludes, pero es importante aclarar que el talud tiene que poseer su propia estabilidad previo a la siembra del vetiver.

El Vetiver es un tipo de grama que puede crecer hasta 1,5 metros, sus tallos son altos, las hojas son largas, delgadas y rígidas, las raíces del vetiver crecen de manera vertical, alcanzan una profundidad de hasta 4 metros (vetiver zizanioides) y actúa como un filtro para atrapar la erosión de

los sedimentos, crea terrazas naturales y reduce la velocidad de la escorrentía de las precipitaciones, lo que ayuda también a que la erosión sea menor en los drenajes naturales. Tiene aplicación en la rehabilitación de los suelos y la conservación del agua, la rehabilitación de tierras erosionadas y la prevención de la erosión en tierras en pendiente, gracias a que este tiene la característica de poder atrapar los sedimentos, lo que hace que no se pierda más los suelos y que puede sobrevivir en condiciones con poco mantenimiento. Entre las características que estos presentan se pueden mencionar:

- Crece bajo extrema y amplia gama de condiciones.
- Larga vida de hierba perenne.
- Temperaturas del ambiente:  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$ .
- La precipitación anual  $<300\text{ mm}$  y  $> 5.000\text{ mm}$ .
- Tolera en todos los niveles elevados de metales pesados.
- Tolerante al fuego.
- Tolerante a largo y total inmersión en el agua.
- Resistente a la mayoría de las plagas y las enfermedades.

### **5.5 Consideraciones a tomar en cuenta para el diseño y elección de obras de protección.**

El alcance de las consideraciones a tomar en cuenta en una obra de protección varía desde muy simples hasta complejos. Se relacionan sobre todo con los requerimientos estructurales, tipos de obra, dimensiones, aspectos constructivos, mantenimiento y las condiciones propias del territorio.

A continuación se presentan algunas consideraciones a tomar en cuenta en obras de protección:

- a) Investigación del problema y recolección de datos.
  - Antecedentes: Conocer la información condicionante del problema y estudios previos.
  - Investigación de campo: Observación, entrevistas, mediciones preliminares, levantamientos de datos, sondeos, opiniones.
  - Investigación bibliográfica: Reglamentos y conceptos.
  - Prefactibilidad: Técnica, legal y económica.
  - Alternativas: Planeamiento esquemático, criterios de evaluación (seguridad, económicos) y alternativas de solución.

- b) Elaboración de proyecto de mitigación.

Elaboración de anteproyecto: Es una definición preliminar, pero no detallada

- Estudios: Geológicos, geomorfológicos, hidrogeología, sísmicos, hidrología, geotécnicos y comportamiento de drenajes. La realización de los estudios dependerán de la magnitud y tipo de obra de protección a realizarse.
- Prediseño de ingeniería.
- Factibilidad técnica: Técnica (equipo), legal y económica (costos índices).
- Posibilidad de obras a realizar.
- Decisión: Si es factible realizar la obra de protección.

c) Construcción de las obras de mitigación:

Elaboración de proyecto:

- Planos: Topográficos (niveles y pendientes), hidráulicos (sistemas de drenajes), Arquitectónicos, estructurales (plantas, detalles, especificaciones) y de taller.
- Programa de trabajo.
- Procesos constructivos a utilizarse.
- Presupuesto
- Supervisión y control de calidad de la obra.

d) Programa de inspección y mantenimiento.

Los programas de inspección y mantenimiento son actividades que deben ejecutarse permanentemente mientras dura el periodo de vida útil de una determinada obra de protección.

Las Inspecciones: son medidas de control y vigilancia que se dan en forma permanente y sirven para valorar las condiciones normales de una determinada obra, detectar cualquier deterioro o tendencia de deterioro: así como determinar un programa de mantenimiento regular, especial y reparaciones requeridas, llevándose a cabo inmediatamente de ser necesario la reparación o reemplazo correspondiente.

A las obras de protección se le deben de proporcionar inspecciones periódicas las cuales se efectúan de acuerdo al cronograma anual de inspección, estas pueden ser diarias, semanales, mensuales, semestrales y/o anuales, según lo amerite el tipo de obra.

Mantenimiento: Son todas aquellas acciones tendientes a conservar la obra de protección en optimas condiciones de funcionamiento. Los dos tipos de mantenimientos que se deben ejecutar a las obras de protección son: mantenimiento regular o preventivo y mantenimiento sistemático.

Mantenimiento regular o preventivo: es una medida preventiva a fin de asegurar el buen funcionamiento y el estado de la obra de protección. Planificando un mantenimiento regular se podría excluir, en su gran mayoría reparaciones costosas.

Mantenimiento sistemático: se refiere a trabajos que implican reparaciones o cambios mayores en las obras de protección.

### **5.5.1 Suelos colapsables.**

Con base a los resultados obtenidos en el apartado 4.3.8 del Capítulo 4 del presente documento, se determinó que la unidad "G" de la TBJ es un suelo colapsable, con un grado de colapsabilidad que varía de moderado a severo. Se define como colapso al fenómeno caracterizado por la brusca reducción de volumen ocasionado por el aumento de la humedad, con presencia o no de sobrecarga. Una de sus principales características es que muestran una distribución macro-porosa, donde las partículas menores se mantienen en equilibrio por la presencia de un vínculo que es capaz de ofrecer al suelo una resistencia adicional temporal, proveniente de las tensiones capilares y la presencia de sustancias cementantes [Alfaro Soto, 2007: p.356].

El colapso de una estructura de suelo depende fundamentalmente de dos causas: De la importancia de los cambios provocados por el agua en los vínculos existentes entre las partículas y del estado tensional en los vínculos. Por consiguiente para que se produzca el colapso es necesaria la inclusión de agua a su estructura, que es detonante del colapso en la unidad "G" de la TBJ.

### **Consideraciones y tratamientos para suelos colapsables.**

Se debe considerar que:

- En estado seco, estos depósitos aparentan estabilidad, pero al entrar en contacto con el agua se vuelven muy inestables.
- El fenómeno de colapso de estos depósitos se incrementa al someterlos a cargas adicionales a su propio peso y es mayor si le sumamos la presencia de agua, por lo que se debe considerar un mecanismo de estabilización para estos suelos al momento de construir sobre ellos.
- En los suelos con grado alto de colapsabilidad, que serán sometidos a solicitaciones de carga de gran magnitud (edificio de varios niveles, escuelas, hospitales, centros comerciales, etc.) es necesario el diseño de cimentaciones profundas o si es factible la remoción de los mismos.

Tratamientos y medidas preventivas para suelos colapsables (dependerá del tipo de material y sus propiedades):



- Evitar o minimizar el contacto del suelo con el agua.
- Para disminuir el riesgo de infiltración de agua en el terreno se debe mantener un buen sistema de drenaje y de recubrimiento.
- Métodos de estabilización mediante inyección de químicos estabilizadores o lechada, las cuales logran una menor infiltración en la estructura del suelo.
- Remover el estrato colapsable, cuando sea posible, en función de su espesor y profundidad.
- La transferencia de las cargas a los suelos debe hacerse mediante cimentaciones profundas o semiprofundas, cuando esto sea razonable.
- Someter los suelos a procesos de compactación, lo cual ayuda, al aumento de la densidad seca, mejorando la resistencia mecánica, reduciendo la permeabilidad y la erosión.
- También se pueden mejorar los suelos modificando su granulometría, este consiste en mezclar suelos granulares con estos y luego compactar.
- Mejoramiento de suelos mediante la inclusión de elementos resistentes a la tracción dentro del suelo (estabilizados internamente).
- Evitar colocar tanques sépticos cerca de estructuras o cimentaciones importantes.
- Colocación de geomallas como mecanismo de estabilización interna de suelos.
- Diseños de estructuras considerando posibles asentamientos.
- Brindar protección a las tuberías mediante el recubrimiento de concreto, lodocreto o suelo-cemento.

### **5.5.2 Recomendaciones a tomar en cuenta para las obras de protección.**

- Es de resaltar que existen determinadas obras de protección que por su importancia y complejidad, es preciso hacer estudios de geología, geomorfología, hidrogeología, sismicidad, hidrología, comportamiento de drenajes, geotécnicos de la zona, entre otros, para poder determinar la mejor solución que se adecue a las condiciones del problema y evitar problemas en el futuro.
- Se debe de tener un conocimiento de las características físicas de los ríos, que son de gran utilidad para el análisis de las intervenciones en ellos y evitar el colapso de cimentaciones por erosión y que obras queden enterradas o inservibles debido al comportamiento de drenajes o a cambios en su cauce. Sin embargo las características geomorfológicas (procesos de erosión, comportamiento de los meandros, tipos de canales, patrón de drenaje, transporte de carga, ubicación de las llanuras aluviales etc.) de estos merecen la atención del ingeniero, para poder conocer comportamiento y prever características de obras de protección, conocer distancia de protección, profundidad de cimentaciones, etc.

- Si existe o se planea hacer una canalización, uso de guardaniveles, espolones, es importante conocer su posible afectación al régimen del drenaje.
- Propuestas para descargas de aguas en drenajes: Cuidar que descargas a drenajes primarios no provoquen erosión, y proteger estas obras de la erosión local para que no colapsen y generen problemas.
- En un encausamiento se debe de diseñar las obras hidráulicas, para que su descarga no erosione ni socave su talón (flujo subcrítico), así como también ser hidráulica y estructuralmente adecuado.
- La vegetación y su uso como agente estabilizador no es una solución por sí misma, sino que es necesario que el talud posea su propia estabilización.
- Al momento del diseño de taludes se deben considerar pendientes que permitan el desarrollo de vegetación y que mejoren sus condiciones de estabilidad para mitigar los impactos negativos producidos por la degradación de suelos.
- En una transición de obra de protección rígida a suelo natural, muros o en los encauzamientos, es necesario considerar alguna obra de protección como escolleras, gaviones de colchón reno, enrocados o un sistema de cable concreto para proteger el suelo natural de la incidencia de la erosión (ver figura 5.41).

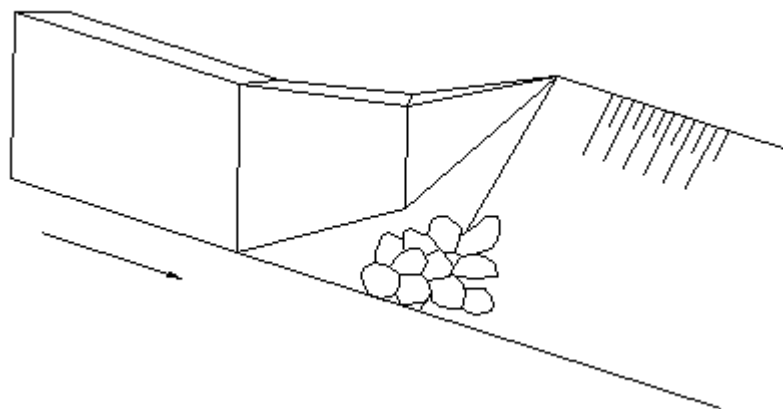


Figura 5.41. Se dibuja en perspectiva una transición entre un muro vertical y un talud de tierras. En donde se recomienda una protección con escolleras para combatir el problema de macroturbulencia, tomado de: [Martín Vide, 2002: p. 252]:

## CONCLUSIONES

Una vez realizada la investigación teórica y práctica, para la recolección de información y habiendo obtenido los resultados; juntamente con sus respectivos análisis, se obtuvo el siguiente conjunto de conclusiones:

- La erupción pliniana de la caldera de Ilopango se caracteriza por presentar una gran explosividad y por la expulsión de grandes cantidades de tefras que depositaron un volumen aproximado de magma de  $70 \text{ km}^3$  equivalente de roca densa (DRE), abarcando la mayor extensión del territorio Salvadoreño. Estos depósitos presentan una coloración clara y es la más reciente de las depositaciones de las erupciones de la caldera de Ilopango, por estas razones a estos materiales se les denominaron: Tierra Blanca Joven (TBJ) la cual está compuestos por una secuencia compleja de flujos piroclásticos, depósitos de caída y oleadas piroclásticas.
- La Tierra Blanca Joven (TBJ) esta compuesta por nueve unidades vulcanológicas, las cuales son: A, B, C, D, ignimbritas alfa ( $\alpha$ ), E, ignimbritas beta ( $\beta$ ), F, y G de la más profunda a la más superficial respectivamente, presentando características propias que dependen de los cambios granulométricos dentro de cada unidad, diferentes procesos eruptivos, mecanismos de deposición y cambios abruptos de espesores producidos por los flujos piroclásticos y pueden distinguirse unos de otros dentro de un perfil de suelo por su color, consistencia y textura. Además hay depósitos de TBJ retrabajados los cuales están compuestos por material que fue erosionado, transportado y depositado, así mismo, hay rellenos antrópicos que son importantes diferenciar de los estratos producidos por la erupción.
- La unidad "G" es la capa superior de la TBJ, está compuesta por una secuencia de cenizas de caída (coignimbritas) con intercalaciones de flujos piroclásticos (ignimbritas de textura fina) y oleadas piroclásticas. Las coignimbritas son materiales inconsolidados de consistencia suave parecidos al talco, textura franca (gran %limo) y presentan gran cantidad de lapilli acrecional de tamaño máximo de 30 mm. Las ignimbritas presentan textura fina y una estructura con grado de consolidación mayor que las coignimbritas, se caracteriza por una matriz de suelo fino (cenizas), abundante pómez vesicular de tamaño máximo de 15 cm y fragmentos de líticos angulares de 1 cm. Las oleadas piroclásticas son un estrato delgado con un alto grado de consolidación, de color café claro, que muestran evidencia de haber sido húmedas y viscosas cuando fueron depositadas. La unidad "G" alcanza espesores hasta de 15 m en la zona proximal y en la zona distal posee capas

delgadas de 0.50 m de cenizas de caída, en donde ya no existe la presencia de flujos piroclásticos, debido a que el medio de transporte de estos no les permitió recorrer grandes distancias como lo hicieron los depósitos de caída. Las oleadas piroclásticas forman horizontes delgados de 5 cm en la zona proximal, los cuales van desapareciendo a medida se alejan de la caldera.

- Los depósitos de la unidad “G” de la TBJ, son suelos que al entrar en contacto con el agua sufren cambios en sus propiedades mecánicas como: La disminución de la resistencia a cortante, del ángulo de fricción interna y de la cohesión, factores atribuidos a la pérdida de la succión y cementación. La unidad “G” forma un suelo colapsable debido a que el humedecimiento de estos suelos provoca la destrucción de las fuerzas estabilizadoras, con una disminución de la resistencia del suelo, lo que genera un desplazamiento relativo entre las partículas, de tal forma que estas pasan a ocupar los espacios vacíos de la estructura de suelo lo que da como resultado la reducción brusca de los vacíos. Sin embargo, las propiedades mecánicas de este material pueden ser mejoradas al aplicarle una energía de compactación, lo que produce una densificación del suelo, disminuyendo la permeabilidad y la relación de vacíos, haciéndolo menos vulnerables al agua. Las características físicas y las propiedades mecánicas de los depósitos de caída y flujos piroclásticos de la unidad “G” de la TBJ, comprendidos dentro de la zona de estudio (zona proximal) se presentan a continuación en las tablas 6.1 y 6.2:

Tabla 6.1. Características físicas de la unidad “G” de la TBJ.

Pto.	Descripción.	Símbolo SUCS.	Granulometría.	% $\omega$	Gs	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	ph (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
			%					
1-A	Coignimbritas.	ML	Grava = 0.0	13.3	2.42	1.04-1.09	1.18-1.24	12.16
			Arena = 47.7					
			Finos= 42.3					
1-B	Ignimbritas.	SM	Grava = 0.0	15.1	2.41	1.06-1.19	1.18-1.38	13.54
			Arena = 71.8					
			Finos= 28.2					
2-A	Coignimbritas.	SM	Grava = 0.0	20.1	2.41	1.17-1.28	1.35-1.53	15.01
			Arena = 57.9					
			Finos= 42.1					
2-B	Ignimbritas.	SM	Grava = 1.3	15.1	2.41	1.38-1.40	1.53-1.61	15.89
			Arena = 63.0					
			Finos= 35.7					

Tabla.6.2. Propiedades mecánicas de la unidad "G" de la TBJ.

Pto.	Descripción.	Clasificación según SUCS.	Ángulo de fricción (°).		Cohesión (kPa)		C <sub>c</sub>		C <sub>r</sub>	
			Nat.	Sat.	Nat.	Sat.	Nat.	Sat.	Nat.	Sat.
1-A	Coignimbritas de la unidad "G" de la TBJ.	ML	36,8	28,1	15,1	11,3	0,233	0,39	0,03	0,031
1-B	Ignimbritas de la unidad "G" de la TBJ.	SM	47,6	39,4	25	4	0,365	0,23	0,09	0,063
2-A	Coignimbritas de la unidad "G" de la TBJ.	SM	48,3	26,8	16,8	4,6	0,266	0,3	0,06	0,031
2-B	Ignimbritas de la unidad "G" de la TBJ.	SM	51,9	32,3	41,8	11,8	ND	ND	ND	ND
punto 1	Proctor mezcla de ignimbritas y coignimbritas.	SM	45,3	41,1	33,9	5,2	NA		NA	
Punto 2	Proctor mezcla de ignimbritas y coignimbritas.	SM	48,7	38,7	40,8	18,6	NA		NA	

- En los ensayos de colapso se pudo constatar que los depósitos de la unidad "G" de la TBJ se encuentran en el rango de moderado a severamente colapsables (ver tabla 6.3).

Tabla 6.3. Valores de índice de colapso para las muestra ensayadas.

Muestra	1-A	1-B	2-A	2-B	Unidades
Relación de vacíos en el estado natural de la muestra $e_0$	1.41	1.14	1.07	0.8	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa antes de la saturación $e_1$ :	1.33	1.08	0.96	0.77	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa después de la saturación $e_2$	1.21	0.86	0.87	0.74	Adimensional
Índice de colapsabilidad ( $I_c$ )	4.98	10.25	4.01	1.81	%
Grado de Colapso	Moderado	Severo	Moderado	Moderado	-

- Los parámetros geotécnicos sirven para poder proponer diseños estructurales que sean funcionalmente adecuados, sencillo y económicos, para las condiciones de cada caso en particular.

- Los depósitos de TBJ presentan problemas ante eventos naturales tales como: Sismos, lluvias intensas, procesos antrópicos, ruptura de tuberías y la erosión entre otros. La incidencia de los sismos en los depósitos de TBJ es debido a la amplificación en la onda sísmica sobre todo cuando los depósitos presentan grandes espesores, teniendo como resultado vibraciones de suelo más fuertes. Entre los diferentes procesos antrópicos observados en la zona de estudio se puede mencionar: La deforestación, extracción de áridos en los lechos de ríos y quebradas, excavaciones en zonas de ladera y siendo la de mayor incidencia la formación de cárcavas producida por ruptura de tuberías. Finalmente debido al poco conocimiento del territorio, se han urbanizado áreas próximas o contiguas a llanuras aluviales, áreas de erosión densa (badlands), construidas cerca de los escarpes de los drenajes, que por la acción de las lluvias producen un incremento de la escorrentía superficial, generando un aumento en los caudales de ríos y quebradas, que después de algunos años provocan problemas de erosión, inundación, colapso y movimientos de ladera entre otros. Siendo importante conocer las características físicas y propiedades mecánicas de los materiales geológicos presentes antes de proyectar las construcciones.
- Existen dos mecanismos de ruptura que se desarrollan en los taludes de la unidad “G” de la TBJ, el primero se presenta como estructuras laminares (discontinuidades), que se generan paralelas a la cara de los taludes; el segundo ocurre en la parte superior de los taludes, en forma de bloque (tipo ventana). Ambos mecanismos de ruptura dependen de una serie de procesos naturales como el intemperismo físico por efecto de temperatura, la lluvia, las raíces y los sismos. Siendo el más recurrente en taludes de ríos y quebradas el mecanismo de ruptura como estructura laminar (por generación de discontinuidades). Siendo importante profundizar en el estudio de este tipo de mecanismo de ruptura para construir o hacer un modelo matemático adecuado.
- En los ríos y quebradas de la zona de estudio existen tramos donde predomina la erosión y en otros la sedimentación, modificando su lecho de manera constante hasta encontrar finalmente el equilibrio entre la fuerza de arrastre y la resistencia. Esta evolución o transformación constante se da a lo largo de la historia de un drenaje ya que su comportamiento depende del caudal que transporte, su velocidad, fuerzas externas, condiciones climáticas y la carga que lleve, así como por ejemplo la evolución en el perfil de un drenaje también dependerá de cambios en el nivel base, cambio de pendientes, extracción de material de su lecho, tales fenómenos pueden producir cambios en la erosión o sedimentación en un tramo, lo cual se da debido al desequilibrio que se desarrolla entre la capacidad de transporte de la corriente y el suministro de carga sólida.

- Durante el tiempo de observación a obras de protección en campo, se pudo constatar que las que reciben un mantenimiento sistemático adecuado, logran el objetivo para lo que fueron diseñadas, sin embargo son pocas las que lo reciben. En su gran mayoría estas no cumplen con los requerimientos para los cuales fueron construidas, por falta de dichos mantenimiento y/o malos diseños, al no tomar en cuenta los fenómenos naturales a los que se vera sometido la obra durante su vida útil.
- En general, la mayoría de obras civiles en El Salvador se planifican y ejecutan desde un punto de vista de la ingeniería haciendo estudios geotécnicos, hidráulicos y estructurales, dejando afuera el estudio de la geología que ayuda al conocimiento de la génesis de los materiales y a predecir con mayor precisión el comportamiento entre la interacción de una obra civil y en el medio en que se cimentó.
- La elección de qué obra de protección es la más adecuada para un determinado tipo de suelo depende de las condiciones particulares de cada problema, de la magnitud y tipo de obra a realizarse y de los resultados de los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, sísmicos, hidrológicos, geotécnicos, los cuales servirán como punto de partida para la formulación de una solución, existiendo varias alternativas para escoger la más adecuada, por lo que es importante tomar en cuenta que la erosión es siempre selectiva y por eso procesa rápidamente los materiales suaves, haciendo inservibles o evitando los materiales rígidos.





## RECOMENDACIONES

- Debido a que la erupción de la caldera de Ilopango abarcó la mayor extensión del territorio salvadoreño y sus depósitos son de un volumen considerable, es necesario profundizar sobre algunos aspectos como: Los tipos y distribución de los depósitos, naturaleza de los mismos, así como también los principios básicos que controlan su génesis y emplazamiento, permitiendo una mejor comprensión del análisis de las facies vulcanológicas de las unidades de la TBJ.
- Debido a que cada unidad por las que esta conformada la TBJ presenta características y propiedades diferentes, es necesario identificar en qué unidad se está trabajando para poder determinar los parámetros que se puedan comparar con otros. Ya que en muchos estudios existe discrepancia en los resultados obtenidos debido a que no se sabe en que unidad se hicieron estos.
- Se sugiere hacer una mayor cantidad de ensayos en la zona de estudio con el fin de tener una variedad de resultados y de esa manera poder obtener un rango de parámetros, tanto físicos como mecánicos de la unidad "G" y de esta forma poder caracterizar los diferentes depósitos que la constituyen. Los datos obtenidos en este trabajo pueden servir como base para crear un banco de datos con los cuales se pueda iniciar la caracterización geotécnica de los depósitos de la unidad "G" de la TBJ.
- Los parámetros geotécnicos que se encuentran en algunas bibliografías, sólo se deben utilizar como un indicativo de estos valores, ya que generalmente estos han sido determinados, probablemente para el mismo tipo de suelo, pero en diferentes condiciones. Por lo tanto, no se puede tomar como únicos, siendo necesario hacer estudios geotécnicos para nuestros suelos bajo las condiciones locales.
- Para un proyecto de ingeniería civil en donde las solicitaciones de carga a las que estará sometido un estrato de suelo puedan producir colapso, es necesario realizar pruebas de consolidación doble, para poder determinar el potencial de colapsabilidad del suelo, y así predecir el comportamiento de este ante la solicitación.
- La aplicación de un mecanismo de compactación a los suelos constituidos por la unidad "G" de la TBJ, mejoran las propiedades mecánicas de estos materiales produciendo una

densificación del suelo, disminución de la permeabilidad y relación de vacíos, haciéndolos menos vulnerables al agua, que junto a los sismos de moderada y gran magnitud son los principales detonantes de la problemática en estos suelos.

- En este trabajo de investigación se han encontrado valores de ángulo de fricción, tanto para los depósitos de ignimbritas, como de coignimbritas de la unidad “G”, mediante el ensayo de caja de corte. Se recomienda hacer ensayos de penetración estándar (SPT), en los mismos puntos de muestreo, a fin de encontrar este mismo y así poder compararlos y determinar la variación que estos presentan. El ensayo de SPT permite encontrar los resultados mediante ecuaciones empíricas de bibliografía extranjera, esto sería una buena oportunidad para poder determinar cuál de las ecuaciones de las bibliografías se acerca más a la realidad de los depósitos de la unidad “G” de la TBJ o desarrollar las propias.
- Es de suma importancia la aplicación de los estudios: geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos como instrumentos de trabajo para la puesta en marcha de diversos proyectos en el campo de la Ingeniería Civil, así como también conocer el impacto que pueden producir las nuevas urbanizaciones al comportamiento de los ríos y quebradas, para generar obras protección (canalizaciones, obras de detención, etc.) que minimicen estos impactos.
- Para minimizar el colapso de tuberías (fuente generadora de cárcavas en la mayoría de los casos observados en la zona de estudio), es necesario implementar un recubrimiento (lodocreto, suelo cemento, entre otros) en las tuberías de descarga o la utilización de tuberías flexibles.
- El tipo de mecanismo de colapso que los depósitos de TBJ presentan, no se acomoda al método de falla rotacional que generalmente se utiliza para el análisis de estabilidad de taludes en nuestro medio, por lo que se recomienda hacer un estudio de campo con el fin de entender las causas que provocan la falla y el comportamiento de estos, de esa forma proporcionar medidas de mitigación, con las que se pueda buscar una alternativa de solución que se adecuen a estos tipos de depósitos.
- En una transición de obra de protección rígida o flexible a suelo natural en los encauzamientos, es necesario considerar alguna obra de protección como escolleras,

gaviones de colchón reno, enrocados o un sistema de cable concreto para proteger el suelo natural de la incidencia de la erosión, debido a que el agua busca las superficies más suaves para erosionar y conducirse.

- Es necesario tener una zonificación del uso de suelo y crear una normativa que regule la construcción de obras de civiles en los depósitos de TBJ u otros, estas tendrían que estar fundamentadas en investigaciones locales y de acuerdo a la realidad geológica del país, para poder delimitar lineamientos o requisitos mínimos a cumplir y así proporcionar soluciones que sean adecuadas, seguras y financieramente factibles.
- Para la elección de cual obra de protección es la más adecuada ante un determinado problema se debe de tener en cuenta la importancia y complejidad del proyecto, así como determinar con precisión qué estudio realizar (geología, geomorfología, hidrogeología, sismicidad, hidrología, comportamiento de drenajes, geotécnicos de la zona), para ver su viabilidad técnica y económica, ya que toda obra será buena, si se construye haciendo todas las consideraciones necesarias del lugar.
- Hacer los programas de inspección y mantenimiento de las diferentes obras de protección y sistemas de tuberías o drenajes, son actividades que deben ejecutarse permanentemente durante toda su vida útil. Como en los suelos de TBJ existe una gran dinámica de erosión y derrumbe en los taludes, es imprescindible que toda obra de protección en estos suelos tengan el componente del mantenimiento el cual, es el camino para que las obras sean viables a largo plazo.



## GLOSARIO

Bombas o bloques: fragmentos mayores que 64 mm. Los bloques son fragmentos angulares a sub-angulares con un origen juvenil y accidental derivados de la extrusión de lavas, ya sea en domos o en edificios volcánicos. Bomba se refiere a aquellos fragmentos exclusivamente juveniles, que han sido arrojados desde la boca eruptiva en condiciones parcialmente fundidas, y las cuales han sido parcialmente solidificadas durante su vuelo.

Cementación: proceso por el cual los espacios vacíos de una capa geológica es rellenada por soluciones minerales que cristalizan posteriormente formando minerales, que unen las partículas.

Ceniza volcánica (volcanic ash): es toda partícula piroclástica menor que 2 mm de diámetro y compuesta por material vítreo, cristalino o lítico, formados cuando el magma es arrojado al aire durante una erupción.

Columna geológica: arreglo cronológico de las unidades de rocas en forma de columna con las unidades más antiguas en el fondo y las más jóvenes en la cima.

Conducto central: abertura en la corteza de la tierra burdamente circular por la que son proyectados los productos magmáticos. Un volcán es una acumulación de material alrededor de un conducto central.

Efusiva: sinónimo de extrusivas. Son las rocas formadas por la salida de magma en forma de lava a la superficie y se endurecen con el enfriamiento.

Elutriación: es el proceso por el cual un material granular fino puede ser seleccionado dentro de los tamaños de partículas constituyentes, a través del movimiento de corrientes de fluidos usualmente gases.

Erupción Estrombolianas: Este tipo de explosiones son características de magmas basálticos, por lo que presentan lavas fluidas, con desprendimientos gaseosos grandes y violetos; se caracterizan por presentar explosiones separadas por cortos períodos de tiempo

Exfoliación: es un proceso de intemperismo o meteorización en el cual delgadas rebanadas de rocas se cortan por causa de la expansión y contracción durante el calentamiento y enfriamiento de los cambios diurnos de temperatura.

Fragmento lítico: El término lítico, en general, hace referencia a los fragmentos densos, dentro del material piroclástico.

Lapilli acrecional: es un caso especial de partículas tamaño lapilli formadas por un agregado concéntrico de capas de ceniza volcánica. Su origen es a partir de gotas de agua cayendo a través de una nube o columna eruptiva, o bien por atracción electrostática.

Lapilli: todo fragmento volcánico entre 2 mm y 64 mm de diámetro.

Lava: magma que ha escurrido sobre la superficie terrestre, o roca que se ha solidificado a partir del material original que es el magma.

Movimientos de ladera: Son movimientos de materiales a favor de la gravedad. Están asociados a la presencia de fuerte pendiente, agua, ausencia de vegetación, alternancia de estratos de diferente permeabilidad, materiales alterados, estratificación paralela a la pendiente y presencia de fracturas.

Paleosuelo: El término paleosuelo se aplica a un suelo que se ha formado bajo condiciones ambientales distintas, principalmente climáticas, con el consiguiente cambio de vegetación.. Por otra parte, los paleosuelos indican un período de estabilidad geomorfológica, de no deposición ni erosión, al menos de una manera significativa. Por tal razón, son excelentes indicadores de cambios climáticos del pasado, especialmente de datos sobre temperaturas y precipitación, y consecuentemente de la vegetación y las condiciones de drenaje que existían en el momento de

Piróclasto: se refiere al origen de los fragmentos a partir de una erupción volcánica explosiva.

Pómez: es vidrio altamente vesiculado, generalmente de composiciones intermedias a ácidas con una densidad menor que 1 gr/cm<sup>3</sup>. Las paredes de las vesículas generalmente están forradas por vidrio traslúcido.

Riolita: roca ígnea de grano fino con la composición del granito.

Tefras: Es el material expulsado a través de la columna eruptiva tras una erupción volcánica. Se trata de magma que se fragmenta y se expulsa y distribuye por el viento en forma de material suelto (a estos fragmentos, sueltos o compactados, de los que se compone se les denomina, propiamente, piroclastos, que, cuando su tamaño es mínimo, se convierten en ceniza).

## BIBLIOGRAFÍA

- Amaya Dubón, C.A. y E.A. Hayem Brevé [2000] Introducción al estudio de suelos parcialmente saturados e inicio de la caracterización de la tierra blanca del AMSS. Trabajo de graduación presentado para optar al grado de ingeniero civil en la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, San Salvador, El Salvador.
- Aragon Cuchilla, F.J.G., E.F. Barahona Campos y J.E. Recinos Lopez [1999] Estudio de la colapsabilidad en suelos. Trabajo de graduación presentado para optar al grado de ingeniero civil en la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, San Salvador, El Salvador.
- Calderón, M.L. y J.A. Machuca Laínez [2005] Diseño de estabilización de un talud y relleno de la cabecera de la quebrada el Cacao del municipio de Santo Tomás. Trabajo de graduación presentado para optar al grado de ingeniero civil en la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, San Salvador, El Salvador.
- Coduto, D.P. [2001] Foundation Design. Editorial Prentice Hall, New Jersey, The United States of America.
- Compton R.R. [1985] Geology in the Field. Editorial John Wiley & Son S.A. The United State of America.
- Das, B.M. [2001] Fundamentos de ingeniería geotécnica. Editorial Thomson Learning, Distrito Federal, Mexico.
- Departamento de Mecánica Estructural, UCA [2005] Guía de laboratorio de geotecnia. Editoria UCA, San Salvador, El Salvador.
- Hernández Guevara, E.W. [2004].Características Geotécnicas y Vulcanológicas de las tefras de Tierra Blanca Joven, de Ilopango, El Salvador. Proyecto final presentado para optar al grado de master en tecnologías geológicas en la Universidad Politécnica de Madrid y en la Universidad Politécnica de El Salvador, San salvador, El salvador.



- Hernández Guevara, E.W. [2006]. Mecanismo de ruptura de taludes en Ignimbritas de tierra Blanca Joven, de Ilopango, El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Hernández Guevara, E.W. [2008] Aspectos Geológicos que influyen en las aguas subterráneas y en la respuesta sísmica del Área Metropolitana de San Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Keller, E.A. y R.H. Blodgett [2004] Riesgos Naturales. Editorial Pearson Educación S. A. Madrid, España.
- Kutterolf, S., A. Freundt, W. Pérez y H.U. Schimincke [2007a] The pacific offshore record of plinian arc volcanism in Central America.
- Kutterolf, S., A. Freundt, W. Pérez y H.U. Schimincke [2007b] Distal tephas from volcanoes in Guatemala and El Salvador, as well as long-arc eruption chronology.
- Marroquín Rivas, K.L. y C.R. Vasquez Rios [2007] Estudio Geotécnico de la Erupción Freatomagmática del Plan de La Laguna, Antiguo Cuscatlán, La Libertad. Trabajo de graduación presentado para optar al grado de ingeniero civil en la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, San Salvador, El Salvador.
- Martínez Vide, J.P [2006] Ingeniería de ríos. Editorial de Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
- Misión Geológica Alemana [1967-1971] Mapa Geológico de El Salvador, escala 1:100,000. San Salvador, El Salvador.
- Petrinovic, I.A [2003] Curso Internacional de volcanología de campo de los Andes Centrales X edición.
- Pozo Rodriguez, M., J. González Yélamos y J.L: Giner Robles. [2004] Geología Practica. Editorial Pearson Educación S. A. Madrid, España.

- Rico Rodríguez, A. y H del Castillo [1984]. La ingeniería de los suelos en las vías terrestres. Editorial Limusa, Distrito Federal, Mexico.
- Rolo R., J.J. Bommer., B.F. Houghton., J.W. Vallance., P. Berdousis. C. Mavrommati. y W. Murphy., [2004] Geologic and Engineering Characterization of Tierra Blanca Pyroclastic Ash Deposits. Special paper 375, Geological Society of America.
- Sebesta, J. [2006] Elaboración de Cartografía Geomorfología para incorporar el Análisis de Riesgo en el Plan de Desarrollo Urbano del Área Metropolitana de San Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Sigurdsson H [2000] Encyclopedia of Volcanoes. Editorial Elsevier, San Diego, California, The United State of America.
- Strahler, A.N [1973] Introduction to Physical Geography. Editorial John Wiley y Sons, Inc, the United States of America.
- Tarbuck, E.J., F.K. Lutgens y D. Tasa. [2005] Ciencias de la tierra. Editorial Pearson Educación S. A. Madrid, España.
- Hache constructores. <http://www.hacheconstruccion.com.do/>, Julio 2009.
- Maccaferri <http://www.maccaferri.com.br/>, Julio 2009.
- Oficina de planificación del área metropolitana de San Salvador. <http://www.opamss.org.sv/>, Julio 2009.
- Servicio nacional de estudios territoriales. <http://www.snet.gob.sv/>, Julio 2009.
- The vetiver network international (TVNI). <http://www.vetiver.org/>, Julio 2009.



ANEXO A  
DATOS Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE  
LABORATORIO



**a) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MÉTODO MECÁNICO E HIDRÓMETRO ASTM D 422**

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. MÉTODO MECÁNICO Y DEL HIDRÓMETRO, ASTM D 422

IDENTIFICACIÓN			
Fecha:	22/04/09		
Lugar:	Autopista San Salvador-San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
Muestra:	1-A		
Símbolo SUCS:	ML	Clasificación:	Limo arenoso.
Color:	Café claro	Condición:	Húmeda.
Latitud:	13° 43' 44.456" N.	Longitud:	89° 04' 28.52" O.

**A. HUMEDAD HIDROSCÓPICA.**

CHAROLA	Wch	Wch+mh	Wch+ms	%ω
1	44.82	78.89	76.04	3.7

Peso de muestra para tamizado (g):

**B. TAMIZADO DE GRANOS ENTRE 2.0 Y 0.075 mm**

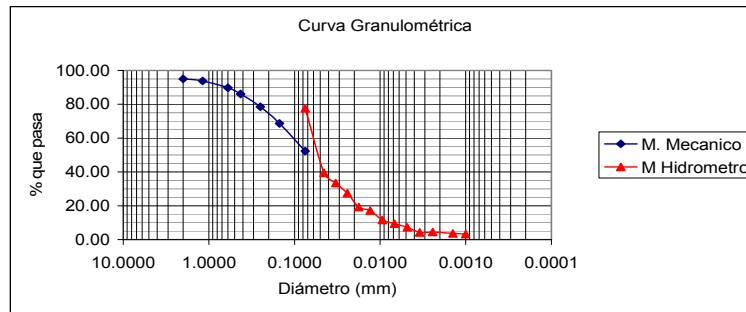
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso ret. (g)	Peso ret. Com. (g)	% Ret. Par.	% Ret. Acu.	% Total que pasa.
10	2.000	25.80	25.80	5.01	5.01	94.99
16	1.180	6.10	6.10	1.18	6.19	93.81
30	0.600	20.90	20.90	4.06	10.25	89.75
40	0.425	18.70	18.70	3.63	13.88	86.12
60	0.250	39.20	39.20	7.61	21.50	78.50
100	0.150	50.70	50.70	9.84	31.34	68.66
200	0.075	84.30	84.30	16.37	47.71	52.29
fondo	***	268.50	269.30	52.29	100.00	0.00
Sumas (g)		514.20	515.00			

**C. SEDIMENTACIÓN DE GRANOS MENORES.**

Peso de muestra seca al aire (g): 55  
 Corrección por menisco: 0.6  
 Corrección por defloculante: -5.0

Peso de suelo seco (g): 43.1  
 Gravedad específica: 2.42  
 Defloculantes: Metafosfato de sodio.

t (min.)	T(°C)	Ct	L	L'c	Lc	Z(cm)	V (cm/min.)	K	D (mm)	% Ret. Acu.	% Total que pasa.
1	26.0	1.65	32.60	33.20	29.85	10.86	10.86	0.01373	0.0452	95.96	39.46
2	26.0	1.65	28.10	28.70	25.35	11.56	5.78	0.01373	0.0330	81.49	33.51
4	26.0	1.65	23.50	24.10	20.75	12.38	3.10	0.01373	0.0241	66.71	27.43
8	26.0	1.65	17.30	17.90	14.55	13.32	1.67	0.01373	0.0177	46.77	19.24
15	26.4	1.79	15.60	16.20	12.99	13.66	0.91	0.01367	0.0130	41.76	17.17
30	26.4	1.79	11.40	12.00	8.79	14.30	0.48	0.01367	0.0094	28.26	11.62
60	26.1	1.69	9.80	10.40	7.09	14.62	0.24	0.01371	0.0068	22.78	9.37
120	26.1	1.69	8.20	8.80	5.49	14.84	0.12	0.01371	0.0048	17.63	7.25
240	26.1	1.69	6.00	6.60	3.29	15.24	0.06	0.01371	0.0035	10.56	4.34
480	26.4	1.79	6.00	6.60	3.39	15.24	0.03	0.01367	0.0024	10.90	4.48
1440	26.0	1.65	5.50	6.10	2.75	15.29	0.01	0.01373	0.0014	8.84	3.64
2880	26.0	1.65	5.20	5.80	2.45	15.34	0.01	0.01373	0.0010	7.88	3.24



OBSERVACIONES:

---



---



---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. MÉTODO MECÁNICO Y DEL HIDRÓMETRO, ASTM C 422

IDENTIFICACIÓN.			
Fecha:	23/04/09		
Lugar:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
Muestra:	1-B		
Símbolo SUCS:	SM	Clasificación:	Arena limosa
Color:	Café claro	Condición:	húmeda
Latitud:	13° 43' 44.456" N.	Longitud:	89° 04' 28.52" O.

A. HUMEDAD HIDROSCÓPICA.

CHAROLA	Wch	Wch+mh	Wch+ms	%ω
2	44.45	74.98	72.88	7.4

Peso de muestra para tamizado (g):

B. TAMIZADO DE GRANOS ENTRE 2.0 Y 0.075 mm

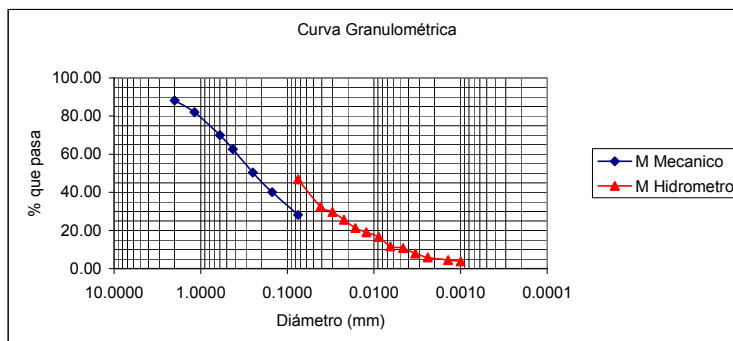
Tamiz N°	Abertura. (mm)	Peso ret. (g)	Peso ret. Com. (g)	% Ret. Par.	% Ret. Acu.	%Total que pasa.
10	2.000	59.00	59.00	11.80	11.80	88.20
16	1.180	31.00	31.00	6.20	18.00	82.00
30	0.600	60.10	60.10	12.02	30.02	69.98
40	0.425	36.90	36.90	7.38	37.40	62.60
60	0.250	61.10	61.10	12.22	49.62	50.38
100	0.150	51.10	51.10	10.22	59.84	40.16
200	0.075	59.70	59.70	11.94	71.78	28.22
fondo	***	140.00	141.10	28.22	100.00	0.00
Sumas (g)		498.90	500.00			

C. SEDIMENTACIÓN DE GRANOS MENORES.

Peso de muestra secada al aire (g): 100  
 Corrección por menisco: 0.6  
 Corrección por defloculante: -5.0

Peso de suelo seco (g): 93.12  
 Gravedad específica: 2.41  
 Defloculantes: Metafosfato de sodio

t (min.)	T(°C)	Ct	L	L'c	Lc	Z(cm)	V (cm/min.)	K	D (mm)	% Ret. Acu.	%Total que pasa.
1	26.4	1.79	43.2	43.8	40.59	9.12	9.120	0.0137	0.0414	74.50	32.51
2	26.4	1.79	39.8	40.4	37.19	9.66	4.830	0.0137	0.0301	68.26	29.78
4	26.4	1.79	34.6	35.2	31.99	10.48	2.620	0.0137	0.0222	58.72	25.62
8	26.4	1.79	29.3	29.9	26.69	11.41	1.426	0.0137	0.0164	48.99	21.37
15	26.4	1.79	26.5	27.1	23.89	11.88	0.792	0.0137	0.0122	43.85	19.13
30	26.4	1.79	23.5	24.1	20.89	12.38	0.413	0.0137	0.0088	38.34	16.73
60	26.4	1.79	17.2	17.8	14.59	13.34	0.222	0.0137	0.0065	26.78	11.68
120	26.4	1.79	16.0	16.6	13.39	13.58	0.113	0.0137	0.0046	24.58	10.72
240	26.4	1.79	12.5	13.1	9.89	14.18	0.059	0.0137	0.0033	18.15	7.92
480	26.4	1.79	10.0	10.6	7.39	14.58	0.030	0.0137	0.0024	13.56	5.92
1440	26.2	1.72	8.3	8.9	5.62	14.82	0.010	0.0137	0.0014	10.32	4.50
2880	26.0	1.65	7.5	8.1	4.75	14.98	0.005	0.0138	0.0010	8.72	3.80



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. MÉTODO MECÁNICO Y DEL HIDRÓMETRO, ASTM C 422

IDENTIFICACIÓN.			
Fecha:	24/04/09		
Lugar:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
Muestra:	2-A.		
Símbolo SUCS:	SM	Clasificación:	Arena limosa.
Color:	Café claro	Condición:	húmeda
Latitud:	13°42'43.11" N.	Longitud:	89°07'32.12" O.

A. HUMEDAD HIDROSCÓPICA.

CHAROLA	Wch	Wch+mh	Wch+ms	%w
A	44.91	75.61	74.78	2.779

Peso de muestra para tamizado (g):

B. TAMIZADO DE GRANOS ENTRE 2.0 Y 0.075 mm

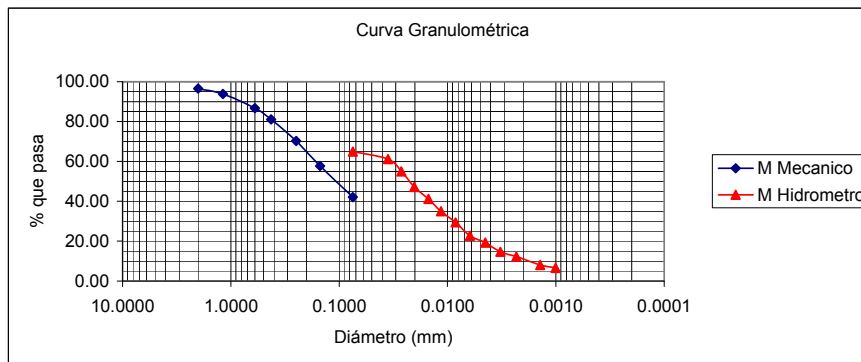
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso ret. (g)	Peso ret com. (g)	% ret par.	% Ret acu.	% Total que pasa.
10	2.000	17.40	17.40	3.48	3.48	96.52
16	1.180	13.30	13.30	2.66	6.14	93.86
30	0.600	35.60	35.60	7.12	13.26	86.74
40	0.425	28.30	28.30	5.66	18.92	81.08
60	0.250	54.20	54.20	10.84	29.76	70.24
100	0.150	62.70	62.70	12.54	42.30	57.70
200	0.075	77.90	77.90	15.58	57.88	42.12
fondo	***	209.40	210.60	42.12	100.00	0.00
Sumas (g)		498.80	500.00			

C. SEDIMENTACIÓN DE GRANOS MENORES.

Peso de muestra seca al aire (g): 100  
 Corrección por menisco: 0.6  
 Corrección por defloculante: -5.0

Peso de suelo seco (g): 97.3  
 Gravedad específica: 2.41  
 Defloculantes: Metafosfato de sodio.

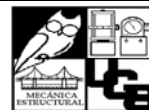
t (min.)	T(°C)	Ct	L	L'c	Lc	Z(cm)	V (cm/min.)	K	D (mm)	% Ret acu.	% Total que pasa.
1	27.0	2.00	57.50	58.10	55.10	6.78	6.78	0.0136	0.0355	96.79	61.12
2	27.0	2.00	52.00	52.60	49.60	7.68	3.84	0.0136	0.0267	87.13	55.02
4	26.8	1.93	45.00	45.60	42.53	8.84	2.21	0.0137	0.0203	74.71	47.18
8	26.8	1.93	39.60	40.20	37.13	9.68	1.21	0.0137	0.0150	65.23	41.19
15	26.8	1.93	34.00	34.60	31.53	10.58	0.71	0.0137	0.0115	55.39	34.98
30	26.8	1.93	29.00	29.60	26.53	11.44	0.38	0.0137	0.0084	46.61	29.43
60	26.8	1.93	23.00	23.60	20.53	12.44	0.21	0.0137	0.0062	36.07	22.77
120	27.0	2.00	19.80	20.40	17.40	12.96	0.11	0.0136	0.0045	30.57	19.30
240	27.2	2.10	15.50	16.10	13.20	13.68	0.06	0.0136	0.0032	23.19	14.64
480	27.8	2.40	13.00	13.60	11.00	14.08	0.03	0.0135	0.0023	19.32	12.20
1440	25.4	1.44	10.20	10.80	7.24	14.54	0.01	0.0139	0.0014	12.72	8.03



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. MÉTODO MECÁNICO Y DEL HIDRÓMETRO, ASTM C 422

IDENTIFICACIÓN.			
Fecha:	25/04/09		
Lugar:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
Muestra:	2-B.		
Símbolo SUCS:	SM	Clasificación:	Arena lisa.
Color:	Café claro	Condición:	húmeda
Latitud:	13°42'43.11" N.	Longitud:	89°07'32.12" O.

A. HUMEDAD HIDROSCÓPICA.

CHAROLA	Wch	Wch+mh	Wch+ms	%ω
B	85.24	113.49	112.85	2.3

B. TAMIZADO DE GRANOS ENTRE 4.76 Y 0.075 mm

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso ret. (g)	Peso ret com. (g)	% Ret. par.	% Ret acu.	% Total que pasa.
4	4.760	6.50	6.50	1.30	1.30	98.70
10	2.000	29.70	29.70	5.94	7.24	92.76
16	1.180	25.40	25.40	5.08	12.32	87.68
30	0.600	52.00	52.00	10.40	22.72	77.28
40	0.425	32.60	32.60	6.52	29.24	70.76
60	0.250	54.90	54.90	10.98	40.22	59.78
100	0.150	53.10	53.10	10.62	50.84	49.16
200	0.075	67.10	67.10	13.42	64.26	35.74
fondo	***	178.00	178.70	35.74	100.00	0.00
Sumas (g)		499.30	500.00			

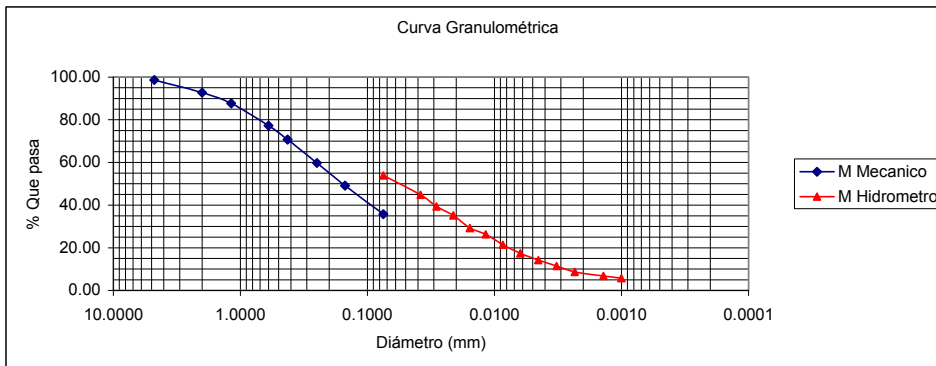
Peso de muestra para tamizado(g):

C. SEDIMENTACIÓN DE GRANOS MENORES.

Peso de muestra secada al aire (g): 100  
 Corrección por menisco: 0.6  
 Corrección por defloculante: -5.0

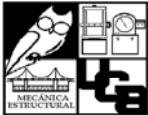
Peso de suelo seco (g): 97.7  
 Gravedad específica: 2.41  
 Defloculantes: Metafosfato de sodio

t (min.)	T(°C)	Ct	L	L'c	Lc	Z(cm)	V (cm/min.)	K	D (mm)	% Ret acu.	% Total que pasa
1	27.0	2.00	51.00	51.60	48.60	7.84	7.84	0.0136	0.0381	84.99	44.81
2	27.2	2.10	45.00	45.60	42.70	8.84	4.42	0.0136	0.0286	74.68	39.37
4	27.2	2.10	40.50	41.10	38.20	9.58	2.40	0.0136	0.0210	66.81	35.22
8	27.2	2.10	34.00	34.60	31.70	10.58	1.32	0.0136	0.0156	55.44	29.23
15	27.2	2.10	30.80	31.40	28.50	11.16	0.74	0.0136	0.0117	49.84	26.28
30	27.2	2.10	25.50	26.10	23.20	11.99	0.40	0.0136	0.0086	40.57	21.39
60	27.2	2.10	21.20	21.80	18.90	12.74	0.21	0.0136	0.0063	33.05	17.43
120	27.2	2.10	17.80	18.40	15.50	13.26	0.11	0.0136	0.0045	27.11	14.29
240	27.6	2.30	14.50	15.10	12.40	13.79	0.06	0.0135	0.0032	21.69	11.43
480	27.6	2.30	11.50	12.10	9.40	14.29	0.03	0.0135	0.0023	16.44	8.67
1440	25.6	1.51	10.20	10.80	7.31	14.54	0.01	0.0138	0.0014	12.78	6.74
2820	25.2	1.37	9.20	9.80	6.17	14.72	0.01	0.0139	0.0010	10.79	5.69



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**b) GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DE SUELO, ASTM D 854-02**

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA		
ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS DE SUELO, ASTM D 854-02	

IDENTIFICACIÓN.			
Fecha:	30/04/09		
Lugar:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
Muestra:	1-A		
Símbolo SUCS:	ML	Clasificación:	Limo Arenoso.
Color:	Café claro	Condición:	Húmeda.
Latitud:	13° 43' 44.456" N.	Longitud:	89° 04' 28.52" O.

Descripción	Símbolo	Valor 1	Valor 2
Numero de recipiente	#	2.00	7.00
Masa del matraz (o picnómetro)	Mp	76.90	75.00
Masa del matraz lleno con agua y suelo a temperatura $T_t$	$M_{pws,t}$	348.18	346.06
Masa del matraz y del agua a temperatura $T_t$	$M_{pw,t}$	325.98	323.97
Temperatura observada del agua	$T_t$	23.00	23.00
Masa del suelo secado al horno, (g)	Ms	37.87	37.60
Volumen promedio de matraz (ml)	$V_p$	250.00	250.00
Gravedad específica de los sólidos del suelo, ( $T_t$ ).	Gt	2.42	2.42
Factor de corrección correspondiente a la temperatura de ensayo.	K	0.9993	0.9993
Gravedad específica de las partículas de suelo	$G_s$	2.41	2.42
Gravedad específica de las partículas de suelo a 20 °C	$G_{20\text{ °C}}$	2.42	
Porcentaje de error	%	0.72	

OBSERVACIONES:

---



---



---



---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS DE SUELO ASTM D 854-02

IDENTIFICACIÓN.

Fecha:	02/05/09		
Lugar:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
Muestra:	1-B		
Símbolo SUCS:	SM	Clasificación:	Arena limosa
Color:	Café claro	Condición:	Húmeda.
Latitud:	13°43'44.456" N.	Longitud:	89°04'28.52" O.

Descripción	Símbolo	Valor 1	Valor 2
Numero de recipiente	#	2.00	7.00
Masa del matraz (o picnómetro)	M <sub>p</sub>	76.90	75.00
Masa del matraz lleno con agua y suelo a temperatura T <sub>t</sub>	M <sub>pws,t</sub>	349.00	347.50
Masa del matraz y del agua a temperatura T <sub>t</sub>	M <sub>pw,t</sub>	326.21	324.21
Temperatura observada del agua	T <sub>t</sub>	20.00	20.00
Masa del suelo secado al horno, (g)	M <sub>s</sub>	39.00	39.70
Volumen promedio de matraz (ml)	V <sub>p</sub>	250.00	250.00
Gravedad específica de los sólidos del suelo, (Tt).	G <sub>t</sub>	2.41	2.42
Factor de corrección correspondiente a la temperatura de ensayo.	K	1.00	1.00
Gravedad específica de las partículas de suelo	G <sub>s</sub>	2.41	2.42
Gravedad específica de las partículas de suelo a 20 °C	G <sub>20 °C</sub>	2.41	
Porcentaje de error	%	1.30	

OBSERVACIONES:

---



---



---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS DE SUELO ASTM D 854-02

IDENTIFICACIÓN.			
Fecha:	04/05/09		
Lugar:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
Muestra:	1-A+1-B		
Símbolo SUCS:	SM	Clasificación:	Arena limosa.
Color:	Café claro	Condición:	Húmeda.
Latitud:	13° 43' 44.456" N.	Longitud:	89° 04' 28.52" O.

Descripción	Símbolo	Valor 1	Valor 2
Numero de recipiente	#	2.00	7.00
Masa del matraz (o picnómetro)	M <sub>p</sub>	76.90	75.00
Masa del matraz lleno con agua y suelo a temperatura T <sub>t</sub>	M <sub>pws,t</sub>	348.96	346.74
Masa del matraz y del agua a temperatura T <sub>t</sub>	M <sub>pw,t</sub>	325.66	323.66
Temperatura observada del agua	T <sub>t</sub>	27.20	27.00
Masa del suelo secado al horno, (g)	M <sub>s</sub>	39.82	39.43
Volumen promedio de matraz (ml)	V <sub>p</sub>	250.00	250.00
Gravedad específica de los sólidos del suelo, (Tt).	G <sub>t</sub>	2.41	2.41
Factor de corrección correspondiente a la temperatura de ensayo.	K	1.00	1.00
Gravedad específica de las partículas de suelo	G <sub>s</sub>	2.41	2.41
Gravedad específica de las partículas de suelo a 20 °C	G <sub>20 °C</sub>	2.41	
Porcentaje de error	%	0.22	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS DE SUELO ASTM D 854-02

IDENTIFICACIÓN.

Fecha:	05/05/09		
Lugar:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
Muestra:	2-A		
Símbolo SUCS:	SM	Clasificación:	Arena limosa.
Color:	Café claro	Condición:	Húmeda.
Latitud:	13°42'43.11" N.	Longitud:	89°07'32.12" O.

Descripción	Símbolo	Valor 1	Valor 2
Numero de recipiente	#	2.00	7.00
Masa del matraz (o picnómetro)	M <sub>p</sub>	76.90	75.00
Masa del matraz lleno con agua y suelo a temperatura T <sub>t</sub>	M <sub>pws,t</sub>	349.00	346.85
Masa del matraz y del agua a temperatura T <sub>t</sub>	M <sub>pw,t</sub>	326.10	323.86
Temperatura observada del agua	T <sub>t</sub>	21.40	24.40
Masa del suelo secado al horno, (g)	M <sub>s</sub>	39.14	39.15
Volumen promedio de matraz (ml)	V <sub>p</sub>	250.00	250.00
Gravedad específica de los sólidos del suelo, (Tt).	G <sub>t</sub>	2.41	2.42
Factor de corrección correspondiente a la temperatura de ensayo.	K	1.00	1.00
Gravedad específica de las partículas de suelo	G <sub>s</sub>	2.41	2.42
Gravedad específica de las partículas de suelo a 20 °C	G <sub>20 °C</sub>	2.41	
Porcentaje de error	%	1.25	

OBSERVACIONES:

---

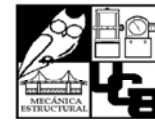


---



---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS DE SUELO, ASTM D 854-02

IDENTIFICACIÓN.			
Fecha:	06/05/09		
Lugar:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
Muestra:	2-B		
Símbolo SUCS:	SM	Clasificación:	Arena limosa.
Color:	Café claro	Condición:	Húmeda.
Latitud:	13°42'43.11" N.	Longitud:	89°07'32.12" O.

Descripción	Símbolo	Valor 1	Valor 2
Numero de recipiente	#	2.00	7.00
Masa del matraz (o picnómetro)	M <sub>p</sub>	76.90	75.00
Masa del matraz lleno con agua y suelo a temperatura T <sub>t</sub>	M <sub>pws,t</sub>	349.00	346.70
Masa del matraz y del agua a temperatura T <sub>t</sub>	M <sub>pw,t</sub>	326.06	324.05
Temperatura observada del agua	T <sub>t</sub>	22.00	22.00
Masa del suelo secado al horno, (g)	M <sub>s</sub>	39.30	38.70
Volumen promedio de matraz (ml)	V <sub>p</sub>	250.00	250.00
Gravedad especifica de los sólidos del suelo, (Tt).	G <sub>t</sub>	2.40	2.41
Factor de corrección correspondiente a la temperatura de ensayo.	K	1.00	1.00
Gravedad especifica de las partículas de suelo	G <sub>s</sub>	2.40	2.41
Gravedad especifica de las partículas de suelo a 20 °C	G <sub>20 °C</sub>	2.41	
Porcentaje de error	%	0.82	

OBSERVACIONES:

---



---

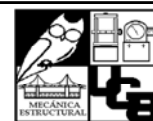


---



---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS DE SUELO ASTM D 854-02

IDENTIFICACIÓN.			
Fecha:	07/05/09		
Lugar:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
Muestra:	2-A + 2-B		
Símbolo SUCS:	SM	Clasificación:	Arena limosa.
Color:	Café claro	Condición:	Húmeda.
Latitud:	13°42'43.11" N.	Longitud:	89°07'32.12" O.

Descripción	Símbolo	Valor 1	Valor 2
Numero de recipiente	#	2.00	7.00
Masa del matraz (o picnómetro)	Mp	76.90	75.00
Masa del matraz lleno con agua y suelo a temperatura $T_t$	$M_{pws,t}$	349.21	347.11
Masa del matraz y del agua a temperatura $T_t$	$M_{pw,t}$	326.03	324.00
Temperatura observada del agua	$T_t$	22.40	22.60
Masa del suelo secado al horno, (g)	Ms	39.56	39.50
Volumen promedio de matraz (ml)	$V_p$	250.00	250.00
Gravedad específica de los sólidos del suelo, ( $T_t$ ).	Gt	2.42	2.41
Factor de corrección correspondiente a la temperatura de ensayo.	K	0.99947	0.99943
Gravedad específica de las partículas de suelo	$G_s$	2.41	2.41
Gravedad específica de las partículas de suelo a 20 °C	$G_{20\text{ °C}}$	2.41	
Porcentaje de error	%	0.63	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**c) ENSAYO DE CORTE DIRECTO (CAJA DE CORTE) ASTM D 3080-98**

Muestra 1.A

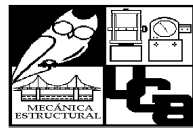
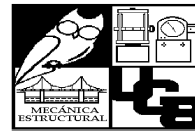
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA</b>			
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98			
UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 1.6 m		Fecha del ensayo: 25/06/2009	
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco: 10.72 kN/m <sup>3</sup>	
γ húmedo:	12.16 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, NATURAL						
Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-16.5	-0.17	10	0.1	12	0.02	3.1
-21.0	-0.21	20	0.2	15	0.03	3.8
-21.4	-0.21	30	0.3	21	0.04	5.4
-22.0	-0.22	40	0.4	22	0.04	5.6
-23.5	-0.24	50	0.5	23	0.05	5.9
-24.6	-0.25	60	0.6	26	0.05	6.6
-26.0	-0.26	70	0.7	30	0.06	7.7
-28.0	-0.28	80	0.8	33	0.07	8.4
-29.0	-0.29	90	0.9	35	0.07	8.9
-31.0	-0.31	100	1.0	38	0.08	9.7
-31.5	-0.32	110	1.1	40	0.08	10.2
-33.6	-0.34	120	1.2	42	0.08	10.7
-35.0	-0.35	130	1.3	44	0.09	11.2
-35.8	-0.36	140	1.4	45	0.09	11.5
-37.2	-0.37	150	1.5	48	0.10	12.3
-37.5	-0.38	160	1.6	50	0.10	12.8
-38.2	-0.38	170	1.7	52	0.10	13.3
-39.0	-0.39	180	1.8	54	0.11	13.8
-40.0	-0.40	190	1.9	57	0.11	14.6
-40.5	-0.41	200	2.0	59	0.12	15.1
-41.5	-0.42	210	2.1	62	0.12	15.7
-42.0	-0.42	220	2.2	64	0.13	16.4
-42.8	-0.43	230	2.3	67	0.13	17.1
-44.0	-0.44	240	2.4	70	0.14	17.9
-45.0	-0.45	250	2.5	72	0.14	18.4
-46.0	-0.46	260	2.6	75	0.15	19.2
-47.0	-0.47	270	2.7	77	0.15	19.7
-47.5	-0.48	280	2.8	80	0.16	20.5
-48.0	-0.48	290	2.9	83	0.17	21.2
-48.0	-0.48	300	3.0	86	0.17	22.0
-48.5	-0.49	310	3.1	88	0.18	22.5
-48.5	-0.49	320	3.2	90	0.18	23.0
-49.0	-0.49	330	3.3	93	0.19	23.8
-49.2	-0.49	340	3.4	96	0.19	24.5



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

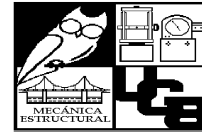
UBICACIÓN: <u>Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín,</u> <u>a 490m de la residencial Los Almendros.</u>			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: <u>Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A</u>			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	<u>1.6 m</u>	Fecha del ensayo:	<u>25/06/2009</u>
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	<u>74.9</u>	Diámetro:	<u>9.98</u> cm
Peso de suelo seco: (g)	<u>66.07</u>	Altura:	<u>2.88</u> cm
Peso del agua: (g)	<u>8.83</u>	Area:	<u>78.23</u> cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	<u>13.36</u>	Volumen:	<u>233.896</u> cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	<u>10.72</u> kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	<u>12.16</u> kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	<u>20</u> kPa
Carga Normal:	<u>10</u> kg		
Velocidad de carga:	<u>0.15</u> mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-49.5	-0.50	350	3.5	99	0.20	25.3
-49.5	-0.50	360	3.6	102	0.20	26.1
-49.5	-0.50	370	3.7	104	0.21	26.6
-49.5	-0.50	380	3.8	106	0.21	27.1
-49.0	-0.49	390	3.9	108	0.22	27.6
-48.0	-0.48	400	4.0	110	0.22	28.1
-47.0	-0.47	410	4.1	112	0.22	28.6
-46.2	-0.46	420	4.2	114	0.23	29.1
-45.5	-0.46	430	4.3	116	0.23	29.7
-45.0	-0.45	440	4.4	118	0.24	30.2
-44.0	-0.44	450	4.5	118	0.24	30.2
-44.0	-0.44	460	4.6	118	0.24	30.2
-42.0	-0.42	470	4.7	118	0.24	30.2
-41.0	-0.41	480	4.8	117	0.23	29.9
-39.5	-0.40	490	4.9	116	0.23	29.7
-39.0	-0.39	500	5.0	115	0.23	29.4
-37.8	-0.38	510	5.1	114	0.23	29.1
-36.5	-0.37	520	5.2	112	0.22	28.6
-36.2	-0.36	530	5.3	112	0.22	28.6

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



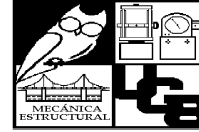
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A					
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009			
Datos de densidad de la muestra						
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98	cm		
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88	cm		
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>		
Contenido de humedad (ω): (%)	13.36	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>		
Densidad de la muestra:		γ seco:	10.72	kN/m <sup>3</sup>		
y húmedo:	12.16	σ <sub>n</sub> :	39	kPa		
Carga Normal:	26	kg				
Velocidad de carga:	0.15	mm/min				

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	0.0
-0.4	0.00	10	0.1	22.0	0.04	5.6
-5.0	-0.05	20	0.2	24.0	0.05	6.1
-6.0	-0.06	30	0.3	24.5	0.05	6.3
-6.5	-0.07	40	0.4	30.0	0.06	7.7
-6.5	-0.07	50	0.5	34.0	0.07	8.7
-7.0	-0.07	60	0.6	42.0	0.08	10.7
-7.0	-0.07	70	0.7	49.0	0.10	12.5
-9.0	-0.09	80	0.8	60.0	0.12	15.3
-10.0	-0.10	90	0.9	69.0	0.14	17.6
-11.1	-0.11	100	1.0	71.5	0.14	18.3
-11.3	-0.11	110	1.1	84.0	0.17	21.5
-11.5	-0.12	120	1.2	90.0	0.18	23.0
-11.6	-0.12	130	1.3	97.0	0.19	24.8
-19.0	-0.19	140	1.4	102.0	0.20	26.1
-20.0	-0.20	150	1.5	106.0	0.21	27.1
-21.0	-0.21	160	1.6	110.0	0.22	28.1
-22.0	-0.22	170	1.7	115.0	0.23	29.4
-23.0	-0.23	180	1.8	120.0	0.24	30.7
-24.0	-0.24	190	1.9	124.0	0.25	31.7
-25.5	-0.26	200	2.0	129.0	0.26	33.0
-27.0	-0.27	210	2.1	132.0	0.26	33.7
-27.0	-0.27	220	2.2	136.0	0.27	34.8
-28.0	-0.28	230	2.3	140.0	0.28	35.8
-29.0	-0.29	240	2.4	144.0	0.29	36.8
-30.0	-0.30	250	2.5	147.0	0.29	37.6
-30.0	-0.30	260	2.6	153.0	0.31	39.1
-30.0	-0.30	270	2.7	156.0	0.31	39.9
-30.0	-0.30	280	2.8	159.0	0.32	40.7
-30.0	-0.30	290	2.9	162.5	0.33	41.5
-30.0	-0.30	300	3.0	166.0	0.33	42.4
-31.0	-0.31	310	3.1	169.0	0.34	43.2
-36.0	-0.36	320	3.2	172.0	0.34	44.0

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

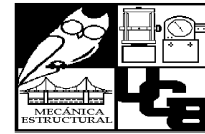
UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	10.72 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	12.16 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-37.0	-0.37	330	3.3	174.0	0.35	44.5
-37.0	-0.37	340	3.4	177.0	0.35	45.3
-38.0	-0.38	350	3.5	179.0	0.36	45.8
-38.0	-0.38	360	3.6	181.0	0.36	46.3
-38.0	-0.38	370	3.7	183.0	0.37	46.8
-38.0	-0.38	380	3.8	184.0	0.37	47.0
-38.0	-0.38	390	3.9	184.0	0.37	47.0
-38.1	-0.38	400	4.0	184.0	0.37	47.0
-38.2	-0.38	410	4.1	184.0	0.37	47.0
-38.5	-0.39	420	4.2	183.0	0.37	46.8
-38.5	-0.39	430	4.3	182.5	0.37	46.7
-38.5	-0.39	440	4.4	182.0	0.36	46.5
-38.5	-0.39	450	4.5	182.0	0.36	46.5
-38.0	-0.38	460	4.6	182.0	0.36	46.5
-37.0	-0.37	470	4.7	182.0	0.36	46.5
-37.0	-0.37	480	4.8	182.0	0.36	46.5

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



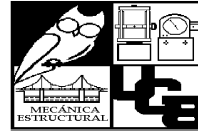
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martin, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		$\gamma$ seco:	10.72 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma$ húmedo:	12.16 kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$ :	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	0.0
-4	-0.04	10	0.1	20.0	0.04	5.1
-7	-0.07	20	0.2	29.0	0.06	7.4
-9.5	-0.10	30	0.3	38.0	0.08	9.7
-25	-0.25	40	0.4	58.0	0.12	14.8
-26	-0.26	50	0.5	64.0	0.13	16.4
-27	-0.27	60	0.6	70.0	0.14	17.9
-30	-0.30	70	0.7	75.0	0.15	19.2
-32	-0.32	80	0.8	81.0	0.16	20.7
-34	-0.34	90	0.9	86.0	0.17	22.0
-36	-0.36	100	1.0	90.0	0.18	23.0
-39	-0.39	110	1.1	95.0	0.19	24.3
-42	-0.42	120	1.2	99.0	0.20	25.3
-45	-0.45	130	1.3	104.0	0.21	26.6
-49	-0.49	140	1.4	108.0	0.22	27.6
-51	-0.51	150	1.5	113.0	0.23	28.9
-54	-0.54	160	1.6	118.0	0.24	30.2
-56	-0.56	170	1.7	122.5	0.25	31.3
-58	-0.58	180	1.8	132.0	0.26	33.7
-60	-0.60	190	1.9	134.5	0.27	34.4
-61	-0.61	200	2.0	137.0	0.27	35.0
-64	-0.64	210	2.1	140.0	0.28	35.8
-66	-0.66	220	2.2	144.0	0.29	36.8
-69	-0.69	230	2.3	149.0	0.30	38.1
-75	-0.75	240	2.4	158.0	0.32	40.4
-76	-0.76	250	2.5	166.0	0.33	42.4
-76	-0.76	260	2.6	167.5	0.34	42.8
-77	-0.77	270	2.7	172.0	0.34	44.0
-78	-0.78	280	2.8	176.0	0.35	45.0
-79	-0.79	290	2.9	179.5	0.36	45.9
-80	-0.80	300	3.0	183.5	0.37	46.9
-85	-0.85	310	3.1	194.0	0.39	49.6
-86	-0.86	320	3.2	197.0	0.39	50.4

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín,  
a 490m de la residencial Los Almendros.

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 1.6 m Fecha del ensayo: 25/06/2009

Datos de densidad de la muestra

Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98	cm
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88	cm
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>

Densidad de la muestra:

γ húmedo:	12.16	kN/m <sup>3</sup>	γ seco:	10.72	kN/m <sup>3</sup>
			σ <sub>n</sub> :	59	kPa

Carga Normal: 41 kg

Velocidad de carga: 0.15 mm/min

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-87	-0.87	330	3.3	199.5	0.40	51.0
-88	-0.88	340	3.4	202.0	0.40	51.6
-89	-0.89	350	3.5	204.5	0.41	52.3
-90	-0.90	360	3.6	215.3	0.43	55.0
-93	-0.93	370	3.7	221.0	0.44	56.5
-94	-0.94	380	3.8	222.0	0.44	56.8
-95	-0.95	390	3.9	226.0	0.45	57.8
-96	-0.96	400	4.0	227.0	0.45	58.0
-97	-0.97	410	4.1	227.0	0.45	58.0

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

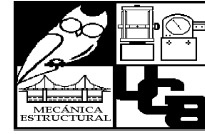
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



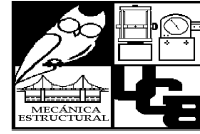
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		$\gamma$ seco:	10.72 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma$ húmedo:	12.16 kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$ :	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-2.5	-0.03	10	0.1	2	0.00	0.5
-4.0	-0.04	20	0.2	5	0.01	1.3
-6.0	-0.06	30	0.3	10	0.02	2.6
-9.0	-0.09	40	0.4	13	0.03	3.3
-11.0	-0.11	50	0.5	17	0.03	4.3
-11.5	-0.12	60	0.6	20	0.04	5.1
-14.0	-0.14	70	0.7	21	0.04	5.4
-16.0	-0.16	80	0.8	23	0.05	5.9
-17.0	-0.17	90	0.9	25	0.05	6.4
-19.0	-0.19	100	1.0	27	0.05	6.9
-20.5	-0.21	110	1.1	28	0.06	7.2
-21.0	-0.21	120	1.2	29	0.06	7.4
-22.0	-0.22	130	1.3	30	0.06	7.7
-25.0	-0.25	140	1.4	31	0.06	7.9
-26.0	-0.26	150	1.5	33	0.07	8.4
-27.0	-0.27	160	1.6	34	0.07	8.6
-28.0	-0.28	170	1.7	36	0.07	9.2
-29.0	-0.29	180	1.8	37	0.07	9.3
-30.5	-0.31	190	1.9	38	0.08	9.7
-32.0	-0.32	200	2.0	39	0.08	9.8
-33.0	-0.33	210	2.1	41	0.08	10.5
-33.8	-0.34	220	2.2	43	0.09	11.0
-34.7	-0.35	230	2.3	44	0.09	11.2
-35.0	-0.35	240	2.4	45	0.09	11.5
-36.0	-0.36	250	2.5	45	0.09	11.5
-37.0	-0.37	260	2.6	45	0.09	11.5
-38.0	-0.38	270	2.7	46	0.09	11.8
-38.5	-0.39	280	2.8	47	0.09	12.0
-39.0	-0.39	290	2.9	48	0.10	12.3
-40.0	-0.40	300	3.0	48	0.10	12.3
-40.1	-0.40	310	3.1	49	0.10	12.5
-40.5	-0.41	320	3.2	50	0.10	12.8
-41.0	-0.41	330	3.3	51	0.10	13.0
-41.1	-0.41	340	3.4	51	0.10	13.0
-42.0	-0.42	350	3.5	52	0.10	13.3

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



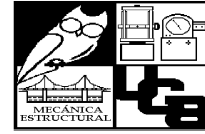
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	13.36	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	10.72 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	12.16 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-42.5	-0.43	360	3.6	53	0.11	13.6
-43.0	-0.43	370	3.7	54	0.11	13.7
-44.0	-0.44	380	3.8	54	0.11	13.8
-44.1	-0.44	390	3.9	55	0.11	14.1
-44.9	-0.45	400	4.0	55	0.11	14.1
-45.0	-0.45	410	4.1	56	0.11	14.3
-45.1	-0.45	420	4.2	56	0.11	14.3
-45.5	-0.46	430	4.3	57	0.11	14.6
-46.0	-0.46	440	4.4	57	0.11	14.6
-46.5	-0.47	450	4.5	58	0.12	14.8
-47.0	-0.47	460	4.6	58	0.12	14.8
-47.2	-0.47	470	4.7	59	0.12	15.0
-48.0	-0.48	480	4.8	59	0.12	15.1
-48.1	-0.48	490	4.9	59	0.12	15.1
-48.5	-0.49	500	5.0	60	0.12	15.3
-49.0	-0.49	510	5.1	61	0.12	15.5
-49.1	-0.49	520	5.2	61	0.12	15.6
-49.6	-0.50	530	5.3	62	0.12	15.9
-50.0	-0.50	540	5.4	62	0.12	15.9
-50.5	-0.51	550	5.5	63	0.13	16.0
-51.0	-0.51	560	5.6	63	0.13	16.1
-51.5	-0.52	570	5.7	64	0.13	16.2
-52.0	-0.52	580	5.8	64	0.13	16.4
-52.5	-0.53	590	5.9	64	0.13	16.4
-53.0	-0.53	600	6.0	64	0.13	16.4
-53.0	-0.53	610	6.1	65	0.13	16.6
-53.5	-0.54	620	6.2	65	0.13	16.6
-53.8	-0.54	630	6.3	65	0.13	16.6
-54.0	-0.54	640	6.4	66	0.13	16.9
-54.1	-0.54	650	6.5	66	0.13	16.9
-54.8	-0.55	660	6.6	66	0.13	16.9
-55.0	-0.55	670	6.7	67	0.13	17.1
-55.7	-0.56	680	6.8	67	0.13	17.1
-56.0	-0.56	690	6.9	68	0.14	17.3
-56.5	-0.57	700	7.0	68	0.14	17.4
-57.0	-0.57	710	7.1	69	0.14	17.5
-57.5	-0.58	720	7.2	69	0.14	17.6

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:		γ seco:	10.72	kN/m <sup>3</sup>	
γ húmedo:	12.16	σ <sub>n</sub> :	20	kPa	
Carga Normal:	10	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-58.0	-0.58	730	7.3	70	0.14	17.8
-58.0	-0.58	740	7.4	70	0.14	17.9
-58.5	-0.59	750	7.5	70	0.14	17.9
-58.5	-0.59	760	7.6	70	0.14	17.9
-58.8	-0.59	770	7.7	71	0.14	18.0
-59.0	-0.59	780	7.8	71	0.14	18.2
-59.1	-0.59	790	7.9	72	0.14	18.3
-59.5	-0.60	800	8.0	72	0.14	18.4
-60.0	-0.60	810	8.1	72	0.14	18.4
-60.0	-0.60	820	8.2	73	0.15	18.7
-60.1	-0.60	830	8.3	73	0.15	18.7
-60.8	-0.61	840	8.4	73	0.15	18.7
-61.0	-0.61	850	8.5	73	0.15	18.7
-61.0	-0.61	860	8.6	77	0.15	19.7
-62.0	-0.62	870	8.7	77	0.15	19.7
-62.1	-0.62	880	8.8	77	0.15	19.7
-62.5	-0.63	890	8.9	78	0.16	19.8
-62.5	-0.63	900	9.0	78	0.16	19.8
-63.0	-0.63	910	9.1	78	0.16	19.9
-63.5	-0.64	920	9.2	79	0.16	20.2
-63.8	-0.64	930	9.3	79	0.16	20.2
-64.0	-0.64	940	9.4	79	0.16	20.2
-64.0	-0.64	950	9.5	79	0.16	20.2
-65.0	-0.65	960	9.6	79	0.16	20.2
-65.5	-0.66	970	9.7	80	0.16	20.5
-66.0	-0.66	980	9.8	80	0.16	20.5
-66.0	-0.66	990	9.9	80	0.16	20.5
-66.0	-0.66	1000	10.0	78	0.16	19.9
-66.0	-0.66	1010	10.1	76	0.15	19.4
-66.0	-0.66	1020	10.2	75	0.15	19.2

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	10.72 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	12.16 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	0.0
-3.0	-0.03	10	0.1	4.0	0.01	1.0
-6.0	-0.06	20	0.2	11.0	0.02	2.8
-12.0	-0.12	30	0.3	12.5	0.03	3.2
-17.5	-0.18	40	0.4	21.0	0.04	5.4
-26.0	-0.26	50	0.5	26.0	0.05	6.6
-27.0	-0.27	60	0.6	30.0	0.06	7.7
-39.0	-0.39	70	0.7	33.0	0.07	8.4
-45.0	-0.45	80	0.8	34.0	0.07	8.7
-49.0	-0.49	90	0.9	41.0	0.08	10.5
-55.0	-0.55	100	1.0	47.0	0.09	12.0
-59.0	-0.59	110	1.1	54.0	0.11	13.8
-65.0	-0.65	120	1.2	59.0	0.12	15.1
-69.0	-0.69	130	1.3	64.0	0.13	16.4
-80.0	-0.80	140	1.4	69.0	0.14	17.6
-84.0	-0.84	150	1.5	79.0	0.16	20.2
-89.0	-0.89	160	1.6	84.0	0.17	21.5
-94.0	-0.94	170	1.7	88.0	0.18	22.5
-97.0	-0.97	180	1.8	91.0	0.18	23.3
-100.0	-1.00	190	1.9	96.0	0.19	24.5
-102.0	-1.02	200	2.0	99.0	0.20	25.3
-104.0	-1.04	210	2.1	102.0	0.20	26.1
-104.5	-1.05	220	2.2	104.0	0.21	26.6
-106.0	-1.06	230	2.3	106.5	0.21	27.2
-108.5	-1.09	240	2.4	109.0	0.22	27.9
-110.0	-1.10	250	2.5	111.0	0.22	28.4
-111.0	-1.11	260	2.6	113.0	0.23	28.9
-111.0	-1.11	270	2.7	114.0	0.23	29.1
-113.0	-1.13	280	2.8	115.0	0.23	29.4
-113.5	-1.14	290	2.9	116.0	0.23	29.7
-114.5	-1.15	300	3.0	116.0	0.23	29.7
-115.0	-1.15	310	3.1	117.5	0.24	30.0
-116.0	-1.16	320	3.2	118.0	0.24	30.2
-116.0	-1.16	330	3.3	118.0	0.24	30.2

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	10.72 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	12.16 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-116.5	-1.17	340	3.4	119.0	0.24	30.4
-117.0	-1.17	350	3.5	119.0	0.24	30.4
-118.0	-1.18	360	3.6	120.0	0.24	30.7
-118.5	-1.19	370	3.7	120.5	0.24	30.8
-119.0	-1.19	380	3.8	121.0	0.24	30.9
-119.0	-1.19	390	3.9	122.0	0.24	31.2
-119.0	-1.19	400	4.0	122.8	0.25	31.4
-119.0	-1.19	410	4.1	123.0	0.25	31.4
-119.0	-1.19	420	4.2	124.0	0.25	31.7
-119.0	-1.19	430	4.3	124.5	0.25	31.8
-119.0	-1.19	440	4.4	125.0	0.25	32.0
-119.0	-1.19	450	4.5	126.0	0.25	32.2
-119.0	-1.19	460	4.6	127.0	0.25	32.5
-126.0	-1.26	470	4.7	128.0	0.26	32.7
-127.0	-1.27	480	4.8	128.0	0.26	32.7
-127.5	-1.28	490	4.9	129.0	0.26	33.0
-128.0	-1.28	500	5.0	129.8	0.26	33.2
-129.0	-1.29	510	5.1	130.0	0.26	33.2
-129.5	-1.30	520	5.2	131.0	0.26	33.5
-130.0	-1.30	530	5.3	131.0	0.26	33.5
-130.0	-1.30	540	5.4	132.0	0.26	33.7
-130.0	-1.30	550	5.5	132.0	0.26	33.7
-130.0	-1.30	560	5.6	133.0	0.27	34.0
-130.0	-1.30	570	5.7	133.0	0.27	34.0
-130.0	-1.30	580	5.8	133.0	0.27	34.0
-130.0	-1.30	590	5.9	133.5	0.27	34.1
-130.0	-1.30	600	6.0	133.5	0.27	34.1
-130.0	-1.30	610	6.1	133.5	0.27	34.1
-135.0	-1.35	620	6.2	133.5	0.27	34.1
-135.5	-1.36	630	6.3	133.5	0.27	34.1
-135.5	-1.36	640	6.4	133.5	0.27	34.1
-136.0	-1.36	650	6.5	133.5	0.27	34.1
-136.0	-1.36	660	6.6	134.0	0.27	34.3
-137.0	-1.37	670	6.7	134.0	0.27	34.3
-137.0	-1.37	680	6.8	134.0	0.27	34.3

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

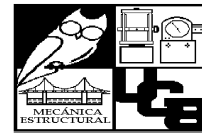
UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	10.72 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	12.16 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-137.5	-1.38	690	6.9	134.0	0.27	34.3
-138.0	-1.38	700	7.0	134.0	0.27	34.3
-138.0	-1.38	710	7.1	134.0	0.27	34.3
-138.0	-1.38	720	7.2	134.0	0.27	34.3
-138.0	-1.38	730	7.3	134.0	0.27	34.3
-138.0	-1.38	740	7.4	135.0	0.27	34.5
-138.0	-1.38	750	7.5	135.0	0.27	34.5
-138.0	-1.38	760	7.6	135.0	0.27	34.5
-138.0	-1.38	770	7.7	135.0	0.27	34.5
-138.0	-1.38	780	7.8	135.0	0.27	34.5
-138.0	-1.38	790	7.9	136.0	0.27	34.8
-138.0	-1.38	800	8.0	136.0	0.27	34.8
-138.0	-1.38	810	8.1	136.0	0.27	34.8
-138.0	-1.38	820	8.2	136.0	0.27	34.8
-138.0	-1.38	830	8.3	136.0	0.27	34.8
-145.0	-1.45	840	8.4	136.0	0.27	34.8
-145.0	-1.45	850	8.5	136.0	0.27	34.8
-146.0	-1.46	860	8.6	136.0	0.27	34.8
-146.0	-1.46	870	8.7	136.0	0.27	34.8
-147.0	-1.47	880	8.8	136.0	0.27	34.8
-147.5	-1.48	890	8.9	136.0	0.27	34.8
-148.5	-1.49	900	9.0	137.0	0.27	35.0
-149.0	-1.49	910	9.1	137.0	0.27	35.0
-150.0	-1.50	920	9.2	137.0	0.27	35.0
-150.0	-1.50	930	9.3	137.0	0.27	35.0
-151.0	-1.51	940	9.4	137.0	0.27	35.0
-152.0	-1.52	950	9.5	137.0	0.27	35.0
-153.0	-1.53	960	9.6	137.0	0.27	35.0
-154.0	-1.54	970	9.7	137.0	0.27	35.0

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:		γ seco:	10.72	kN/m <sup>3</sup>	
yhúmedo:	12.16	σ <sub>n</sub> :	59	kPa	
Carga Normal:	41	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-1.0	-0.01	10	0.1	5	0.01	1.3
-5.0	-0.05	20	0.2	10	0.02	2.6
-8.0	-0.08	30	0.3	28	0.06	7.2
-14.0	-0.14	40	0.4	38	0.08	9.7
-19.0	-0.19	50	0.5	44	0.09	11.2
-20.0	-0.20	60	0.6	48	0.10	12.3
-23.0	-0.23	70	0.7	55	0.11	14.1
-26.0	-0.26	80	0.8	62	0.12	15.9
-29.5	-0.30	90	0.9	69	0.14	17.6
-33.0	-0.33	100	1.0	74	0.15	18.9
-35.5	-0.36	110	1.1	80	0.16	20.5
-39.0	-0.39	120	1.2	86	0.17	22.0
-41.0	-0.41	130	1.3	91	0.18	23.3
-44.0	-0.44	140	1.4	97	0.19	24.8
-45.0	-0.45	150	1.5	103	0.21	26.3
-49.0	-0.49	160	1.6	107	0.21	27.4
-50.5	-0.51	170	1.7	113	0.23	28.9
-53.0	-0.53	180	1.8	116	0.23	29.7
-54.0	-0.54	190	1.9	120	0.24	30.7
-55.0	-0.55	200	2.0	124	0.25	31.7
-56.0	-0.56	210	2.1	127	0.25	32.3
-57.0	-0.57	220	2.2	129	0.26	33.0
-58.0	-0.58	230	2.3	132	0.26	33.7
-59.0	-0.59	240	2.4	135	0.27	34.5
-60.0	-0.60	250	2.5	137	0.27	35.0
-61.0	-0.61	260	2.6	138	0.28	35.3
-61.5	-0.62	270	2.7	139	0.28	35.5
-61.8	-0.62	280	2.8	140	0.28	35.8
-61.9	-0.62	290	2.9	141	0.28	36.0
-61.9	-0.62	300	3.0	142	0.28	36.3
-62.0	-0.62	310	3.1	142	0.28	36.3
-62.2	-0.62	320	3.2	142	0.28	36.3
-63.0	-0.63	330	3.3	142	0.28	36.3
-64.0	-0.64	340	3.4	143	0.29	36.4
-64.2	-0.64	350	3.5	143	0.29	36.6
-64.8	-0.65	360	3.6	143	0.29	36.6
-65.0	-0.65	370	3.7	143	0.29	36.6

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



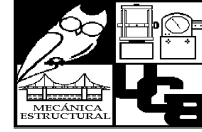
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:		Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:		Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:		1.6 m	Fecha del ensayo:		25/06/2009
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (ω): (%)	13.36	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:		γ seco:		10.72	kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:	12.16	σ <sub>n</sub> :		59	kPa
Carga Normal:	41	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-65.0	-0.65	380	3.8	143	0.29	36.6
-65.1	-0.65	390	3.9	143	0.29	36.6
-65.5	-0.66	400	4.0	143	0.29	36.6
-65.8	-0.66	410	4.1	143	0.29	36.6
-66.0	-0.66	420	4.2	143	0.29	36.6
-67.0	-0.67	430	4.3	144	0.29	36.7
-68.0	-0.68	440	4.4	144	0.29	36.7
-69.8	-0.70	450	4.5	144	0.29	36.7
-70.1	-0.70	460	4.6	144	0.29	36.7
-71.0	-0.71	470	4.7	144	0.29	36.8
-72.0	-0.72	480	4.8	144	0.29	36.8
-72.5	-0.73	490	4.9	144	0.29	36.8
-73.0	-0.73	500	5.0	144	0.29	36.8
-74.0	-0.74	510	5.1	145	0.29	36.9
-75.0	-0.75	520	5.2	145	0.29	37.1
-76.0	-0.76	530	5.3	145	0.29	37.1
-77.0	-0.77	540	5.4	145	0.29	37.1
-78.0	-0.78	550	5.5	146	0.29	37.2
-78.0	-0.78	560	5.6	146	0.29	37.3
-78.0	-0.78	570	5.7	146	0.29	37.3
-78.0	-0.78	580	5.8	147	0.29	37.6
-78.0	-0.78	590	5.9	148	0.30	37.7
-78.0	-0.78	600	6.0	148	0.30	37.8
-78.0	-0.78	610	6.1	149	0.30	38.1
-78.0	-0.78	620	6.2	149	0.30	38.1
-85.0	-0.85	630	6.3	149	0.30	38.1
-86.0	-0.86	640	6.4	150	0.30	38.2
-87.0	-0.87	650	6.5	150	0.30	38.4
-87.0	-0.87	660	6.6	151	0.30	38.5
-87.0	-0.87	670	6.7	151	0.30	38.6
-87.0	-0.87	680	6.8	152	0.30	38.7
-87.0	-0.87	690	6.9	152	0.30	38.9
-87.0	-0.87	700	7.0	152	0.30	38.9
-87.0	-0.87	710	7.1	153	0.31	39.1
-87.0	-0.87	720	7.2	154	0.31	39.2
-87.0	-0.87	730	7.3	154	0.31	39.2
-88.0	-0.88	740	7.4	154	0.31	39.4
-95.0	-0.95	750	7.5	154	0.31	39.4

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

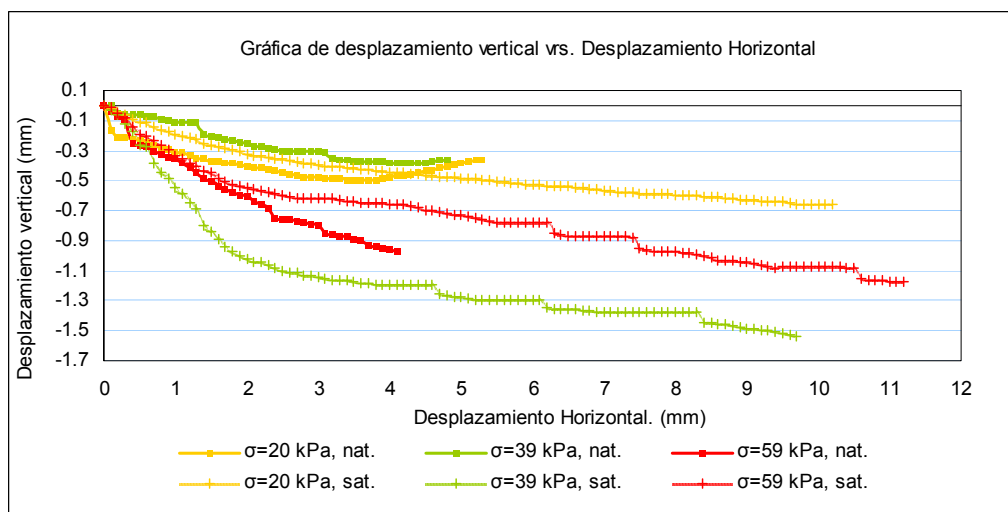
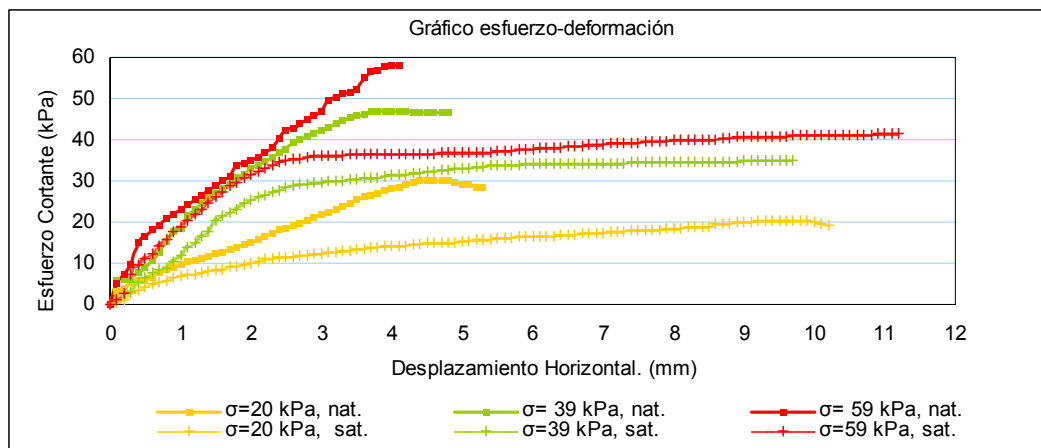
UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha del ensayo:	25/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	66.07	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	8.83	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (w): (%)	13.36	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:		γ seco:	10.72	kN/m <sup>3</sup>	
yhúmedo:	12.16	σ <sub>n</sub> :	59	kPa	
Carga Normal:	41	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-96.5	-0.97	760	7.6	155	0.31	39.5
-97.0	-0.97	770	7.7	155	0.31	39.6
-97.0	-0.97	780	7.8	155	0.31	39.6
-97.0	-0.97	790	7.9	156	0.31	39.8
-97.5	-0.98	800	8.0	156	0.31	39.9
-98.0	-0.98	810	8.1	156	0.31	39.9
-98.5	-0.99	820	8.2	156	0.31	39.9
-99.1	-0.99	830	8.3	157	0.31	40.0
-100.5	-1.01	840	8.4	157	0.31	40.0
-101.0	-1.01	850	8.5	157	0.31	40.1
-103.0	-1.03	860	8.6	157	0.31	40.1
-103.0	-1.03	870	8.7	158	0.32	40.4
-103.1	-1.03	880	8.8	159	0.32	40.5
-104.0	-1.04	890	8.9	159	0.32	40.7
-104.2	-1.04	900	9.0	159	0.32	40.7
-105.0	-1.05	910	9.1	160	0.32	40.8
-106.0	-1.06	920	9.2	160	0.32	40.8
-107.0	-1.07	930	9.3	160	0.32	40.9
-108.0	-1.08	940	9.4	160	0.32	40.9
-107.6	-1.08	950	9.5	160	0.32	40.9
-107.6	-1.08	960	9.6	160	0.32	40.9
-107.8	-1.08	970	9.7	161	0.32	41.0
-107.8	-1.08	980	9.8	161	0.32	41.2
-107.8	-1.08	990	9.9	161	0.32	41.2
-107.8	-1.08	1000	10.0	161	0.32	41.2
-107.8	-1.08	1010	10.1	161	0.32	41.2
-107.8	-1.08	1020	10.2	161	0.32	41.2
-107.8	-1.08	1030	10.3	161	0.32	41.2
-108.0	-1.08	1040	10.4	161	0.32	41.2
-108.0	-1.08	1050	10.5	161	0.32	41.2
-115.0	-1.15	1060	10.6	161	0.32	41.2
-116.0	-1.16	1070	10.7	161	0.32	41.2
-116.0	-1.16	1080	10.8	161	0.32	41.2
-116.0	-1.16	1090	10.9	162	0.32	41.4
-117.0	-1.17	1100	11.0	162	0.32	41.4
-117.1	-1.17	1110	11.1	162	0.32	41.4
-117.1	-1.17	1120	11.2	162	0.32	41.4

Observaciones:

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A	
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de la práctica: 25/06/2009



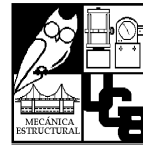


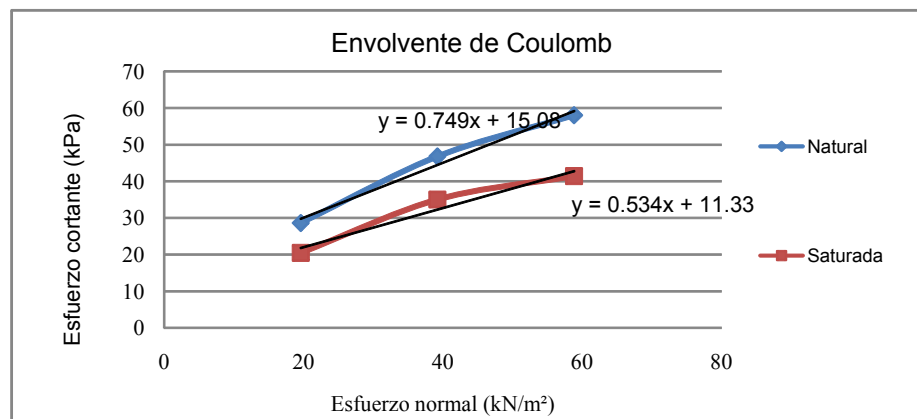
GRÁFICO DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM 3080-98

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín,  
a 490m de la residencial Los Almendros.

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-A

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 1.6 m Fecha de la práctica: 25/06/2009

ENSAYO	ESFUERZO NORMAL kPa ( $\sigma$ )	CORTANTE kPa ( $\tau$ )	CONDICIÓN
1	20	28.63	NATURAL
2	39	46.79	NATURAL
3	59	58.04	NATURAL
4	20	20.45	SATURADA
5	39	35.03	SATURADA
6	59	41.42	SATURADA



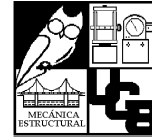
	NATURAL		SATURADO	
ANGULO DE FRICCIÓN	36.8	GRADOS	28.1	GRADOS
COHESION	15.1	kN/m <sup>2</sup>	11.3	kN/m <sup>2</sup>

Observaciones: \_\_\_\_\_



Muestra 1-B

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



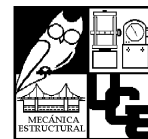
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	20 Kpa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-1	-0.01	10	0.1	9	0.02	2.3
-1	-0.01	20	0.2	12	0.02	3.1
-2	-0.02	30	0.3	13	0.03	3.2
-2	-0.02	40	0.4	13	0.03	3.3
-2	-0.02	50	0.5	15	0.03	3.8
-3	-0.03	60	0.6	23	0.05	5.9
-4	-0.04	70	0.7	31	0.06	7.9
-5	-0.05	80	0.8	43	0.09	11.0
-5	-0.05	90	0.9	46	0.09	11.8
-5	-0.05	100	1.0	52	0.10	13.3
-5	-0.05	110	1.1	60	0.12	15.3
-5	-0.05	120	1.2	70	0.14	17.9
-5	-0.05	130	1.3	78	0.16	19.9
-5	-0.05	140	1.4	87	0.17	22.2
-5	-0.05	150	1.5	94	0.19	24.0
-5	-0.05	160	1.6	102	0.20	26.1
-5	-0.05	170	1.7	109	0.22	27.9
-5	-0.05	180	1.8	117	0.23	29.9
-4	-0.04	190	1.9	124	0.25	31.7
-3	-0.03	200	2.0	131	0.26	33.5
-2	-0.02	210	2.1	137	0.27	35.0
-2	-0.02	220	2.2	144	0.29	36.8
-1	-0.01	230	2.3	149	0.30	38.1
0	0.00	240	2.4	154	0.31	39.4
2	0.02	250	2.5	159	0.32	40.7
3	0.03	260	2.6	164	0.33	41.9
5	0.05	270	2.7	169	0.34	43.2

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

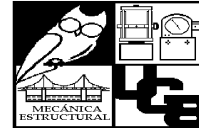
UBICACIÓN: <u>Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.</u>			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: <u>Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B</u>			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	<u>1.6 m</u>	Fecha de ensayo:	<u>26/06/2009</u>
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	<u>74.9</u>	Diámetro:	<u>9.98</u> cm
Peso de suelo seco: (g)	<u>66.09</u>	Altura:	<u>2.88</u> cm
Peso del agua: (g)	<u>8.81</u>	Area:	<u>78.23</u> cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	<u>15.11</u>	Volumen:	<u>233.896</u> cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	<u>11.67</u> kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	<u>13.54</u> kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	<u>20</u> Kpa
Carga Normal:	<u>10</u> kg		
Velocidad de carga:	<u>0.15</u> mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
7	0.07	280	2.8	174	0.35	44.4
11	0.11	290	2.9	175	0.35	44.7
14	0.14	300	3.0	177	0.35	45.3
17	0.17	310	3.1	177	0.35	45.3
20	0.20	320	3.2	177	0.35	45.3
23	0.23	330	3.3	175	0.35	44.7
25	0.25	340	3.4	174	0.35	44.5
27	0.27	350	3.5	173	0.35	44.2
30	0.30	360	3.6	172	0.34	44.0
32	0.32	370	3.7	171	0.34	43.7
32	0.32	380	3.8	171	0.34	43.7
32	0.32	390	3.9	171	0.34	43.7
32	0.32	400	4.0	171	0.34	43.7
32	0.32	410	4.1	171	0.34	43.7
32	0.32	420	4.2	171	0.34	43.7
32	0.32	430	4.3	171	0.34	43.7
32	0.32	440	4.4	171	0.34	43.7

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**

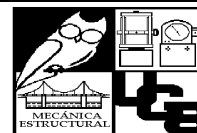


**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

<b>UBICACIÓN:</b> Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO:</b> Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B			
<b>PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:</b> 1.6 m		<b>Fecha de ensayo:</b> 26/06/2009	
<b>Datos de densidad de la muestra</b>			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
<b>Densidad de la muestra:</b>		<b>γ seco:</b> 11.67 kN/m <sup>3</sup>	
γ húmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
<b>Carga Normal:</b>	26 kg		
<b>Velocidad de carga:</b>	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, NATURAL						
Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-1	-0.01	10	0.1	20	0.04	5.1
-3	-0.03	20	0.2	23	0.05	5.9
-3	-0.03	30	0.3	25	0.05	6.4
-4	-0.04	40	0.4	30	0.06	7.7
-4	-0.04	50	0.5	35	0.07	8.9
-5	-0.05	60	0.6	40	0.08	10.2
-5	-0.05	70	0.7	46	0.09	11.8
-7	-0.07	80	0.8	55	0.11	14.1
-8	-0.08	90	0.9	64	0.13	16.4
-9	-0.09	100	1.0	73	0.15	18.7
-10	-0.10	110	1.1	81	0.16	20.7
-10	-0.10	120	1.2	88	0.18	22.5
-11	-0.11	130	1.3	95	0.19	24.3
-11	-0.11	140	1.4	102	0.20	26.1
-11	-0.11	150	1.5	110	0.22	28.1
-12	-0.12	160	1.6	117	0.23	29.9
-12	-0.12	170	1.7	124	0.25	31.7
-13	-0.13	180	1.8	131	0.26	33.5
-14	-0.14	190	1.9	144	0.29	36.8
-14	-0.14	200	2.0	145	0.29	37.1
-14	-0.14	210	2.1	153	0.31	39.1
-14	-0.14	220	2.2	159	0.32	40.7
-14	-0.14	230	2.3	162	0.32	41.4
-14	-0.14	240	2.4	173	0.35	44.2
-14	-0.14	250	2.5	179	0.36	45.8
-14	-0.14	260	2.6	185	0.37	47.3
-14	-0.14	270	2.7	192	0.38	49.1
-14	-0.14	280	2.8	200	0.40	51.1
-14	-0.14	290	2.9	206	0.41	52.7
-13	-0.13	300	3.0	212	0.42	54.2
-13	-0.13	310	3.1	218	0.44	55.7
-12	-0.12	320	3.2	225	0.45	57.5
-11	-0.11	330	3.3	230	0.46	58.8
-11	-0.11	340	3.4	234	0.47	59.8
-10	-0.10	350	3.5	239	0.48	61.1
-9	-0.09	360	3.6	243	0.49	62.1

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

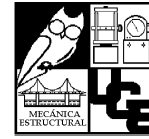
UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-8	-0.08	370	3.7	247	0.49	63.2
-6	-0.06	380	3.8	251	0.50	64.2
-5	-0.05	390	3.9	255	0.51	65.2
-4	-0.04	400	4.0	258	0.52	66.0
-1	-0.01	410	4.1	262	0.52	67.0
2	0.02	420	4.2	266	0.53	68.0
4	0.04	430	4.3	268	0.54	68.5
5	0.05	440	4.4	271	0.54	69.3
9	0.09	450	4.5	272	0.54	69.5
13	0.13	460	4.6	273	0.55	69.8
15	0.15	470	4.7	274	0.55	69.9
16	0.16	480	4.8	274	0.55	69.9
19	0.19	490	4.9	274	0.55	69.9
21	0.21	500	5.0	274	0.55	69.9
23	0.23	510	5.1	274	0.55	69.9
25	0.25	520	5.2	274	0.55	69.9
27	0.27	530	5.3	274	0.55	70.1
30	0.30	540	5.4	274	0.55	70.1
31	0.31	550	5.5	275	0.55	70.2
33	0.33	560	5.6	275	0.55	70.3
34	0.34	570	5.7	275	0.55	70.3
35	0.35	580	5.8	275	0.55	70.3
38	0.38	590	5.9	275	0.55	70.3
40	0.40	600	6.0	274	0.55	70.1

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



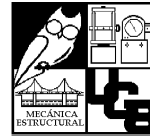
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martin, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:		σ <sub>n</sub> :	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-4.0	-0.04	10	0.1	23	0.05	5.9
-7.0	-0.07	20	0.2	34	0.07	8.7
-7.0	-0.07	30	0.3	37	0.07	9.3
-7.5	-0.08	40	0.4	37	0.07	9.5
-8.0	-0.08	50	0.5	46	0.09	11.8
-9.0	-0.09	60	0.6	46	0.09	11.8
-9.0	-0.09	70	0.7	52	0.10	13.3
-10.0	-0.10	80	0.8	58	0.12	14.8
-10.5	-0.11	90	0.9	69	0.14	17.6
-11.0	-0.11	100	1.0	80	0.16	20.5
-12.0	-0.12	110	1.1	98	0.20	25.1
-12.2	-0.12	120	1.2	109	0.22	27.9
-12.5	-0.13	130	1.3	125	0.25	32.0
-12.5	-0.13	140	1.4	138	0.28	35.3
-13.0	-0.13	150	1.5	149	0.30	38.1
-13.0	-0.13	160	1.6	157	0.31	40.1
-13.0	-0.13	170	1.7	173	0.35	44.1
-13.0	-0.13	180	1.8	181	0.36	46.3
-13.5	-0.14	190	1.9	190	0.38	48.6
-13.5	-0.14	200	2.0	197	0.39	50.4
-14.0	-0.14	210	2.1	207	0.41	52.9
-14.0	-0.14	220	2.2	213	0.43	54.5
-13.0	-0.13	230	2.3	222	0.44	56.8
-12.5	-0.13	240	2.4	232	0.46	59.3
-13.0	-0.13	250	2.5	232	0.46	59.3
-13.0	-0.13	260	2.6	237	0.47	60.6
-12.5	-0.13	270	2.7	243	0.49	62.0
-12.5	-0.13	280	2.8	248	0.50	63.4
-12.0	-0.12	290	2.9	252	0.50	64.4
-12.0	-0.12	300	3.0	257	0.51	65.7

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

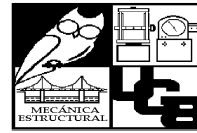
UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad ( $\omega$ ): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		$\gamma$ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
	$\gamma$ húmedo: 13.54	$\sigma_n$ :	59 kPa
Carga Normal:	41		kg
Velocidad de carga:	0.15		mm/min

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-11.5	-0.12	310	3.1	261	0.52	66.7
-11.0	-0.11	320	3.2	265	0.53	67.8
-11.0	-0.11	330	3.3	270	0.54	69.0
-9.5	-0.10	340	3.4	274	0.55	70.1
-8.5	-0.09	350	3.5	279	0.56	71.3
-7.5	-0.08	360	3.6	284	0.57	72.6
-7.0	-0.07	370	3.7	287	0.57	73.4
-7.0	-0.07	380	3.8	291	0.58	74.4
-6.0	-0.06	390	3.9	295	0.59	75.4
-5.5	-0.06	400	4.0	298	0.60	76.2
-5.0	-0.05	410	4.1	303	0.61	77.3
-4.0	-0.04	420	4.2	306	0.61	78.2
-3.0	-0.03	430	4.3	310	0.62	79.3
-2.5	-0.03	440	4.4	314	0.63	80.3
-1.0	-0.01	450	4.5	317	0.63	81.0
-0.5	-0.01	460	4.6	321	0.64	82.1
0.0	0.00	470	4.7	324	0.65	82.8
1.0	0.01	480	4.8	327	0.65	83.6
1.5	0.02	490	4.9	330	0.66	84.4
2.5	0.03	500	5.0	333	0.67	85.1
4.0	0.04	510	5.1	335	0.67	85.6
5.0	0.05	520	5.2	338	0.68	86.4
6.5	0.07	530	5.3	341	0.68	87.2
8.6	0.09	540	5.4	343	0.69	87.7
10.0	0.10	550	5.5	344	0.69	88.0
11.0	0.11	560	5.6	345	0.69	88.1
12.0	0.12	570	5.7	345	0.69	88.2
13.0	0.13	580	5.8	345	0.69	88.3
14.5	0.15	590	5.9	345	0.69	88.2
16.0	0.16	600	6.0	345	0.69	88.2
18.0	0.18	610	6.1	344	0.69	88.0
19.0	0.19	620	6.2	343	0.69	87.6
21.0	0.21	630	6.3	341	0.68	87.2

Observaciones: \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



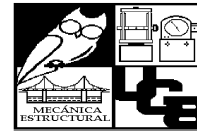
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martin, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad ( $w$ ): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		$\gamma$ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma$ húmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$ :	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	0.0
-1.0	-0.01	10	0.1	7.0	0.01	1.8
-6.0	-0.06	20	0.2	10.0	0.02	2.6
-10.0	-0.10	30	0.3	13.0	0.03	3.3
-14.0	-0.14	40	0.4	15.0	0.03	3.8
-15.0	-0.15	50	0.5	18.0	0.04	4.6
-17.0	-0.17	60	0.6	18.0	0.04	4.6
-20.0	-0.20	70	0.7	20.0	0.04	5.1
-21.0	-0.21	80	0.8	21.0	0.04	5.4
-24.5	-0.25	90	0.9	22.0	0.04	5.6
-24.5	-0.25	100	1.0	25.0	0.05	6.4
-24.5	-0.25	110	1.1	26.0	0.05	6.6
-24.5	-0.25	120	1.2	27.5	0.06	7.0
-34.0	-0.34	130	1.3	29.0	0.06	7.4
-34.5	-0.35	140	1.4	30.0	0.06	7.7
-34.5	-0.35	150	1.5	32.0	0.06	8.2
-35.0	-0.35	160	1.6	34.0	0.07	8.7
-35.0	-0.35	170	1.7	34.0	0.07	8.7
-35.0	-0.35	180	1.8	35.0	0.07	8.9
-35.0	-0.35	190	1.9	37.0	0.07	9.5
-40.0	-0.40	200	2.0	38.0	0.08	9.7
-42.0	-0.42	210	2.1	39.0	0.08	10.0
-43.0	-0.43	220	2.2	40.0	0.08	10.2
-43.5	-0.44	230	2.3	40.0	0.08	10.2
-43.5	-0.44	240	2.4	41.5	0.08	10.6
-43.5	-0.44	250	2.5	43.0	0.09	11.0
-43.5	-0.44	260	2.6	43.5	0.09	11.1
-43.5	-0.44	270	2.7	44.5	0.09	11.4
-51.0	-0.51	280	2.8	45.0	0.09	11.5
-51.5	-0.52	290	2.9	46.0	0.09	11.8
-53.0	-0.53	300	3.0	47.0	0.09	12.0
-54.0	-0.54	310	3.1	48.0	0.10	12.3
-54.5	-0.55	320	3.2	48.5	0.10	12.4
-55.0	-0.55	330	3.3	49.0	0.10	12.5
-55.0	-0.55	340	3.4	50.0	0.10	12.8
-56.5	-0.57	350	3.5	50.0	0.10	12.8
-56.5	-0.57	360	3.6	51.0	0.10	13.0

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

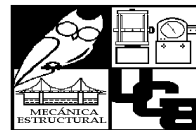
UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-56.5	-0.57	370	3.7	51.5	0.10	13.2
-56.5	-0.57	380	3.8	52.0	0.10	13.3
-56.5	-0.57	390	3.9	53.0	0.11	13.6
-56.5	-0.57	400	4.0	54.0	0.11	13.8
-56.5	-0.57	410	4.1	54.0	0.11	13.8
-56.5	-0.57	420	4.2	55.0	0.11	14.1
-56.8	-0.57	430	4.3	55.0	0.11	14.1
-56.5	-0.57	440	4.4	56.0	0.11	14.3
-56.5	-0.57	450	4.5	56.0	0.11	14.3
-56.5	-0.57	460	4.6	57.0	0.11	14.6
-56.5	-0.57	470	4.7	57.0	0.11	14.6
-56.5	-0.57	480	4.8	57.5	0.12	14.7
-57.0	-0.57	490	4.9	58.0	0.12	14.8
-64.0	-0.64	500	5.0	58.5	0.12	15.0
-64.0	-0.64	510	5.1	59.0	0.12	15.1
-64.5	-0.65	520	5.2	59.0	0.12	15.1
-65.0	-0.65	530	5.3	60.0	0.12	15.3
-65.0	-0.65	540	5.4	60.0	0.12	15.3
-65.5	-0.66	550	5.5	61.0	0.12	15.6
-66.0	-0.66	560	5.6	61.0	0.12	15.6
-67.0	-0.67	570	5.7	62.0	0.12	15.9
-67.0	-0.67	580	5.8	62.0	0.12	15.9
-67.5	-0.68	590	5.9	63.0	0.13	16.1
-68.0	-0.68	600	6.0	63.0	0.13	16.1
-68.0	-0.68	610	6.1	63.0	0.13	16.1
-68.0	-0.68	620	6.2	64.0	0.13	16.4
-68.0	-0.68	630	6.3	64.0	0.13	16.4
-68.5	-0.69	640	6.4	65.0	0.13	16.6
-69.0	-0.69	650	6.5	65.0	0.13	16.6
-69.5	-0.70	660	6.6	65.0	0.13	16.6
-70.0	-0.70	670	6.7	66.0	0.13	16.9
-70.0	-0.70	680	6.8	66.0	0.13	16.9
-70.5	-0.71	690	6.9	66.5	0.13	17.0
-70.5	-0.71	700	7.0	67.0	0.13	17.1
-70.5	-0.71	710	7.1	67.0	0.13	17.1
-71.0	-0.71	720	7.2	67.5	0.14	17.3
-71.0	-0.71	730	7.3	68.0	0.14	17.4
-71.0	-0.71	740	7.4	68.0	0.14	17.4



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martin, a 490m de la residencial Los Almendros.

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 1.6 m Fecha de ensayo: 26/06/2009

Datos de densidad de la muestra

Peso de suelo húmedo: (g)	<u>74.9</u>	Diámetro:	<u>9.98</u>	cm
Peso de suelo seco: (g)	<u>66.09</u>	Altura:	<u>2.88</u>	cm
Peso del agua: (g)	<u>8.81</u>	Área:	<u>78.23</u>	cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	<u>15.11</u>	Volumen:	<u>233.896</u>	cm <sup>3</sup>

Densidad de la muestra:

γ húmedo:	<u>13.54</u>	kN/m <sup>3</sup>	γ seco:	<u>11.67</u>	kN/m <sup>3</sup>
			σ <sub>n</sub> :	<u>20</u>	kPa

Carga Normal: 10 kg

Velocidad de carga: 0.15 mm/min

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-71.5	-0.72	750	7.5	68.5	0.14	17.5
-72.0	-0.72	760	7.6	69.0	0.14	17.6
-72.0	-0.72	770	7.7	69.4	0.14	17.7
-72.5	-0.73	780	7.8	69.5	0.14	17.8
-72.5	-0.73	790	7.9	69.5	0.14	17.8
-72.5	-0.73	800	8.0	69.5	0.14	17.8
-72.5	-0.73	810	8.1	69.5	0.14	17.8
-72.5	-0.73	820	8.2	69.5	0.14	17.8
-72.5	-0.73	830	8.3	69.5	0.14	17.8
-72.5	-0.73	840	8.4	70.0	0.14	17.9
-72.5	-0.73	850	8.5	70.5	0.14	18.0
-72.5	-0.73	860	8.6	70.5	0.14	18.0
-74.0	-0.74	870	8.7	70.5	0.14	18.0
-74.0	-0.74	880	8.8	71.0	0.14	18.2
-74.0	-0.74	890	8.9	72.0	0.14	18.4
-74.0	-0.74	900	9.0	73.0	0.15	18.7
-74.0	-0.74	910	9.1	74.0	0.15	18.9
-74.0	-0.74	920	9.2	75.0	0.15	19.2
-74.0	-0.74	930	9.3	76.0	0.15	19.4
-74.0	-0.74	940	9.4	77.0	0.15	19.7
-75.0	-0.75	950	9.5	77.0	0.15	19.7
-75.0	-0.75	960	9.6	77.0	0.15	19.7
-75.0	-0.75	970	9.7	79.0	0.16	20.2
-75.0	-0.75	980	9.8	82.0	0.16	21.0
-75.0	-0.75	990	9.9	82.0	0.16	21.0
-75.0	-0.75	1000	10.0	85.0	0.17	21.7
-75.0	-0.75	1010	10.1	85.0	0.17	21.7
-75.0	-0.75	1020	10.2	85.0	0.17	21.7

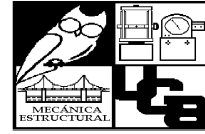
Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



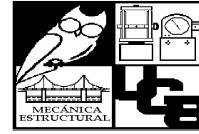
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		$\gamma$ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$ :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	0.0
-3.0	-0.03	10	0.1	11.0	0.02	2.8
-7.0	-0.07	20	0.2	18.0	0.04	4.6
-10.0	-0.10	30	0.3	24.0	0.05	6.1
-12.0	-0.12	40	0.4	25.0	0.05	6.4
-14.5	-0.15	50	0.5	30.0	0.06	7.7
-18.0	-0.18	60	0.6	33.5	0.07	8.6
-20.0	-0.20	70	0.7	36.0	0.07	9.2
-23.0	-0.23	80	0.8	40.0	0.08	10.2
-26.0	-0.26	90	0.9	43.0	0.09	11.0
-28.0	-0.28	100	1.0	46.0	0.09	11.8
-30.0	-0.30	110	1.1	49.0	0.10	12.5
-32.0	-0.32	120	1.2	52.0	0.10	13.3
-33.0	-0.33	130	1.3	55.0	0.11	14.1
-36.0	-0.36	140	1.4	57.0	0.11	14.6
-37.0	-0.37	150	1.5	60.0	0.12	15.3
-38.0	-0.38	160	1.6	62.0	0.12	15.9
-39.0	-0.39	170	1.7	64.0	0.13	16.4
-41.0	-0.41	180	1.8	66.5	0.13	17.0
-42.0	-0.42	190	1.9	69.0	0.14	17.6
-43.0	-0.43	200	2.0	70.0	0.14	17.9
-45.0	-0.45	210	2.1	72.0	0.14	18.4
-45.0	-0.45	220	2.2	74.0	0.15	18.9
-46.0	-0.46	230	2.3	75.0	0.15	19.2
-47.0	-0.47	240	2.4	76.0	0.15	19.4
-48.0	-0.48	250	2.5	79.0	0.16	20.2
-49.0	-0.49	260	2.6	80.0	0.16	20.5
-49.5	-0.50	270	2.7	81.0	0.16	20.7
-50.0	-0.50	280	2.8	82.0	0.16	21.0
-51.0	-0.51	290	2.9	84.0	0.17	21.5
-52.0	-0.52	300	3.0	85.0	0.17	21.7
-52.0	-0.52	310	3.1	86.0	0.17	22.0
-53.0	-0.53	320	3.2	87.0	0.17	22.2
-53.0	-0.53	330	3.3	88.0	0.18	22.5
-54.0	-0.54	340	3.4	89.0	0.18	22.8

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



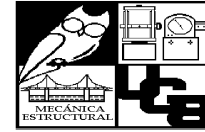
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-55.0	-0.55	350	3.5	90.0	0.18	23.0
-56.0	-0.56	360	3.6	91.0	0.18	23.3
-56.0	-0.56	370	3.7	92.0	0.18	23.5
-57.0	-0.57	380	3.8	93.0	0.19	23.8
-57.0	-0.57	390	3.9	94.5	0.19	24.2
-57.5	-0.58	400	4.0	95.0	0.19	24.3
-58.0	-0.58	410	4.1	96.5	0.19	24.7
-58.0	-0.58	420	4.2	98.0	0.20	25.1
-58.5	-0.59	430	4.3	98.0	0.20	25.1
-59.0	-0.59	440	4.4	99.0	0.20	25.3
-60.0	-0.60	450	4.5	100.0	0.20	25.6
-60.5	-0.61	460	4.6	101.0	0.20	25.8
-61.0	-0.61	470	4.7	101.5	0.20	26.0
-62.0	-0.62	480	4.8	102.0	0.20	26.1
-62.0	-0.62	490	4.9	104.0	0.21	26.6
-62.0	-0.62	500	5.0	104.0	0.21	26.6
-62.5	-0.63	510	5.1	105.0	0.21	26.8
-63.0	-0.63	520	5.2	105.0	0.21	26.8
-63.0	-0.63	530	5.3	106.0	0.21	27.1
-64.0	-0.64	540	5.4	107.0	0.21	27.4
-64.0	-0.64	550	5.5	108.5	0.22	27.7
-64.5	-0.65	560	5.6	109.0	0.22	27.9
-65.0	-0.65	570	5.7	110.0	0.22	28.1
-65.0	-0.65	580	5.8	111.0	0.22	28.4
-65.5	-0.66	590	5.9	112.0	0.22	28.6
-65.5	-0.66	600	6.0	112.5	0.23	28.8
-66.0	-0.66	610	6.1	113.5	0.23	29.0
-66.0	-0.66	620	6.2	114.0	0.23	29.1
-66.5	-0.67	630	6.3	115.0	0.23	29.4
-67.0	-0.67	640	6.4	116.0	0.23	29.7
-67.0	-0.67	650	6.5	116.5	0.23	29.8
-67.1	-0.67	660	6.6	117.0	0.23	29.9
-67.5	-0.68	670	6.7	118.0	0.24	30.2
-67.5	-0.68	680	6.8	119.0	0.24	30.4
-68.0	-0.68	690	6.9	119.0	0.24	30.4

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

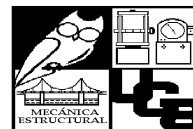
UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-68.0	-0.68	700	7.0	120.0	0.24	30.7
-68.0	-0.68	710	7.1	120.5	0.24	30.8
-68.0	-0.68	720	7.2	121.0	0.24	30.9
-68.0	-0.68	730	7.3	122.0	0.24	31.2
-68.5	-0.69	740	7.4	122.0	0.24	31.2
-69.0	-0.69	750	7.5	122.0	0.24	31.2
-69.0	-0.69	760	7.6	123.0	0.25	31.4
-69.0	-0.69	770	7.7	124.0	0.25	31.7
-69.0	-0.69	780	7.8	124.5	0.25	31.8
-69.0	-0.69	790	7.9	124.6	0.25	31.9
-69.0	-0.69	800	8.0	124.8	0.25	31.9
-69.0	-0.69	810	8.1	125.0	0.25	32.0
-69.0	-0.69	820	8.2	125.0	0.25	32.0
-69.0	-0.69	830	8.3	126.0	0.25	32.2
-69.5	-0.70	840	8.4	126.5	0.25	32.3
-70.0	-0.70	850	8.5	127.0	0.25	32.5
-70.0	-0.70	860	8.6	127.0	0.25	32.5
-70.0	-0.70	870	8.7	127.0	0.25	32.5
-70.0	-0.70	880	8.8	127.5	0.26	32.6
-70.0	-0.70	890	8.9	127.8	0.26	32.7
-70.0	-0.70	900	9.0	127.8	0.26	32.7
-70.0	-0.70	910	9.1	128.0	0.26	32.7
-70.0	-0.70	920	9.2	128.0	0.26	32.7
-70.0	-0.70	930	9.3	128.0	0.26	32.7
-70.5	-0.71	940	9.4	128.0	0.26	32.7
-70.5	-0.71	950	9.5	128.0	0.26	32.7
-70.5	-0.71	960	9.6	128.5	0.26	32.9
-70.5	-0.71	970	9.7	128.5	0.26	32.9
-71.0	-0.71	980	9.8	129.0	0.26	33.0
-71.0	-0.71	990	9.9	129.0	0.26	33.0
-71.0	-0.71	1000	10.0	129.0	0.26	33.0
-71.0	-0.71	1010	10.1	129.0	0.26	33.0
-71.0	-0.71	1020	10.2	127.0	0.25	32.5
-71.0	-0.71	1030	10.3	126.0	0.25	32.2

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**

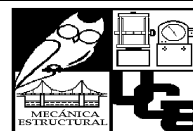


**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

<b>UBICACIÓN:</b> Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO:</b> Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B			
<b>PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:</b>	1.6 m	<b>Fecha de ensayo:</b>	26/06/2009
<b>Datos de densidad de la muestra</b>			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
<b>Densidad de la muestra:</b>		$\gamma$ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma$ húmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$ :	59 kPa
<b>Carga Normal:</b>	41 kg		
<b>Velocidad de carga:</b>	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, SATURADO						
Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-3.0	-0.03	10	0.1	36	0.07	9.2
-5.0	-0.05	20	0.2	49	0.10	12.5
-7.0	-0.07	30	0.3	60	0.12	15.3
-8.0	-0.08	40	0.4	69	0.14	17.6
-10.5	-0.11	50	0.5	77	0.15	19.7
-12.0	-0.12	60	0.6	85	0.17	21.7
-13.0	-0.13	70	0.7	88	0.18	22.5
-14.0	-0.14	80	0.8	95	0.19	24.3
-16.0	-0.16	90	0.9	102	0.20	26.1
-17.0	-0.17	100	1.0	106	0.21	27.1
-18.5	-0.19	110	1.1	111	0.22	28.4
-19.0	-0.19	120	1.2	115	0.23	29.4
-19.5	-0.20	130	1.3	120	0.24	30.7
-21.0	-0.21	140	1.4	124	0.25	31.7
-21.0	-0.21	150	1.5	126	0.25	32.2
-21.0	-0.21	160	1.6	130	0.26	33.2
-21.0	-0.21	170	1.7	135	0.27	34.5
-22.0	-0.22	180	1.8	137	0.27	35.0
-23.0	-0.23	190	1.9	140	0.28	35.8
-23.5	-0.24	200	2.0	143	0.29	36.6
-23.5	-0.24	210	2.1	146	0.29	37.3
-24.0	-0.24	220	2.2	148	0.30	37.8
-24.0	-0.24	230	2.3	149	0.30	38.1
-24.0	-0.24	240	2.4	151	0.30	38.6
-24.0	-0.24	250	2.5	154	0.31	39.4
-24.5	-0.25	260	2.6	156	0.31	39.9
-25.5	-0.26	270	2.7	158	0.32	40.4
-25.5	-0.26	280	2.8	160	0.32	40.9
-26.0	-0.26	290	2.9	162	0.32	41.4
-26.0	-0.26	300	3.0	164	0.33	41.9
-26.0	-0.26	310	3.1	165	0.33	42.2
-26.0	-0.26	320	3.2	167.5	0.34	42.8
-26.0	-0.26	330	3.3	169	0.34	43.2
-26.0	-0.26	340	3.4	170	0.34	43.5
-26.0	-0.26	350	3.5	172	0.34	44.0
-26.0	-0.26	360	3.6	174	0.35	44.5
-26.5	-0.27	370	3.7	175	0.35	44.7

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



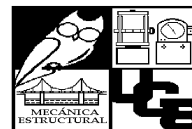
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-26.5	-0.27	380	3.8	176	0.35	45.0
-26.5	-0.27	390	3.9	177	0.35	45.3
-26.5	-0.27	400	4.0	178	0.36	45.5
-26.5	-0.27	410	4.1	179	0.36	45.8
-26.5	-0.27	420	4.2	181	0.36	46.3
-26.5	-0.27	430	4.3	183	0.37	46.8
-26.5	-0.27	440	4.4	184	0.37	47.0
-26.5	-0.27	450	4.5	185	0.37	47.3
-26.5	-0.27	460	4.6	186	0.37	47.6
-26.5	-0.27	470	4.7	188	0.38	48.1
-26.5	-0.27	480	4.8	189	0.38	48.3
-26.5	-0.27	490	4.9	190	0.38	48.6
-26.5	-0.27	500	5.0	191	0.38	48.8
-26.5	-0.27	510	5.1	192.5	0.39	49.2
-26.5	-0.27	520	5.2	193.5	0.39	49.5
-26.0	-0.26	530	5.3	195	0.39	49.9
-25.0	-0.25	540	5.4	196	0.39	50.1
-25.0	-0.25	550	5.5	197.5	0.40	50.5
-25.0	-0.25	560	5.6	197.5	0.40	50.5
-25.0	-0.25	570	5.7	197.5	0.40	50.5
-25.0	-0.25	580	5.8	197.5	0.40	50.5
-25.0	-0.25	590	5.9	198	0.40	50.6
-25.0	-0.25	600	6.0	198	0.40	50.6
-25.0	-0.25	610	6.1	198	0.40	50.6
-24.5	-0.25	620	6.2	198	0.40	50.6
-24.5	-0.25	630	6.3	198.5	0.40	50.8
-24.5	-0.25	640	6.4	198.5	0.40	50.8
-24.5	-0.25	650	6.5	198.5	0.40	50.8
-24.5	-0.25	660	6.6	198.5	0.40	50.8
-24.5	-0.25	670	6.7	198.5	0.40	50.8
-24.5	-0.25	680	6.8	198.5	0.40	50.8
-24.5	-0.25	690	6.9	199	0.40	50.9
-24.0	-0.24	700	7.0	199	0.40	50.9
-23.5	-0.24	710	7.1	199	0.40	50.9
-23.0	-0.23	720	7.2	199	0.40	50.9
-22.5	-0.23	730	7.3	200	0.40	51.1
-22.5	-0.23	740	7.4	202	0.40	51.6
-22.5	-0.23	750	7.5	203	0.41	51.9
-22.5	-0.23	760	7.6	204	0.41	52.2

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.09	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.81	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	11.67 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	13.54 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, SATURADO						
Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-22.5	-0.23	770	7.7	205	0.41	52.4
-22.5	-0.23	780	7.8	207	0.41	52.9
-22.5	-0.23	790	7.9	207	0.41	52.9
-22.0	-0.22	800	8.0	207	0.41	52.9
-21.5	-0.22	810	8.1	207	0.41	52.9
-21.0	-0.21	820	8.2	207	0.41	52.9
-21.0	-0.21	830	8.3	207	0.41	52.9
-21.0	-0.21	840	8.4	207	0.41	52.9
-21.0	-0.21	850	8.5	207	0.41	52.9
-21.0	-0.21	860	8.6	207	0.41	52.9
-21.0	-0.21	870	8.7	207	0.41	52.9
-21.0	-0.21	880	8.8	207	0.41	52.9
-21.0	-0.21	890	8.9	208	0.42	53.2
-20.5	-0.21	900	9.0	208	0.42	53.2
-20.5	-0.21	910	9.1	208	0.42	53.2
-20.5	-0.21	920	9.2	208	0.42	53.2
-20.5	-0.21	930	9.3	208	0.42	53.2
-20.5	-0.21	940	9.4	208	0.42	53.2
-20.0	-0.20	950	9.5	208	0.42	53.2
-20.0	-0.20	960	9.6	209.5	0.42	53.6
-20.0	-0.20	970	9.7	209.5	0.42	53.6
-20.0	-0.20	980	9.8	209.5	0.42	53.6
-20.0	-0.20	990	9.9	210	0.42	53.7
-20.0	-0.20	1000	10.0	210	0.42	53.7
-20.0	-0.20	1010	10.1	210	0.42	53.7
-20.0	-0.20	1020	10.2	211	0.42	53.9
-20.0	-0.20	1030	10.3	211	0.42	53.9
-20.0	-0.20	1040	10.4	211	0.42	53.9

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.6 m	Fecha de ensayo:	26/06/2009

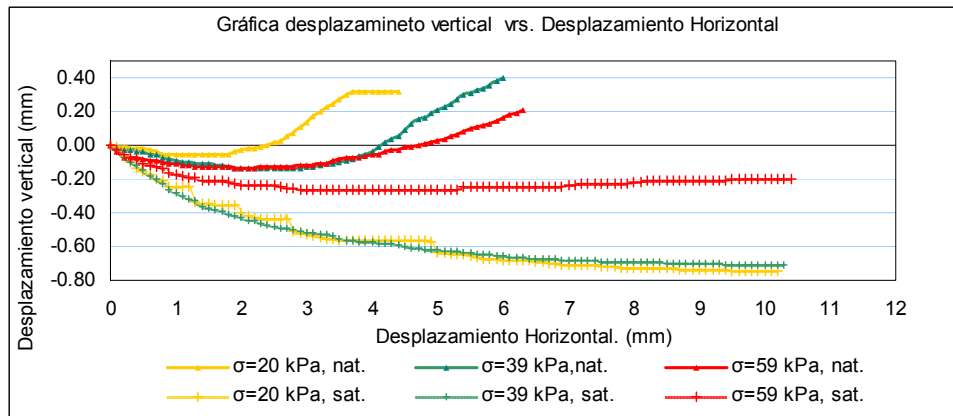
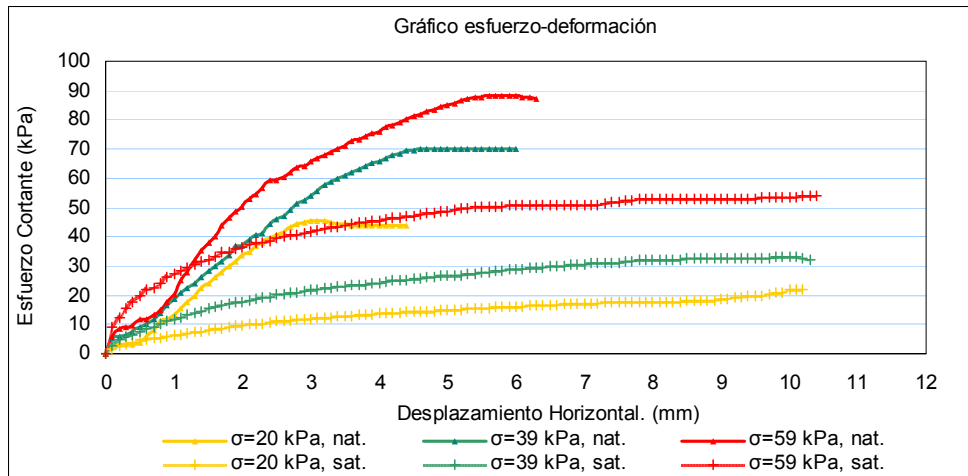


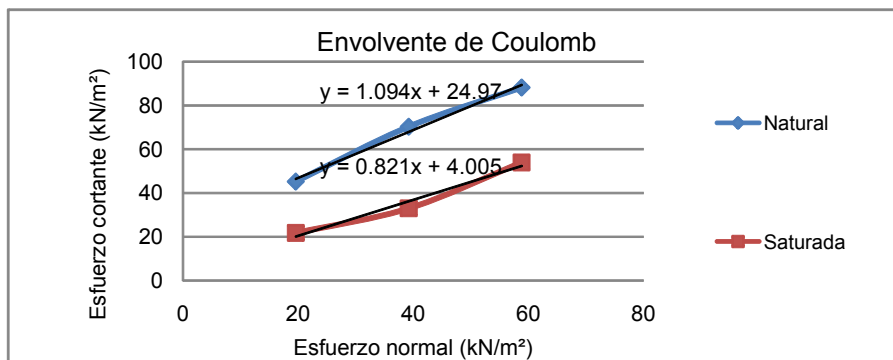




GRAFICO DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM 3080-98

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín,  
a 490m de la residencial Los Almendros.  
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Ignimbrita de la unidad "G". Punto de muestreo 1-B  
 PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 1.6 m Fecha de ensayo: 26/06/2009

ENSAYO	ESFUERZO NORMAL kN/m <sup>2</sup> (σ)	ESFUERZO CORTANTE kN/m <sup>2</sup> (τ)	CONDICIÓN
1	20	45.25	NATURAL
2	39	70.31	NATURAL
3	59	88.21	NATURAL
4	20	21.73	SATURADA
5	39	32.98	SATURADA
6	59	53.95	SATURADA



NATURAL		SATURADO	
ANGULO DE FRICCION	36.8 GRADOS	28.1	GRADOS
COHESION	15.1 kN/m <sup>2</sup>	11.3	kN/m <sup>2</sup>

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Muestra 2-A

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



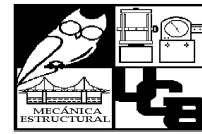
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad ( $\omega$ ): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		y seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	0.0
-2.0	-0.02	10	0.1	13.0	0.03	3.3
-2.2	-0.02	20	0.2	18.0	0.04	4.6
-3.0	-0.03	30	0.3	20.0	0.04	5.1
-3.0	-0.03	40	0.4	20.0	0.04	5.1
-3.0	-0.03	50	0.5	22.0	0.04	5.6
-3.0	-0.03	60	0.6	25.0	0.05	6.4
-3.0	-0.03	70	0.7	29.0	0.06	7.4
-3.0	-0.03	80	0.8	34.0	0.07	8.7
-3.2	-0.03	90	0.9	39.0	0.08	10.0
-3.2	-0.03	100	1.0	45.0	0.09	11.5
-4.0	-0.04	110	1.1	52.0	0.10	13.3
-4.5	-0.05	120	1.2	58.0	0.12	14.8
-5.0	-0.05	130	1.3	64.0	0.13	16.4
-5.5	-0.06	140	1.4	69.0	0.14	17.6
-6.0	-0.06	150	1.5	74.0	0.15	18.9
-6.5	-0.07	160	1.6	78.5	0.16	20.1
-7.1	-0.07	170	1.7	83.0	0.17	21.2
-7.5	-0.08	180	1.8	88.0	0.18	22.5
-8.0	-0.08	190	1.9	93.0	0.19	23.8
-8.2	-0.08	200	2.0	99.0	0.20	25.3
-8.8	-0.09	210	2.1	105.0	0.21	26.8
-9.0	-0.09	220	2.2	110.0	0.22	28.1
-9.0	-0.09	230	2.3	116.0	0.23	29.7
-9.0	-0.09	240	2.4	122.0	0.24	31.2
-9.0	-0.09	250	2.5	127.0	0.25	32.5
-9.0	-0.09	260	2.6	132.0	0.26	33.7
-9.0	-0.09	270	2.7	137.0	0.27	35.0
-9.0	-0.09	280	2.8	141.0	0.28	36.0
-9.0	-0.09	290	2.9	145.0	0.29	37.1
-9.0	-0.09	300	3.0	148.5	0.30	38.0
-8.5	-0.09	310	3.1	151.0	0.30	38.6
-8.5	-0.09	320	3.2	153.0	0.31	39.1

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

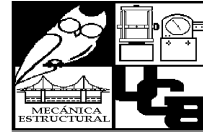
UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		y seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-7.0	-0.07	330	3.3	153.0	0.31	39.1
-6.0	-0.06	340	3.4	153.0	0.31	39.1
-5.0	-0.05	350	3.5	153.0	0.31	39.1
-4.0	-0.04	360	3.6	153.0	0.31	39.1
-2.0	-0.02	370	3.7	153.5	0.31	39.2
-1.0	-0.01	380	3.8	153.5	0.31	39.2
2.0	0.02	390	3.9	153.5	0.31	39.2
7.0	0.07	400	4.0	153.5	0.31	39.2

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



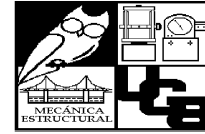
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (w): (%)	20.11	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:	γ seco: 12.46 kN/m <sup>3</sup>				
γ húmedo:	15.01	σ <sub>n</sub>	39	kPa	
Carga Normal:	26	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-1.0	-0.01	10	0.1	25	0.05	6.4
-1.5	-0.02	20	0.2	33	0.07	8.4
-2.0	-0.02	30	0.3	46	0.09	11.8
-2.2	-0.02	40	0.4	60	0.12	15.3
-3.0	-0.03	50	0.5	79	0.16	20.2
-3.0	-0.03	60	0.6	99	0.20	25.3
-3.0	-0.03	70	0.7	123	0.25	31.4
-3.0	-0.03	80	0.8	141	0.28	36.0
-2.0	-0.02	90	0.9	155	0.31	39.6
-1.0	-0.01	100	1.0	166	0.33	42.4
0.0	0.00	110	1.1	173	0.35	44.2
1.0	0.01	120	1.2	183	0.37	46.8
1.5	0.02	130	1.3	189	0.38	48.3
2.0	0.02	140	1.4	195	0.39	49.9
2.0	0.02	150	1.5	201	0.40	51.4
2.8	0.03	160	1.6	205	0.41	52.4
3.2	0.03	170	1.7	210	0.42	53.7
4.0	0.04	180	1.8	214	0.43	54.7
5.0	0.05	190	1.9	217	0.43	55.5
6.0	0.06	200	2.0	221	0.44	56.5
7.0	0.07	210	2.1	224	0.45	57.3

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

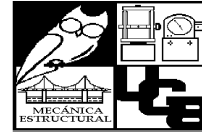
UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
húmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
8.0	0.08	220	2.2	226	0.45	57.8
9.0	0.09	230	2.3	229	0.46	58.5
10.0	0.10	240	2.4	232	0.46	59.3
10.5	0.11	250	2.5	233	0.47	59.6
11.5	0.12	260	2.6	233	0.47	59.6
12.5	0.13	270	2.7	232	0.46	59.3
13.0	0.13	280	2.8	231	0.46	59.1
14.5	0.15	290	2.9	230.5	0.46	58.9
16.0	0.16	300	3.0	230	0.46	58.8
16.8	0.17	310	3.1	230	0.46	58.8
18.0	0.18	320	3.2	230	0.46	58.8
18.0	0.18	330	3.3	230	0.46	58.8

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



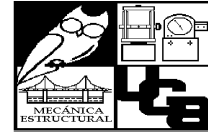
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (w): (%)	20.11	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:		γ seco:	12.46	kN/m <sup>3</sup>	
yhúmedo:	15.01	σ <sub>n</sub>	59	kPa	
Carga Normal:	41	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, NATURAL

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-1.5	-0.02	10	0.1	27	0.05	6.9
-2.0	-0.02	20	0.2	44	0.09	11.2
-3.0	-0.03	30	0.3	47	0.09	12.0
-4.0	-0.04	40	0.4	60	0.12	15.3
-4.5	-0.05	50	0.5	83	0.17	21.1
-5.0	-0.05	60	0.6	94	0.19	24.0
-5.5	-0.06	70	0.7	112	0.22	28.6
-5.5	-0.06	80	0.8	128	0.26	32.7
-5.5	-0.06	90	0.9	145	0.29	37.1
-5.0	-0.05	100	1.0	160	0.32	40.9
-5.0	-0.05	110	1.1	170	0.34	43.5
-5.0	-0.05	120	1.2	180	0.36	46.0
-5.0	-0.05	130	1.3	191	0.38	48.8
-4.5	-0.05	140	1.4	205	0.41	52.4
-4.0	-0.04	150	1.5	208	0.42	53.2
-3.0	-0.03	160	1.6	211	0.42	53.9
-2.5	-0.03	170	1.7	214	0.43	54.7
-1.5	-0.02	180	1.8	225	0.45	57.5
-1.0	-0.01	190	1.9	228	0.46	58.3
-1.0	-0.01	200	2.0	230	0.46	58.8
0.0	0.00	210	2.1	235	0.47	60.1
1.0	0.01	220	2.2	245	0.49	62.6
2.0	0.02	230	2.3	257	0.51	65.7
3.0	0.03	240	2.4	256	0.51	65.5
3.5	0.04	250	2.5	265	0.53	67.8
4.0	0.04	260	2.6	278	0.56	71.1
5.0	0.05	270	2.7	287	0.57	73.4
5.0	0.05	280	2.8	296	0.59	75.7
5.0	0.05	290	2.9	300	0.60	76.7
5.0	0.05	300	3.0	301	0.60	77.0
5.0	0.05	310	3.1	303	0.61	77.5
6.0	0.06	320	3.2	305	0.61	78.0
7.0	0.07	330	3.3	307	0.61	78.5

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

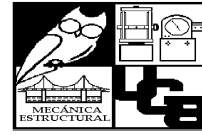
**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
8.0	0.08	340	3.4	308	0.62	78.7
8.5	0.09	350	3.5	309	0.62	79.0
9.0	0.09	360	3.6	311	0.62	79.5
9.5	0.10	370	3.7	312	0.62	79.8
9.5	0.10	380	3.8	313	0.63	80.0
9.5	0.10	390	3.9	315	0.63	80.5
10.0	0.10	400	4.0	316	0.63	80.8
11.0	0.11	410	4.1	317	0.63	81.0
12.5	0.13	420	4.2	320	0.64	81.8
13.5	0.14	430	4.3	321	0.64	82.1
14.0	0.14	440	4.4	322	0.64	82.3
15.0	0.15	450	4.5	325	0.65	83.1
15.0	0.15	460	4.6	324	0.65	82.8
15.0	0.15	470	4.7	323	0.65	82.6
15.0	0.15	480	4.8	322	0.64	82.3
15.0	0.15	490	4.9	321	0.64	82.1
15.0	0.15	500	5.0	321	0.64	82.1

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



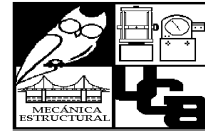
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (ω): (%)	20.11	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:		y seco:	12.46	kN/m <sup>3</sup>	
y húmedo:	15.01	σ <sub>n</sub>	20	kPa	
Carga Normal:	10	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	0.0
-3.0	-0.03	10	0.1	8.0	0.02	2.0
-6.0	-0.06	20	0.2	12.0	0.02	3.1
-6.0	-0.06	30	0.3	15.0	0.03	3.8
-6.0	-0.06	40	0.4	17.0	0.03	4.3
-13.0	-0.13	50	0.5	19.0	0.04	4.9
-16.0	-0.16	60	0.6	21.0	0.04	5.4
-20.0	-0.20	70	0.7	23.5	0.05	6.0
-20.5	-0.21	80	0.8	25.0	0.05	6.4
-23.0	-0.23	90	0.9	26.0	0.05	6.6
-25.0	-0.25	100	1.0	28.0	0.06	7.2
-25.5	-0.26	110	1.1	28.5	0.06	7.3
-30.0	-0.30	120	1.2	30.0	0.06	7.7
-33.0	-0.33	130	1.3	31.0	0.06	7.9
-34.0	-0.34	140	1.4	32.0	0.06	8.2
-36.0	-0.36	150	1.5	33.0	0.07	8.4
-38.0	-0.38	160	1.6	34.0	0.07	8.7
-39.0	-0.39	170	1.7	35.0	0.07	8.9
-41.0	-0.41	180	1.8	36.0	0.07	9.2
-45.0	-0.45	190	1.9	36.5	0.07	9.3
-46.0	-0.46	200	2.0	38.0	0.08	9.7
-48.0	-0.48	210	2.1	39.0	0.08	10.0
-52.0	-0.52	220	2.2	39.0	0.08	10.0
-53.0	-0.53	230	2.3	40.0	0.08	10.2
-55.0	-0.55	240	2.4	41.0	0.08	10.5
-56.0	-0.56	250	2.5	42.0	0.08	10.7
-57.0	-0.57	260	2.6	43.0	0.09	11.0
-57.0	-0.57	270	2.7	43.0	0.09	11.0
-57.0	-0.57	280	2.8	44.0	0.09	11.2
-58.0	-0.58	290	2.9	45.0	0.09	11.5
-60.0	-0.60	300	3.0	45.5	0.09	11.6
-60.0	-0.60	310	3.1	46.0	0.09	11.8
-61.0	-0.61	320	3.2	46.5	0.09	11.9
-62.0	-0.62	330	3.3	47.0	0.09	12.0
-63.0	-0.63	340	3.4	48.0	0.10	12.3
-64.0	-0.64	350	3.5	48.0	0.10	12.3

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



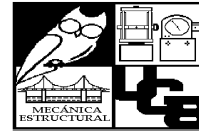
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad ( $\omega$ ): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		y seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-65.0	-0.65	360	3.6	49.0	0.10	12.5
-65.5	-0.66	370	3.7	49.0	0.10	12.5
-66.0	-0.66	380	3.8	50.0	0.10	12.8
-67.0	-0.67	390	3.9	50.0	0.10	12.8
-67.0	-0.67	400	4.0	50.0	0.10	12.8
-69.0	-0.69	410	4.1	51.0	0.10	13.0
-69.0	-0.69	420	4.2	51.0	0.10	13.0
-70.0	-0.70	430	4.3	51.0	0.10	13.0
-71.0	-0.71	440	4.4	52.0	0.10	13.3
-71.0	-0.71	450	4.5	52.0	0.10	13.3
-72.0	-0.72	460	4.6	52.0	0.10	13.3
-72.0	-0.72	470	4.7	52.0	0.10	13.3
-72.5	-0.73	480	4.8	53.0	0.11	13.6
-73.0	-0.73	490	4.9	53.0	0.11	13.6
-73.0	-0.73	500	5.0	53.0	0.11	13.6
-74.0	-0.74	510	5.1	53.5	0.11	13.7
-74.0	-0.74	520	5.2	53.5	0.11	13.7
-74.5	-0.75	530	5.3	53.5	0.11	13.7
-75.0	-0.75	540	5.4	54.0	0.11	13.8
-75.0	-0.75	550	5.5	54.0	0.11	13.8
-75.0	-0.75	560	5.6	54.0	0.11	13.8
-75.0	-0.75	570	5.7	54.0	0.11	13.8
-75.0	-0.75	580	5.8	54.0	0.11	13.8
-75.0	-0.75	590	5.9	54.0	0.11	13.8
-75.0	-0.75	600	6.0	54.0	0.11	13.8
-75.0	-0.75	610	6.1	54.0	0.11	13.8
-80.0	-0.80	620	6.2	54.0	0.11	13.8
-80.0	-0.80	630	6.3	54.5	0.11	13.9
-81.0	-0.81	640	6.4	54.5	0.11	13.9
-81.0	-0.81	650	6.5	54.5	0.11	13.9
-82.0	-0.82	660	6.6	54.5	0.11	13.9
-82.0	-0.82	670	6.7	54.5	0.11	13.9
-82.5	-0.83	680	6.8	54.5	0.11	13.9
-82.5	-0.83	690	6.9	55.0	0.11	14.1
-83.0	-0.83	700	7.0	55.0	0.11	14.1
-83.5	-0.84	710	7.1	55.0	0.11	14.1

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (ω): (%)	20.11	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:	y seco:		12.46	kN/m <sup>3</sup>	
y húmedo:	15.01	σ <sub>n</sub>	20	kPa	
Carga Normal:	10	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-84.0	-0.84	720	7.2	55.0	0.11	14.1
-84.0	-0.84	730	7.3	55.0	0.11	14.1
-84.0	-0.84	740	7.4	55.0	0.11	14.1
-85.0	-0.85	750	7.5	55.0	0.11	14.1
-85.0	-0.85	760	7.6	56.0	0.11	14.3
-85.0	-0.85	770	7.7	56.0	0.11	14.3
-85.5	-0.86	780	7.8	56.0	0.11	14.3
-86.0	-0.86	790	7.9	56.0	0.11	14.3
-86.0	-0.86	800	8.0	56.0	0.11	14.3
-87.0	-0.87	810	8.1	56.0	0.11	14.3
-87.0	-0.87	820	8.2	56.0	0.11	14.3
-87.0	-0.87	830	8.3	56.0	0.11	14.3
-87.0	-0.87	840	8.4	56.0	0.11	14.3
-88.0	-0.88	850	8.5	56.0	0.11	14.3
-88.0	-0.88	860	8.6	56.0	0.11	14.3
-88.0	-0.88	870	8.7	56.0	0.11	14.3
-89.0	-0.89	880	8.8	56.0	0.11	14.3
-89.0	-0.89	890	8.9	56.0	0.11	14.3
-90.0	-0.90	900	9.0	56.0	0.11	14.3
-90.0	-0.90	910	9.1	56.0	0.11	14.3
-90.0	-0.90	920	9.2	56.0	0.11	14.3
-90.0	-0.90	930	9.3	56.0	0.11	14.3
-90.0	-0.90	940	9.4	56.5	0.11	14.4
-90.0	-0.90	950	9.5	56.5	0.11	14.4
-90.0	-0.90	960	9.6	56.5	0.11	14.4
-90.0	-0.90	970	9.7	56.5	0.11	14.4
-90.0	-0.90	980	9.8	56.5	0.11	14.4
-91.0	-0.91	990	9.9	56.5	0.11	14.4
-91.0	-0.91	1000	10.0	56.5	0.11	14.4
-91.0	-0.91	1010	10.1	56.5	0.11	14.4
-91.0	-0.91	1020	10.2	56.5	0.11	14.4
-91.0	-0.91	1030	10.3	56.5	0.11	14.4

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



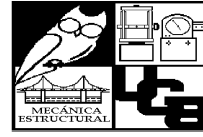
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
húmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	0.0
-4.0	-0.04	10	0.1	20.0	0.04	5.1
-8.0	-0.08	20	0.2	26.0	0.05	6.6
-12.0	-0.12	30	0.3	30.0	0.06	7.7
-17.0	-0.17	40	0.4	33.0	0.07	8.4
-20.0	-0.20	50	0.5	42.0	0.08	10.7
-23.0	-0.23	60	0.6	45.0	0.09	11.5
-30.0	-0.30	70	0.7	48.0	0.10	12.3
-30.0	-0.30	80	0.8	48.0	0.10	12.3
-31.9	-0.32	90	0.9	48.0	0.10	12.3
-33.0	-0.33	100	1.0	50.0	0.10	12.8
-34.0	-0.34	110	1.1	51.0	0.10	13.0
-37.0	-0.37	120	1.2	52.0	0.10	13.3
-40.0	-0.40	130	1.3	53.0	0.11	13.6
-41.5	-0.42	140	1.4	56.0	0.11	14.3
-43.0	-0.43	150	1.5	57.5	0.12	14.7
-45.0	-0.45	160	1.6	59.0	0.12	15.1
-47.0	-0.47	170	1.7	60.0	0.12	15.3
-49.0	-0.49	180	1.8	61.0	0.12	15.6
-51.0	-0.51	190	1.9	62.0	0.12	15.9
-53.0	-0.53	200	2.0	62.5	0.13	16.0
-54.0	-0.54	210	2.1	64.0	0.13	16.4
-56.0	-0.56	220	2.2	64.5	0.13	16.5
-57.0	-0.57	230	2.3	65.0	0.13	16.6
-58.0	-0.58	240	2.4	66.0	0.13	16.9
-58.5	-0.59	250	2.5	67.0	0.13	17.1
-58.5	-0.59	260	2.6	68.0	0.14	17.4
-61.0	-0.61	270	2.7	69.0	0.14	17.6
-62.0	-0.62	280	2.8	70.0	0.14	17.9
-64.0	-0.64	290	2.9	70.0	0.14	17.9
-66.0	-0.66	300	3.0	71.0	0.14	18.2
-67.0	-0.67	310	3.1	71.0	0.14	18.2
-68.0	-0.68	320	3.2	72.0	0.14	18.4
-68.0	-0.68	330	3.3	72.5	0.15	18.5

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (w): (%)	20.11	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:			γ seco:	12.46	kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	15.01	kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	39	kPa
Carga Normal:	26	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-70.5	-0.71	340	3.4	73.0	0.15	18.7
-72.0	-0.72	350	3.5	74.0	0.15	18.9
-73.0	-0.73	360	3.6	75.0	0.15	19.2
-75.0	-0.75	370	3.7	76.0	0.15	19.4
-76.0	-0.76	380	3.8	76.0	0.15	19.4
-77.0	-0.77	390	3.9	76.0	0.15	19.4
-78.0	-0.78	400	4.0	77.0	0.15	19.7
-79.0	-0.79	410	4.1	77.6	0.16	19.8
-80.5	-0.81	420	4.2	78.0	0.16	19.9
-81.0	-0.81	430	4.3	79.0	0.16	20.2
-82.0	-0.82	440	4.4	79.0	0.16	20.2
-83.0	-0.83	450	4.5	79.5	0.16	20.3
-84.0	-0.84	460	4.6	80.0	0.16	20.5
-86.0	-0.86	470	4.7	81.0	0.16	20.7
-87.0	-0.87	480	4.8	81.0	0.16	20.7
-87.0	-0.87	490	4.9	82.0	0.16	21.0
-88.0	-0.88	500	5.0	82.0	0.16	21.0
-89.0	-0.89	510	5.1	82.5	0.17	21.1
-89.5	-0.90	520	5.2	83.0	0.17	21.2
-90.0	-0.90	530	5.3	84.0	0.17	21.5
-90.5	-0.91	540	5.4	84.0	0.17	21.5
-91.0	-0.91	550	5.5	84.0	0.17	21.5
-92.0	-0.92	560	5.6	85.0	0.17	21.7
-93.0	-0.93	570	5.7	85.0	0.17	21.7
-94.0	-0.94	580	5.8	85.0	0.17	21.7
-94.5	-0.95	590	5.9	85.0	0.17	21.7
-95.5	-0.96	600	6.0	85.5	0.17	21.9
-96.0	-0.96	610	6.1	86.0	0.17	22.0
-96.5	-0.97	620	6.2	86.0	0.17	22.0
-97.0	-0.97	630	6.3	86.0	0.17	22.0
-97.5	-0.98	640	6.4	86.5	0.17	22.1
-98.0	-0.98	650	6.5	86.5	0.17	22.1
-99.0	-0.99	660	6.6	87.0	0.17	22.2
-100.0	-1.00	670	6.7	87.0	0.17	22.2

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



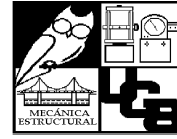
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
húmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-101.0	-1.01	680	6.8	87.5	0.18	22.4
-101.0	-1.01	690	6.9	88.0	0.18	22.5
-102.0	-1.02	700	7.0	88.0	0.18	22.5
-102.0	-1.02	710	7.1	88.0	0.18	22.5
-102.5	-1.03	720	7.2	88.0	0.18	22.5
-103.0	-1.03	730	7.3	88.0	0.18	22.5
-104.0	-1.04	740	7.4	88.0	0.18	22.5
-105.0	-1.05	750	7.5	89.0	0.18	22.8
-106.0	-1.06	760	7.6	89.0	0.18	22.8
-106.0	-1.06	770	7.7	89.0	0.18	22.8
-107.0	-1.07	780	7.8	89.5	0.18	22.9
-108.0	-1.08	790	7.9	90.0	0.18	23.0
-108.0	-1.08	800	8.0	90.0	0.18	23.0
-109.0	-1.09	810	8.1	90.5	0.18	23.1
-109.5	-1.10	820	8.2	91.0	0.18	23.3
-110.0	-1.10	830	8.3	91.0	0.18	23.3
-110.5	-1.11	840	8.4	91.0	0.18	23.3
-111.0	-1.11	850	8.5	91.5	0.18	23.4
-111.5	-1.12	860	8.6	92.0	0.18	23.5
-112.5	-1.13	870	8.7	92.0	0.18	23.5
-113.0	-1.13	880	8.8	92.5	0.19	23.6
-113.5	-1.14	890	8.9	92.5	0.19	23.6
-114.0	-1.14	900	9.0	92.5	0.19	23.6
-114.0	-1.14	910	9.1	93.0	0.19	23.8
-115.0	-1.15	920	9.2	93.0	0.19	23.8
-116.0	-1.16	930	9.3	93.0	0.19	23.8
-116.0	-1.16	940	9.4	93.0	0.19	23.8
-116.5	-1.17	950	9.5	94.0	0.19	24.0
-117.0	-1.17	960	9.6	94.0	0.19	24.0
-117.0	-1.17	970	9.7	94.0	0.19	24.0
-118.0	-1.18	980	9.8	94.5	0.19	24.2
-119.0	-1.19	990	9.9	95.0	0.19	24.3
-119.0	-1.19	1000	10.0	95.0	0.19	24.3
-119.0	-1.19	1010	10.1	95.0	0.19	24.3
-119.0	-1.19	1020	10.2	95.5	0.19	24.4
-119.0	-1.19	1030	10.3	96.0	0.19	24.5

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



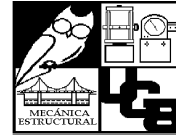
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0.0	0.00	0.0
-10.0	-0.10	10	0.1	10.0	0.02	2.6
-13.0	-0.13	20	0.2	22.0	0.04	5.6
-18.5	-0.19	30	0.3	30.0	0.06	7.7
-22.0	-0.22	40	0.4	35.0	0.07	8.9
-26.0	-0.26	50	0.5	45.0	0.09	11.5
-30.0	-0.30	60	0.6	46.0	0.09	11.8
-33.0	-0.33	70	0.7	48.0	0.10	12.3
-34.0	-0.34	80	0.8	50.0	0.10	12.8
-38.0	-0.38	90	0.9	53.0	0.11	13.6
-40.0	-0.40	100	1.0	58.0	0.12	14.8
-43.0	-0.43	110	1.1	60.0	0.12	15.3
-46.0	-0.46	120	1.2	64.0	0.13	16.4
-51.0	-0.51	130	1.3	68.0	0.14	17.4
-52.5	-0.53	140	1.4	73.0	0.15	18.7
-55.0	-0.55	150	1.5	75.0	0.15	19.2
-57.0	-0.57	160	1.6	78.0	0.16	19.9
-59.0	-0.59	170	1.7	80.0	0.16	20.5
-71.0	-0.71	180	1.8	83.0	0.17	21.2
-74.0	-0.74	190	1.9	86.0	0.17	22.0
-75.0	-0.75	200	2.0	89.0	0.18	22.8
-78.0	-0.78	210	2.1	92.0	0.18	23.5
-80.0	-0.80	220	2.2	93.0	0.19	23.8
-81.0	-0.81	230	2.3	95.0	0.19	24.3
-82.0	-0.82	240	2.4	97.0	0.19	24.8
-83.0	-0.83	250	2.5	100.0	0.20	25.6
-84.0	-0.84	260	2.6	102.0	0.20	26.1
-86.0	-0.86	270	2.7	104.0	0.21	26.6
-87.0	-0.87	280	2.8	105.0	0.21	26.8
-87.5	-0.88	290	2.9	110.0	0.22	28.1
-89.0	-0.89	300	3.0	111.0	0.22	28.4
-90.0	-0.90	310	3.1	112.0	0.22	28.6
-90.5	-0.91	320	3.2	114.0	0.23	29.1
-91.0	-0.91	330	3.3	114.0	0.23	29.1
-92.0	-0.92	340	3.4	116.0	0.23	29.7

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

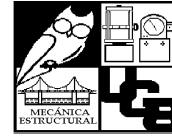
UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-93.0	-0.93	350	3.5	116.0	0.23	29.7
-93.5	-0.94	360	3.6	117.0	0.23	29.9
-93.5	-0.94	370	3.7	118.0	0.24	30.2
-95.0	-0.95	380	3.8	119.0	0.24	30.4
-96.0	-0.96	390	3.9	120.0	0.24	30.7
-96.5	-0.97	400	4.0	120.0	0.24	30.7
-97.5	-0.98	410	4.1	120.5	0.24	30.8
-99.0	-0.99	420	4.2	121.0	0.24	30.9
-99.5	-1.00	430	4.3	121.5	0.24	31.1
-100.0	-1.00	440	4.4	122.0	0.24	31.2
-100.4	-1.00	450	4.5	122.5	0.25	31.3
-101.0	-1.01	460	4.6	123.0	0.25	31.4
-102.0	-1.02	470	4.7	123.0	0.25	31.4
-102.5	-1.03	480	4.8	123.0	0.25	31.4
-103.0	-1.03	490	4.9	124.0	0.25	31.7
-104.0	-1.04	500	5.0	124.0	0.25	31.7
-104.5	-1.05	510	5.1	125.0	0.25	32.0
-105.5	-1.06	520	5.2	125.0	0.25	32.0
-105.5	-1.06	530	5.3	125.0	0.25	32.0
-106.0	-1.06	540	5.4	126.0	0.25	32.2
-106.5	-1.07	550	5.5	126.0	0.25	32.2
-107.0	-1.07	560	5.6	126.0	0.25	32.2
-108.0	-1.08	570	5.7	126.0	0.25	32.2
-109.0	-1.09	580	5.8	127.0	0.25	32.5
-109.5	-1.10	590	5.9	127.5	0.26	32.6
-110.0	-1.10	600	6.0	127.5	0.26	32.6
-110.0	-1.10	610	6.1	128.0	0.26	32.7
-110.0	-1.10	620	6.2	128.5	0.26	32.9
-110.5	-1.11	630	6.3	128.5	0.26	32.9
-111.0	-1.11	640	6.4	128.5	0.26	32.9
-111.0	-1.11	650	6.5	129.0	0.26	33.0
-112.0	-1.12	660	6.6	129.0	0.26	33.0
-112.5	-1.13	670	6.7	129.0	0.26	33.0
-113.0	-1.13	680	6.8	129.5	0.26	33.1
-113.2	-1.13	690	6.9	129.5	0.26	33.1
-113.5	-1.14	700	7.0	129.5	0.26	33.1
-114.0	-1.14	710	7.1	130.0	0.26	33.2



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

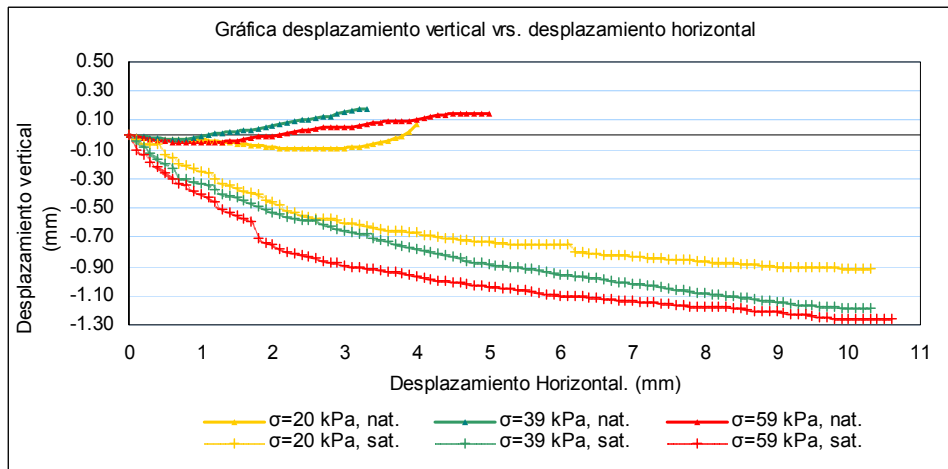
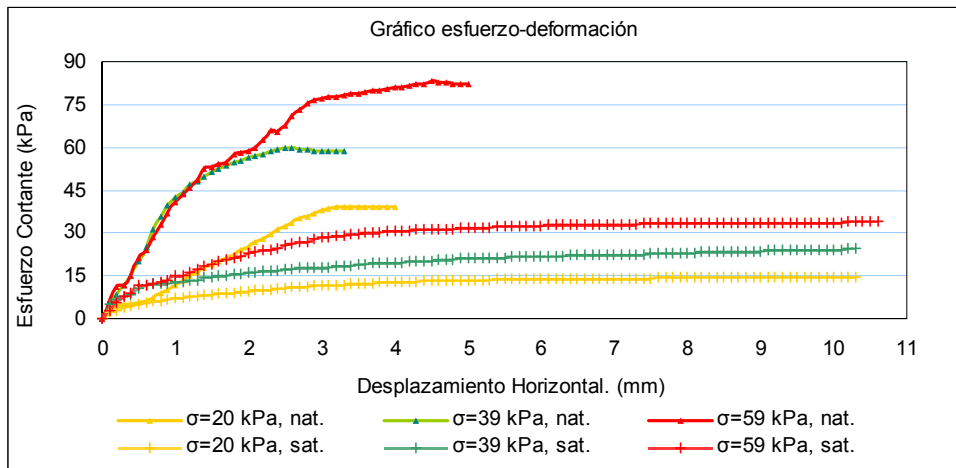
UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo:	22/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diametro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	66.03	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	8.87	Area:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	20.11	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		y seco:	12.46 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	15.01 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, SATURADO**

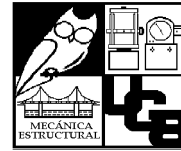
Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-114.0	-1.14	720	7.2	130.0	0.26	33.2
-114.2	-1.14	730	7.3	130.0	0.26	33.2
-115.0	-1.15	740	7.4	130.1	0.26	33.3
-115.5	-1.16	750	7.5	130.1	0.26	33.3
-116.0	-1.16	760	7.6	130.5	0.26	33.4
-116.5	-1.17	770	7.7	130.5	0.26	33.4
-117.0	-1.17	780	7.8	130.5	0.26	33.4
-117.0	-1.17	790	7.9	131.0	0.26	33.5
-117.0	-1.17	800	8.0	131.0	0.26	33.5
-117.5	-1.18	810	8.1	131.0	0.26	33.5
-117.5	-1.18	820	8.2	131.0	0.26	33.5
-118.0	-1.18	830	8.3	131.0	0.26	33.5
-118.5	-1.19	840	8.4	131.0	0.26	33.5
-119.0	-1.19	850	8.5	131.0	0.26	33.5
-120.0	-1.20	860	8.6	131.0	0.26	33.5
-121.0	-1.21	870	8.7	131.0	0.26	33.5
-121.0	-1.21	880	8.8	131.0	0.26	33.5
-121.0	-1.21	890	8.9	131.0	0.26	33.5
-121.0	-1.21	900	9.0	131.0	0.26	33.5
-122.0	-1.22	910	9.1	131.0	0.26	33.5
-122.5	-1.23	920	9.2	131.0	0.26	33.5
-123.0	-1.23	930	9.3	131.0	0.26	33.5
-123.0	-1.23	940	9.4	131.0	0.26	33.5
-124.0	-1.24	950	9.5	131.0	0.26	33.5
-124.5	-1.25	960	9.6	131.0	0.26	33.5
-125.0	-1.25	970	9.7	131.0	0.26	33.5
-125.5	-1.26	980	9.8	131.5	0.26	33.6
-125.5	-1.26	990	9.9	132.0	0.26	33.7
-125.5	-1.26	1000	10.0	132.0	0.26	33.7
-125.5	-1.26	1010	10.1	132.0	0.26	33.7
-125.5	-1.26	1020	10.2	132.5	0.27	33.9
-125.5	-1.26	1030	10.3	133.5	0.27	34.1
-125.5	-1.26	1040	10.4	133.5	0.27	34.1
-125.5	-1.26	1050	10.5	134.0	0.27	34.3
-125.5	-1.26	1060	10.6	134.0	0.27	34.3

Observaciones: \_\_\_\_\_

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A	
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2 m	Fecha del ensayo: 22/06/2009



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**GRÁFICO DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM 3080-98**

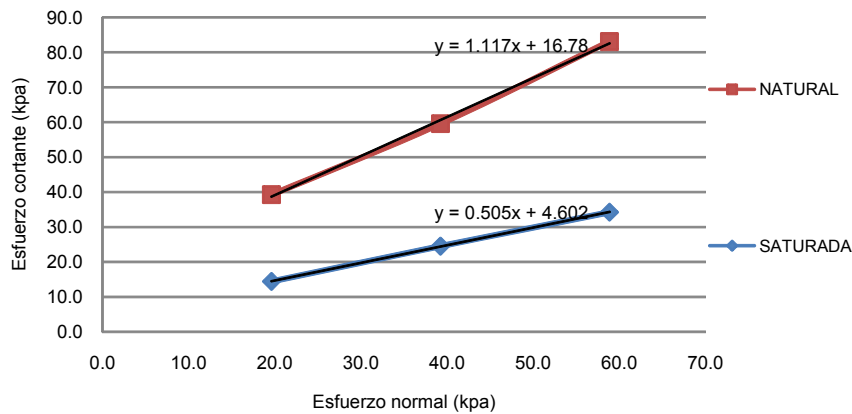
**UBICACIÓN** San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** Coignimbrita de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2-A

**PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:** 2 m **Fecha del ensayo:** 22/06/2009

ENSAYO	ESFUERZO NORMAL kN/m <sup>2</sup> (σ)	ESFUERZO CORTANTE kN/m <sup>2</sup> (τ)	CONDICIÓN
1	20	39.25	NATURA
2	39	59.57	NATURA
3	59	83.09	NATURA
4	20	14.45	SATURADO
5	39	24.54	SATURADO
6	58	34.26	SATURADO

Envolvente de Coulomb

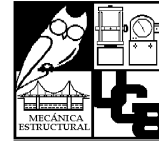


NATURAL		SATURADO	
ANGULO DE FRICCIÓN	48.3	GRADOS	26.8
COHESION	16.8	kN/m <sup>2</sup>	4.6
			kN/m <sup>2</sup>

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Muestra 2-B

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

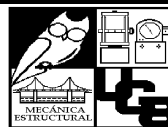
UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:	19/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.15	Volumen:	233.9 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.73 kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:	15.89 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-0.5	-0.01	10	0.1	6	0.01	1.5
-0.8	-0.01	20	0.2	12	0.02	3.1
-1.0	-0.01	30	0.3	13	0.03	3.3
-1.0	-0.01	40	0.4	14	0.03	3.6
-1.0	-0.01	50	0.5	16	0.03	4.1
-1.0	-0.01	60	0.6	22	0.04	5.6
-1.0	-0.01	70	0.7	32	0.06	8.2
-1.0	-0.01	80	0.8	46	0.09	11.8
-0.5	-0.01	90	0.9	64	0.13	16.4
0.0	0.00	100	1.0	81	0.16	20.7
0.2	0.00	110	1.1	97	0.19	24.8
3.0	0.03	120	1.2	115	0.23	29.4
4.0	0.04	130	1.3	130	0.26	33.2
5.0	0.05	140	1.4	146	0.29	37.3
6.0	0.06	150	1.5	160	0.32	40.9
8.0	0.08	160	1.6	187	0.37	47.8
9.0	0.09	170	1.7	197	0.39	50.4
9.5	0.10	180	1.8	207	0.41	52.9
11.0	0.11	190	1.9	217	0.43	55.5
12.0	0.12	200	2.0	222	0.44	56.8
13.0	0.13	210	2.1	230	0.46	58.8
14.0	0.14	220	2.2	237	0.47	60.6
17.0	0.17	230	2.3	246	0.49	62.9
18.0	0.18	240	2.4	252	0.50	64.4
18.0	0.18	250	2.5	255	0.51	65.2
18.0	0.18	260	2.6	257	0.51	65.7
18.0	0.18	270	2.7	251	0.50	64.2
18.0	0.18	280	2.8	247	0.49	63.2
18.0	0.18	290	2.9	246	0.49	62.9

Observaciones: \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B					
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m			Fecha del ensayo: 19/06/2009		
Datos de densidad de la muestra						
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98	cm		
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88	cm		
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>		
Contenido de humedad (w): (%)	15.15	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>		
Densidad de la muestra:				γ seco:	13.73	kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	15.89	kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	39	kPa	
Carga Normal:	26		kg			
Velocidad de carga:	0.15		mm/min			

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kN/m <sup>2</sup> )
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-0.5	-0.01	10	0.1	10	0.02	2.6
-2.0	-0.02	20	0.2	24	0.05	6.1
-3.0	-0.03	30	0.3	36	0.07	9.2
-3.5	-0.04	40	0.4	45	0.09	11.5
-4.0	-0.04	50	0.5	49	0.10	12.5
-5.0	-0.05	60	0.6	56	0.11	14.3
-6.0	-0.06	70	0.7	70	0.14	17.9
-6.1	-0.06	80	0.8	81	0.16	20.7
-6.5	-0.07	90	0.9	94	0.19	24.0
-6.5	-0.07	100	1.0	105	0.21	26.8
-6.6	-0.07	110	1.1	120	0.24	30.7
-6.6	-0.07	120	1.2	135	0.27	34.5
-6.6	-0.07	130	1.3	149	0.30	38.1
-6.6	-0.07	140	1.4	163	0.33	41.7
-6.6	-0.07	150	1.5	172	0.34	44.0
-5.0	-0.05	160	1.6	192	0.38	49.1
-4.0	-0.04	170	1.7	204	0.41	52.2
-3.0	-0.03	180	1.8	219	0.44	56.0
-2.0	-0.02	190	1.9	231	0.46	59.1
-1.0	-0.01	200	2.0	244	0.49	62.4
0.0	0.00	210	2.1	259	0.52	66.2
2.0	0.02	220	2.2	275	0.55	70.3
3.0	0.03	230	2.3	287	0.57	73.4
4.0	0.04	240	2.4	302	0.60	77.2
4.5	0.05	250	2.5	312	0.62	79.8
5.0	0.05	260	2.6	323	0.65	82.6
6.0	0.06	270	2.7	333	0.67	85.1
9.0	0.09	280	2.8	344	0.69	88.0
12.0	0.12	290	2.9	354	0.71	90.5
16.0	0.16	300	3.0	362	0.72	92.6
20.0	0.20	310	3.1	364	0.73	93.1
20.0	0.20	320	3.2	368	0.74	94.1
20.0	0.20	330	3.3	374	0.75	95.6
40.0	0.40	340	3.4	372	0.74	95.1

Observaciones:

---

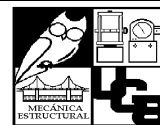


---



---

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:	19/06/09
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	15.15	Volumen:	233.9 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.73 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	15.89 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-1.0	-0.01	10	0.1	6	0.01	1.5
-2.0	-0.02	20	0.2	25	0.05	6.4
-3.0	-0.03	30	0.3	28	0.06	7.2
-3.5	-0.04	40	0.4	28	0.06	7.2
-4.5	-0.05	50	0.5	33	0.07	8.4
-4.5	-0.05	60	0.6	38	0.08	9.7
-4.5	-0.05	70	0.7	46	0.09	11.8
-5.0	-0.05	80	0.8	63	0.13	16.1
-2.0	-0.02	90	0.9	78	0.16	19.9
1.0	0.01	100	1.0	93	0.19	23.8
2.0	0.02	110	1.1	106	0.21	27.1
2.0	0.02	120	1.2	120	0.24	30.7
2.0	0.02	130	1.3	132	0.26	33.7
2.0	0.02	140	1.4	143	0.29	36.6
2.0	0.02	150	1.5	154	0.31	39.4
2.5	0.03	160	1.6	163	0.33	41.7
3.0	0.03	170	1.7	176	0.35	45.0
4.0	0.04	180	1.8	189	0.38	48.3
4.2	0.04	190	1.9	200	0.40	51.1
4.3	0.04	200	2.0	210	0.42	53.7
4.5	0.05	210	2.1	220	0.44	56.2
5.0	0.05	220	2.2	229	0.46	58.5
5.0	0.05	230	2.3	240	0.48	61.4
5.1	0.05	240	2.4	252	0.50	64.4
6.0	0.06	250	2.5	268	0.54	68.5
7.0	0.07	260	2.6	299	0.60	76.4
8.0	0.08	270	2.7	311	0.62	79.5
9.0	0.09	280	2.8	331	0.66	84.6
10.0	0.10	290	2.9	346	0.69	88.5
11.0	0.11	300	3.0	365	0.73	93.3
12.0	0.12	310	3.1	380	0.76	97.2
13.0	0.13	320	3.2	399	0.80	102.0
14.0	0.14	330	3.3	412	0.82	105.3
15.0	0.15	340	3.4	435	0.87	111.2
16.0	0.16	350	3.5	445	0.89	113.8
17.0	0.17	360	3.6	456	0.91	116.6
18.0	0.18	370	3.7	453	0.91	115.8
19.0	0.19	380	3.8	451	0.90	115.3
20.0	0.20	390	3.9	451	0.90	115.3
21.0	0.21	400	4.0	451	0.90	115.3

Observaciones:

---

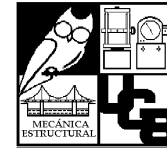


---



---

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



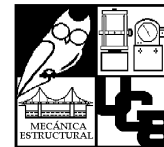
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Igneimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B					
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:	19/06/09			
Datos de densidad de la muestra						
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98	cm		
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88	cm		
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>		
Contenido de humedad (ω): (%)	15.15	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>		
Densidad de la muestra:		y seco:		13.73 kN/m <sup>3</sup>		
	húmedo:	15.89	kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	20 kPa	
Carga Normal:	10		kg			
Velocidad de carga:	0.15		mm/min			

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADA**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-6.0	-0.06	10	0.1	4	0.01	1.0
-10.0	-0.10	20	0.2	12	0.02	3.1
-16.0	-0.16	30	0.3	14	0.03	3.6
-20.0	-0.20	40	0.4	14	0.03	3.6
-25.0	-0.25	50	0.5	17	0.03	4.3
-35.0	-0.35	60	0.6	20	0.04	5.1
-43.0	-0.43	70	0.7	22	0.04	5.6
-49.0	-0.49	80	0.8	25	0.05	6.4
-53.0	-0.53	90	0.9	27	0.05	6.9
-54.0	-0.54	100	1.0	30	0.06	7.7
-55.0	-0.55	110	1.1	31	0.06	7.9
-55.0	-0.55	120	1.2	33	0.07	8.4
-54.0	-0.54	130	1.3	35	0.07	8.9
-54.0	-0.54	140	1.4	38	0.08	9.7
-54.0	-0.54	150	1.5	41	0.08	10.5
-54.0	-0.54	160	1.6	43	0.09	11.0
-54.0	-0.54	170	1.7	45	0.09	11.5
-54.0	-0.54	180	1.8	48	0.10	12.3
-54.0	-0.54	190	1.9	49	0.10	12.5
-54.0	-0.54	200	2.0	51	0.10	13.0
-54.0	-0.54	210	2.1	54	0.11	13.8
-54.0	-0.54	220	2.2	56	0.11	14.3
-54.0	-0.54	230	2.3	58	0.12	14.8
-54.0	-0.54	240	2.4	60	0.12	15.3
-54.0	-0.54	250	2.5	63	0.13	16.1
-54.0	-0.54	260	2.6	65	0.13	16.6
-54.0	-0.54	270	2.7	67	0.13	17.1

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:	19/06/09
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.15	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.73 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	15.89 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, SATURADA**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-54.0	-0.54	280	2.8	69	0.14	17.6
-54.0	-0.54	290	2.9	71	0.14	18.2
-54.0	-0.54	300	3.0	73	0.15	18.7
-54.0	-0.54	310	3.1	75	0.15	19.2
-54.0	-0.54	320	3.2	77	0.15	19.7
-54.0	-0.54	330	3.3	78	0.16	19.9
-54.0	-0.54	340	3.4	80	0.16	20.5
-54.0	-0.54	350	3.5	83	0.17	21.2
-54.0	-0.54	360	3.6	84	0.17	21.5
-53.0	-0.53	370	3.7	85	0.17	21.7
-52.0	-0.52	380	3.8	85	0.17	21.7
-51.0	-0.51	390	3.9	85	0.17	21.7
-50.0	-0.50	400	4.0	85	0.17	21.7
-49.5	-0.50	410	4.1	85	0.17	21.7
-49.5	-0.50	420	4.2	85	0.17	21.7
-49.5	-0.50	430	4.3	85	0.17	21.7
-49.5	-0.50	440	4.4	82	0.16	21.0
-49.5	-0.50	450	4.5	82	0.16	21.0
-49.5	-0.50	460	4.6	81	0.16	20.7
-49.5	-0.50	470	4.7	81	0.16	20.7
-49.5	-0.50	480	4.8	81	0.16	20.7

Observaciones:

---



---



---



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



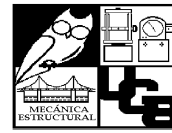
ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:	19/06/09
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	15.15	Volumen:	233.9 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.73 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	15.89 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-8.0	-0.08	10	0.1	17	0.03	4.3
-13.0	-0.13	20	0.2	26	0.05	6.6
-16.0	-0.16	30	0.3	34	0.07	8.7
-18.0	-0.18	40	0.4	36	0.07	9.2
-19.0	-0.19	50	0.5	36	0.07	9.2
-22.0	-0.22	60	0.6	46	0.09	11.8
-25.0	-0.25	70	0.7	47	0.09	12.0
-28.0	-0.28	80	0.8	52	0.10	13.3
-30.0	-0.30	90	0.9	57	0.11	14.6
-32.0	-0.32	100	1.0	62	0.12	15.9
-35.0	-0.35	110	1.1	67	0.13	17.1
-37.5	-0.38	120	1.2	72	0.14	18.4
-38.5	-0.39	130	1.3	79	0.16	20.2
-38.5	-0.39	140	1.4	82	0.16	21.0
-40.0	-0.40	150	1.5	85	0.17	21.7
-41.0	-0.41	160	1.6	90	0.18	23.0
-41.0	-0.41	170	1.7	95	0.19	24.3
-41.0	-0.41	180	1.8	99	0.20	25.3
-43.0	-0.43	190	1.9	100	0.20	25.6
-44.0	-0.44	200	2.0	110	0.22	28.1
-45.0	-0.45	210	2.1	115	0.23	29.4
-46.0	-0.46	220	2.2	118	0.24	30.2
-46.0	-0.46	230	2.3	120	0.24	30.7
-47.0	-0.47	240	2.4	123	0.25	31.4
-47.0	-0.47	250	2.5	130	0.26	33.2
-47.0	-0.47	260	2.6	139	0.28	35.5
-47.0	-0.47	270	2.7	142	0.28	36.3
-47.0	-0.47	280	2.8	143	0.29	36.6
-47.0	-0.47	290	2.9	144	0.29	36.8

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

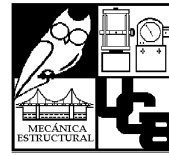
UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:	19/06/09
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	15.15	Volumen:	233.9 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.73 kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:	15.89 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-48.0	-0.48	300	3.0	145	0.29	37.1
-48.0	-0.48	310	3.1	148	0.30	37.8
-48.0	-0.48	320	3.2	151	0.30	38.6
-48.5	-0.49	330	3.3	153	0.31	39.1
-48.5	-0.49	340	3.4	154	0.31	39.4
-48.5	-0.49	350	3.5	155	0.31	39.6
-48.5	-0.49	360	3.6	157	0.31	40.1
-48.5	-0.49	370	3.7	158	0.32	40.4
-48.5	-0.49	380	3.8	159	0.32	40.7
-49.0	-0.49	390	3.9	160	0.32	40.9
-49.8	-0.50	400	4.0	160.5	0.32	41.0
-49.8	-0.50	410	4.1	161	0.32	41.2
-49.8	-0.50	420	4.2	161.5	0.32	41.3
-49.8	-0.50	430	4.3	162	0.32	41.4
-49.8	-0.50	440	4.4	162	0.32	41.4
-49.8	-0.50	450	4.5	162	0.32	41.4
-49.8	-0.50	460	4.6	162	0.32	41.4
-49.8	-0.50	470	4.7	162	0.32	41.4
-50.0	-0.50	480	4.8	162	0.32	41.4
-50.1	-0.50	490	4.9	162	0.32	41.4
-50.8	-0.51	500	5.0	162	0.32	41.4
-51.0	-0.51	510	5.1	160	0.32	40.9
-51.0	-0.51	520	5.2	160	0.32	40.9
-51.5	-0.52	530	5.3	159	0.32	40.7
-52.0	-0.52	540	5.4	159	0.32	40.7
-51.0	-0.51	550	5.5	158	0.32	40.4
-50.0	-0.50	560	5.6	158	0.32	40.4

Observaciones:

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



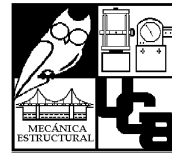
ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:	19/06/09
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	15.15	Volumen:	233.9 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.73 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	15.89 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kN/m<sup>2</sup>, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-10.0	-0.10	10	0.1	20	0.04	5.1
-13.0	-0.13	20	0.2	30	0.06	7.7
-18.5	-0.19	30	0.3	35	0.07	8.9
-22.0	-0.22	40	0.4	44	0.09	11.2
-26.0	-0.26	50	0.5	49	0.10	12.5
-30.0	-0.30	60	0.6	52	0.10	13.3
-33.0	-0.33	70	0.7	62	0.12	15.9
-34.0	-0.34	80	0.8	67	0.13	17.1
-38.0	-0.38	90	0.9	72	0.14	18.4
-40.0	-0.40	100	1.0	77	0.15	19.7
-43.0	-0.43	110	1.1	82	0.16	21.0
-46.0	-0.46	120	1.2	87	0.17	22.2
-51.0	-0.51	130	1.3	92	0.18	23.5
-52.5	-0.53	140	1.4	97	0.19	24.8
-55.0	-0.55	150	1.5	102	0.20	26.1
-57.0	-0.57	160	1.6	106	0.21	27.1
-59.0	-0.59	170	1.7	110	0.22	28.1
-71.0	-0.71	180	1.8	115	0.23	29.4
-74.0	-0.74	190	1.9	120	0.24	30.7
-75.0	-0.75	200	2.0	123	0.25	31.4
-78.0	-0.78	210	2.1	132	0.26	33.7

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



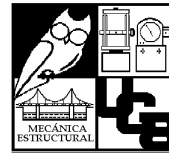
ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B					
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:				19/06/09
Datos de densidad de la muestra						
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98	cm		
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88	cm		
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>		
Contenido de humedad (ω): (%)	15.15	Volumen:	233.9	cm <sup>3</sup>		
Densidad de la muestra:			y seco:	13.73	kN/m <sup>3</sup>	
y húmedo:	15.89	kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	59	kPa	
Carga Normal:	41	kg				
Velocidad de carga:	0.15	mm/min				

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kN/m<sup>2</sup>, SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-80.0	-0.80	220	2.2	132	0.26	33.7
-81.0	-0.81	230	2.3	134	0.27	34.3
-82.0	-0.82	240	2.4	137	0.27	35.0
-83.0	-0.83	250	2.5	141	0.28	36.0
-84.0	-0.84	260	2.6	145	0.29	37.1
-86.0	-0.86	270	2.7	147	0.29	37.6
-87.0	-0.87	280	2.8	150	0.30	38.4
-87.5	-0.88	290	2.9	153	0.31	39.1
-89.0	-0.89	300	3.0	156	0.31	39.9
-90.0	-0.90	310	3.1	158	0.32	40.4
-90.5	-0.91	320	3.2	160	0.32	40.9
-91.0	-0.91	330	3.3	163	0.33	41.7
-92.0	-0.92	340	3.4	165	0.33	42.2
-93.0	-0.93	350	3.5	167	0.33	42.7
-93.5	-0.94	360	3.6	168	0.34	43.0
-93.5	-0.94	370	3.7	170	0.34	43.5
-95.0	-0.95	380	3.8	170	0.34	43.5
-96.0	-0.96	390	3.9	172	0.34	44.0
-96.5	-0.97	400	4.0	173	0.35	44.2
-97.5	-0.98	410	4.1	175	0.35	44.7
-99.0	-0.99	420	4.2	176	0.35	45.0

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:	19/06/09
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	75	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	65.13	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	9.87	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	15.15	Volumen:	233.9 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.73 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	15.89 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kN/m<sup>2</sup>, SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-99.5	-1.00	430	4.3	177	0.35	45.3
-100.0	-1.00	440	4.4	178	0.36	45.5
-100.4	-1.00	450	4.5	178	0.36	45.5
-101.0	-1.01	460	4.6	179	0.36	45.8
-102.0	-1.02	470	4.7	180	0.36	46.0
-102.5	-1.03	480	4.8	180	0.36	46.0
-103.0	-1.03	490	4.9	181	0.36	46.3
-104.0	-1.04	500	5.0	181	0.36	46.3
-104.5	-1.05	510	5.1	181.5	0.36	46.4
-105.5	-1.06	520	5.2	182	0.36	46.5
-105.5	-1.06	530	5.3	182	0.36	46.5
-106.0	-1.06	540	5.4	180	0.36	46.0
-106.5	-1.07	550	5.5	179	0.36	45.8
-107.0	-1.07	560	5.6	176	0.35	45.0
-108.0	-1.08	570	5.7	175	0.35	44.7
-109.0	-1.09	580	5.8	174	0.35	44.5
-109.5	-1.10	590	5.9	172	0.34	44.0

Observaciones:

---

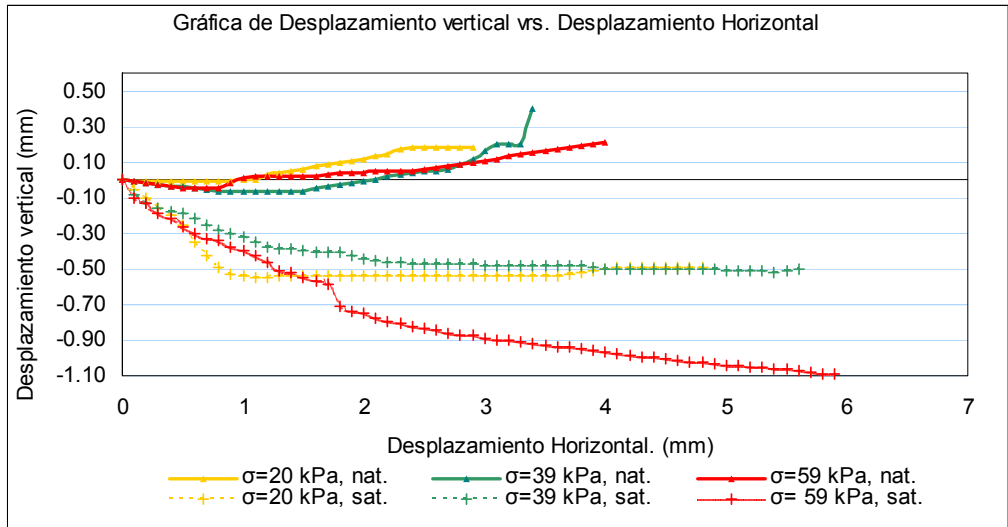
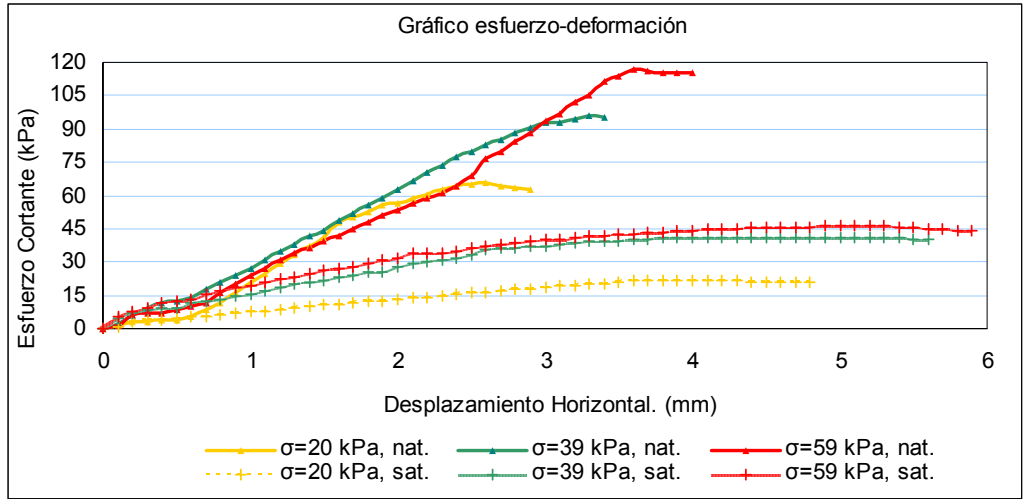


---



---

UBICACION	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	1.5 m	Fecha del ensayo:	19/06/09



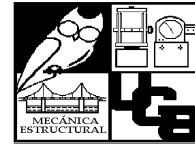


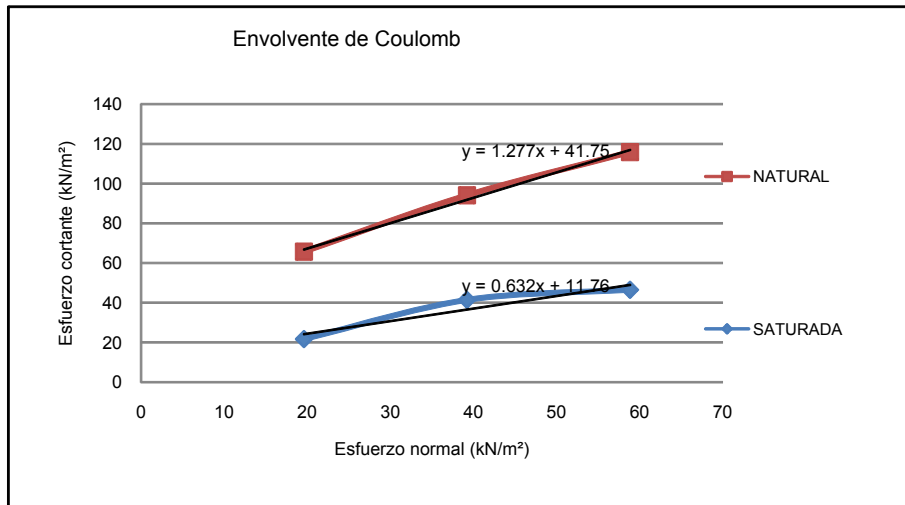
GRAFICO DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM 3080-98

UBICACIÓN San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Ignimbritas (flujos) de la unidad "G" de la TBJ . Muestra 2-B

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 1.5 m Fecha del ensayo: 19/06/09

ENSAYO	ESFUERZO NORMAL kN/m <sup>2</sup> (σ)	ESFUERZO CORTANTE kN/m <sup>2</sup> (τ)	CONDICIÓN
1	19.62	65.71	NATURA
2	39.24	94.09	NATURA
3	58.86	115.82	NATURA
4	19.62	21.73	SATURADO
5	39.24	41.42	SATURADO
6	58.86	46.53	SATURADO



	NATURAL		SATURADO	
ANGULO DE FRICCIÓN	51.9	GRADOS	32.3	GRADOS
COHESION	41.8	kN/m <sup>2</sup>	11.8	kN/m <sup>2</sup>

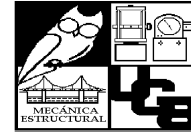
Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Muestra 1 (Proctor)

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2.5 m	Fecha:	27/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.05 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (KPa)
-1.0	-0.01	0	0.0	0	0.00	0.0
-1.5	-0.02	10	0.1	7	0.01	1.8
-2.0	-0.02	20	0.2	14	0.03	3.6
-2.5	-0.03	30	0.3	17	0.03	4.3
-2.5	-0.03	40	0.4	18	0.04	4.6
-2.5	-0.03	50	0.5	19	0.04	4.9
-2.5	-0.03	60	0.6	21	0.04	5.4
-2.5	-0.03	70	0.7	23	0.05	5.9
-2.0	-0.02	80	0.8	25	0.05	6.4
-1.5	-0.02	90	0.9	27	0.05	6.9
-1.0	-0.01	100	1.0	31	0.06	7.9
-0.5	-0.01	110	1.1	33	0.07	8.4
0.0	0.00	120	1.2	36	0.07	9.2
0.0	0.00	130	1.3	42	0.08	10.7
1.0	0.01	140	1.4	44	0.09	11.2
2.0	0.02	150	1.5	47	0.09	12.0
3.0	0.03	160	1.6	50	0.10	12.8
3.5	0.04	170	1.7	53	0.11	13.6
4.0	0.04	180	1.8	55	0.11	14.1
4.5	0.05	190	1.9	59	0.12	15.1
5.0	0.05	200	2.0	62	0.12	15.9
6.0	0.06	210	2.1	63	0.13	16.1
7.0	0.07	220	2.2	65	0.13	16.6
8.0	0.08	230	2.3	68	0.14	17.4
9.0	0.09	240	2.4	70	0.14	17.9
10.0	0.10	250	2.5	72	0.14	18.4
11.0	0.11	260	2.6	75	0.15	19.2
12.0	0.12	270	2.7	79	0.16	20.2
13.0	0.13	280	2.8	85	0.17	21.7
14.0	0.14	290	2.9	89	0.18	22.8
15.0	0.15	300	3.0	90	0.18	23.0
16.5	0.17	310	3.1	91	0.18	23.3
18.0	0.18	320	3.2	97	0.19	24.8
19.0	0.19	330	3.3	101	0.20	25.8
20.0	0.20	340	3.4	104	0.21	26.6





ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

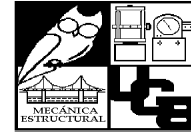
UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 2.5 m		Fecha: 27/06/2009	
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.05 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub>	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (KPa)
21.5	0.22	350	3.5	107	0.21	27.4
23.0	0.23	360	3.6	109	0.22	27.9
24.0	0.24	370	3.7	111	0.22	28.4
25.0	0.25	380	3.8	115	0.23	29.4
25.5	0.26	390	3.9	117	0.23	29.9
26.5	0.27	400	4.0	119	0.24	30.4
27.0	0.27	410	4.1	120	0.24	30.7
28.0	0.28	420	4.2	124	0.25	31.7
29.0	0.29	430	4.3	127	0.25	32.5
30.0	0.30	440	4.4	133	0.27	34.0
31.0	0.31	450	4.5	137	0.27	35.0
31.5	0.32	460	4.6	140	0.28	35.8
32.0	0.32	470	4.7	146	0.29	37.3
32.5	0.33	480	4.8	150	0.30	38.4
33.0	0.33	490	4.9	150	0.30	38.4
34.0	0.34	500	5.0	150	0.30	38.4
34.5	0.35	510	5.1	151	0.30	38.6
35.0	0.35	520	5.2	154	0.31	39.4
36.0	0.36	530	5.3	155	0.31	39.6
37.0	0.37	540	5.4	156	0.31	39.9
38.0	0.38	550	5.5	161	0.32	41.2
38.0	0.38	560	5.6	167	0.33	42.7
38.5	0.39	570	5.7	178	0.36	45.5
38.5	0.39	580	5.8	182	0.36	46.5
39.0	0.39	590	5.9	185	0.37	47.3
39.5	0.40	600	6.0	192	0.38	49.1
40.0	0.40	610	6.1	194	0.39	49.6
40.5	0.41	620	6.2	196	0.39	50.1
41.0	0.41	630	6.3	199	0.40	50.9
42.0	0.42	640	6.4	201	0.40	51.4
42.0	0.42	650	6.5	203	0.41	51.9
42.5	0.43	660	6.6	205	0.41	52.4
42.5	0.43	670	6.7	204	0.41	52.2
42.5	0.43	680	6.8	202	0.40	51.6
42.5	0.43	690	6.9	201	0.40	51.4

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



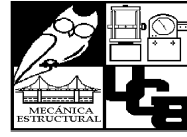
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

<b>UBICACIÓN:</b> Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO:</b> Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1			
<b>PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:</b>		2.5 m	<b>Fecha:</b> 27/06/2009
<b>Datos de densidad de la muestra:</b>			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
<b>Densidad de la muestra:</b>		$\gamma$ seco:	13.05 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma$ húmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$ :	39 kPa
<b>Carga Normal:</b>	26 kg		
<b>Velocidad de carga:</b>	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-3.0	-0.03	10	0.1	19	0.04	4.9
-5.0	-0.05	20	0.2	28	0.06	7.2
-7.0	-0.07	30	0.3	35	0.07	8.9
-8.5	-0.09	40	0.4	41	0.08	10.5
-9.5	-0.10	50	0.5	44	0.09	11.2
-10.0	-0.10	60	0.6	45	0.09	11.5
-10.0	-0.10	70	0.7	48	0.10	12.3
-11.0	-0.11	80	0.8	49	0.10	12.5
-11.0	-0.11	90	0.9	58	0.12	14.8
-12.0	-0.12	100	1.0	62	0.12	15.9
-13.0	-0.13	110	1.1	71	0.14	18.2
-13.5	-0.14	120	1.2	79	0.16	20.2
-14.0	-0.14	130	1.3	87	0.17	22.2
-15.0	-0.15	140	1.4	94	0.19	24.0
-15.5	-0.16	150	1.5	100	0.20	25.6
-16.0	-0.16	160	1.6	106	0.21	27.1
-16.5	-0.17	170	1.7	112	0.22	28.6
-17.5	-0.18	180	1.8	119	0.24	30.4
-18.5	-0.19	190	1.9	124	0.25	31.7
-19.5	-0.20	200	2.0	130	0.26	33.2
-20.0	-0.20	210	2.1	142	0.28	36.3
-20.5	-0.21	220	2.2	149	0.30	38.1
-20.5	-0.21	230	2.3	155	0.31	39.6
-20.5	-0.21	240	2.4	160	0.32	40.9
-20.5	-0.21	250	2.5	167	0.33	42.7
-20.5	-0.21	260	2.6	172	0.34	44.0
-20.5	-0.21	270	2.7	177	0.35	45.3
-20.0	-0.20	280	2.8	182	0.36	46.5
-19.5	-0.20	290	2.9	188	0.38	48.1
-19.0	-0.19	300	3.0	195	0.39	49.9
-19.0	-0.19	310	3.1	200	0.40	51.1
-18.0	-0.18	320	3.2	207	0.41	52.9
-17.5	-0.18	330	3.3	211	0.42	53.9
-17.0	-0.17	340	3.4	215	0.43	55.0

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

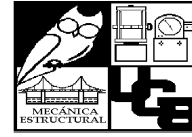
UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2.5 m	Fecha:	27/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.05	kN/m <sup>3</sup>	
γ húmedo:	16.19	σ <sub>n</sub> :	39	kPa	
Carga Normal:	26	kg			
Velocidad de carga :	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-16.0	-0.16	350	3.5	220	0.44	56.2
-15.0	-0.15	360	3.6	225	0.45	57.5
-14.0	-0.14	370	3.7	230	0.46	58.8
-14.0	-0.14	380	3.8	234	0.47	59.8
-13.0	-0.13	390	3.9	239	0.48	61.1
-12.0	-0.12	400	4.0	242	0.48	61.9
-11.0	-0.11	410	4.1	245	0.49	62.6
-9.0	-0.09	420	4.2	246	0.49	62.9
-7.0	-0.07	430	4.3	249	0.50	63.7
-4.0	-0.04	440	4.4	251	0.50	64.2
-2.0	-0.02	450	4.5	254	0.51	64.9
1.0	0.01	460	4.6	257	0.51	65.7
3.0	0.03	470	4.7	259	0.52	66.2
5.0	0.05	480	4.8	260	0.52	66.5
9.0	0.09	490	4.9	262	0.52	67.0
11.0	0.11	500	5.0	264	0.53	67.5
13.0	0.13	510	5.1	267	0.53	68.3
16.0	0.16	520	5.2	269	0.54	68.8
17.0	0.17	530	5.3	271	0.54	69.3
18.0	0.18	540	5.4	272	0.54	69.5
18.5	0.19	550	5.5	274	0.55	70.1
19.0	0.19	560	5.6	276	0.55	70.6
19.5	0.20	570	5.7	279	0.56	71.3
20.0	0.20	580	5.8	281	0.56	71.8
20.5	0.21	590	5.9	284	0.57	72.6
21.0	0.21	600	6.0	285	0.57	72.9
23.0	0.23	610	6.1	287	0.57	73.4
23.0	0.23	620	6.2	288	0.58	73.6
24.0	0.24	630	6.3	289	0.58	73.9
24.5	0.25	640	6.4	291	0.58	74.4
24.5	0.25	650	6.5	292	0.58	74.7
24.5	0.25	660	6.6	293	0.59	74.9
25.0	0.25	670	6.7	294	0.59	75.2
25.0	0.25	680	6.8	298	0.60	76.2

Observaciones: \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



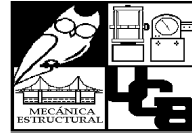
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

<b>UBICACIÓN:</b> Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO:</b> Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1			
<b>PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:</b> 2.5 m		<b>Fecha:</b> 27/06/2009	
<b>Datos de densidad de la muestra</b>			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
<b>Densidad de la muestra:</b>		<b>y seco:</b> 13.05 kN/m <sup>3</sup>	
yhúmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	σn:	59 kPa
<b>Carga Normal:</b>	41 kg		
<b>Velocidad de carga:</b>	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, NATURAL**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (KPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-1.5	-0.02	10	0.1	31	0.06	7.9
-3.0	-0.03	20	0.2	40	0.08	10.2
-3.0	-0.03	30	0.3	41	0.08	10.5
-5.0	-0.05	40	0.4	44	0.09	11.2
-6.0	-0.06	50	0.5	52	0.10	13.3
-7.0	-0.07	60	0.6	58	0.12	14.8
-8.0	-0.08	70	0.7	65	0.13	16.6
-8.5	-0.09	80	0.8	72	0.14	18.4
-9.0	-0.09	90	0.9	77	0.15	19.7
-10.0	-0.10	100	1.0	83	0.17	21.2
-11.0	-0.11	110	1.1	89	0.18	22.8
-12.0	-0.12	120	1.2	100	0.20	25.6
-12.5	-0.13	130	1.3	102	0.20	26.1
-13.0	-0.13	140	1.4	110	0.22	28.1
-13.0	-0.13	150	1.5	115	0.23	29.4
-13.0	-0.13	160	1.6	122	0.24	31.2
-13.0	-0.13	170	1.7	129	0.26	33.0
-13.0	-0.13	180	1.8	136	0.27	34.8
-13.0	-0.13	190	1.9	142	0.28	36.3
-13.0	-0.13	200	2.0	156	0.31	39.9
-13.0	-0.13	210	2.1	163	0.33	41.7
-13.0	-0.13	220	2.2	171	0.34	43.7
-13.0	-0.13	230	2.3	178	0.36	45.5
-13.0	-0.13	240	2.4	185	0.37	47.3
-13.0	-0.13	250	2.5	191	0.38	48.8
-12.5	-0.13	260	2.6	198	0.40	50.6
-11.5	-0.12	270	2.7	205	0.41	52.4
-11.0	-0.11	280	2.8	211	0.42	53.9
-10.0	-0.10	290	2.9	220	0.44	56.2
-10.0	-0.10	300	3.0	222	0.44	56.8

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



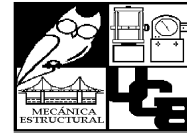
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2.5 m	Fecha:	27/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.05 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, NATURAL						
Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (KN)	Esfuerzo Cortante (KPa)
-10.0	-0.10	310	3.1	235	0.47	60.1
-6.0	-0.06	320	3.2	243	0.49	62.1
-5.0	-0.05	330	3.3	251	0.50	64.2
-4.0	-0.04	340	3.4	259	0.52	66.2
-2.0	-0.02	350	3.5	261	0.52	66.7
-1.5	-0.02	360	3.6	270	0.54	69.0
1.0	0.01	370	3.7	280	0.56	71.6
2.0	0.02	380	3.8	289	0.58	73.9
3.0	0.03	390	3.9	296	0.59	75.7
5.0	0.05	400	4.0	305	0.61	78.0
7.0	0.07	410	4.1	310	0.62	79.3
10.0	0.1	420	4.2	320	0.64	81.8
12.0	0.12	430	4.3	324	0.65	82.8
14.5	0.145	440	4.4	329	0.66	84.1
17.0	0.17	450	4.5	335	0.67	85.6
20.0	0.2	460	4.6	345	0.69	88.2
22.0	0.22	470	4.7	349	0.70	89.2
24.0	0.24	480	4.8	352	0.70	90.0
27.0	0.27	490	4.9	355	0.71	90.8
29.0	0.29	500	5.0	357	0.71	91.3
32.0	0.32	510	5.1	358	0.72	91.5
34.5	0.345	520	5.2	359	0.72	91.8
37.0	0.37	530	5.3	360	0.72	92.0
39.0	0.39	540	5.4	360	0.72	92.0
42.0	0.42	550	5.5	360	0.72	92.0
44.0	0.44	560	5.6	360	0.72	92.0
45.5	0.455	570	5.7	357	0.71	91.3
46.0	0.46	580	5.8	353	0.71	90.3
46.0	0.46	590	5.9	347	0.69	88.7

Observaciones: \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



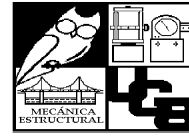
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN:		Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:		Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1	
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:		2.5 m	Fecha : 27/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.05 kN/m <sup>3</sup>
húmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO DE 20 kPa, PROCTOR SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-3.0	-0.03	10	0.1	8	0.02	2.0
-5.0	-0.05	20	0.2	11	0.02	2.8
-6.0	-0.06	30	0.3	14	0.03	3.6
-9.0	-0.09	40	0.4	16	0.03	4.1
-11.0	-0.11	50	0.5	19	0.04	4.9
-13.0	-0.13	60	0.6	21	0.04	5.4
-14.0	-0.14	70	0.7	22	0.04	5.6
-16.0	-0.16	80	0.8	25	0.05	6.4
-18.0	-0.18	90	0.9	26	0.05	6.6
-19.0	-0.19	100	1.0	29	0.06	7.4
-20.0	-0.20	110	1.1	31	0.06	7.9
-20.0	-0.20	120	1.2	35	0.07	8.9
-21.0	-0.21	130	1.3	37	0.07	9.5
-21.0	-0.21	140	1.4	39	0.08	10.0
-21.5	-0.22	150	1.5	41	0.08	10.5
-21.5	-0.22	160	1.6	43	0.09	11.0
-22.0	-0.22	170	1.7	45	0.09	11.5
-22.0	-0.22	180	1.8	46.5	0.09	11.9
-22.0	-0.22	190	1.9	48	0.10	12.3
-22.0	-0.22	200	2.0	50	0.10	12.8
-22.0	-0.22	210	2.1	51.5	0.10	13.2
-22.0	-0.22	220	2.2	53	0.11	13.6
-22.0	-0.22	230	2.3	54	0.11	13.8
-22.0	-0.22	240	2.4	56	0.11	14.3
-22.0	-0.22	250	2.5	57	0.11	14.6
-22.0	-0.22	260	2.6	58	0.12	14.8
-22.0	-0.22	270	2.7	59	0.12	15.1
-22.1	-0.22	280	2.8	60	0.12	15.3
-22.1	-0.22	290	2.9	61	0.12	15.6

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



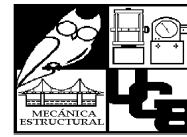
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2.5 m	Fecha:	27/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.05 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO DE 20 kPa, PROCTOR SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-22.5	-0.23	300	3.0	61.5	0.12	15.7
-23.0	-0.23	310	3.1	62	0.12	15.9
-23.0	-0.23	320	3.2	63	0.13	16.1
-23.0	-0.23	330	3.3	64	0.13	16.4
-23.0	-0.23	340	3.4	65.5	0.13	16.7
-23.0	-0.23	350	3.5	67	0.13	17.1
-23.1	-0.23	360	3.6	68	0.14	17.4
-23.1	-0.23	370	3.7	69	0.14	17.6
-23.1	-0.23	380	3.8	70	0.14	17.9
-23.1	-0.23	390	3.9	71	0.14	18.2
-23.1	-0.23	400	4.0	72	0.14	18.4
-23.1	-0.23	410	4.1	72	0.14	18.4
-23.1	-0.23	420	4.2	72.5	0.15	18.5
-22.5	-0.23	430	4.3	73	0.15	18.7
-21.5	-0.22	440	4.4	73	0.15	18.7
-21.0	-0.21	450	4.5	73	0.15	18.7
-20.5	-0.21	460	4.6	74	0.15	18.9
-20.0	-0.20	470	4.7	75	0.15	19.2
-20.0	-0.20	480	4.8	78	0.16	19.9
-19.5	-0.20	490	4.9	80	0.16	20.5
-19.0	-0.19	500	5.0	81	0.16	20.7
-19.0	-0.19	510	5.1	81	0.16	20.7
-19.0	-0.19	520	5.2	81	0.16	20.7
-18.8	-0.19	530	5.3	81	0.16	20.7
-18.5	-0.19	540	5.4	81	0.16	20.7
-18.5	-0.19	550	5.5	83	0.17	21.2
-18.5	-0.19	560	5.6	84	0.17	21.5
-18.5	-0.19	570	5.7	84	0.17	21.5
-18.5	-0.19	580	5.8	84	0.17	21.5
-18.5	-0.19	590	5.9	84	0.17	21.5
-18.5	-0.19	600	6.0	84	0.17	21.5

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN: <u>Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín,</u> <u>a 490m de la residencial Los Almendros.</u>			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: <u>Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1</u>			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: <u>2.5 m</u>		Fecha : <u>27/06/2009</u>	
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	<u>74.9</u>	Diámetro: <u>9.98</u>	cm
Peso de suelo seco: (g)	<u>60.24</u>	Altura: <u>2.88</u>	cm
Peso del agua: (g)	<u>14.66</u>	Área: <u>78.23</u>	cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	<u>24.34</u>	Volumen: <u>233.896</u>	cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		$\gamma$ seco: <u>13.05</u>	kN/m <sup>3</sup>
$\gamma$ húmedo: <u>16.19</u>	kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$ : <u>20</u>	kPa
Carga Normal: <u>10</u>	kg		
Velocidad de carga: <u>0.15</u>	mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO DE 20 kPa, PROCTOR SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-18.2	-0.18	610	6.1	84	0.17	21.5
-18.1	-0.18	620	6.2	85	0.17	21.7
-18.0	-0.18	630	6.3	86	0.17	22.0
-18.0	-0.18	640	6.4	86	0.17	22.0
-18.0	-0.18	650	6.5	86	0.17	22.0
-18.0	-0.18	660	6.6	87	0.17	22.2
-18.0	-0.18	670	6.7	86	0.17	22.0
-18.0	-0.18	680	6.8	85	0.17	21.7
-18.0	-0.18	690	6.9	84	0.17	21.5
-18.0	-0.18	700	7.0	83	0.17	21.2
-18.0	-0.18	710	7.1	83	0.17	21.2
-18.0	-0.18	720	7.2	83	0.17	21.2
-18.0	-0.18	730	7.3	82	0.16	21.0
-18.0	-0.18	740	7.4	82	0.16	21.0
-18.0	-0.18	750	7.5	81	0.16	20.7
-18.0	-0.18	760	7.6	81	0.16	20.7
-18.0	-0.18	770	7.7	81	0.16	20.7

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



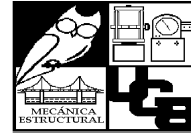
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2.5 m	Fecha:	27/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	13.05 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO DE 39kPa, PROCTOR SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-9.0	-0.09	10	0.1	15	0.03	3.8
-10.0	-0.10	20	0.2	24	0.05	6.1
-9.5	-0.10	30	0.3	34	0.07	8.7
-9.5	-0.10	40	0.4	35	0.07	8.9
-9.5	-0.10	50	0.5	39	0.08	10.0
-13.0	-0.13	60	0.6	40	0.08	10.2
-18.0	-0.18	70	0.7	44	0.09	11.2
-19.0	-0.19	80	0.8	47	0.09	12.0
-21.0	-0.21	90	0.9	52	0.10	13.3
-22.0	-0.22	100	1.0	56	0.11	14.3
-22.5	-0.23	110	1.1	59	0.12	15.1
-22.5	-0.23	120	1.2	63	0.13	16.1
-22.5	-0.23	130	1.3	66	0.13	16.9
-22.5	-0.23	140	1.4	69	0.14	17.6
-22.5	-0.23	150	1.5	73	0.15	18.7
-22.5	-0.23	160	1.6	75	0.15	19.2
-22.5	-0.23	170	1.7	78	0.16	19.9
-22.5	-0.23	180	1.8	81	0.16	20.7
-22.5	-0.23	190	1.9	84	0.17	21.5
-22.5	-0.23	200	2.0	87	0.17	22.2
-22.6	-0.23	210	2.1	89	0.18	22.8
-22.6	-0.23	220	2.2	94	0.19	24.0
-22.6	-0.23	230	2.3	97	0.19	24.8
-22.6	-0.23	240	2.4	99	0.20	25.3
-22.6	-0.23	250	2.5	102	0.20	26.1
-22.6	-0.23	260	2.6	104	0.21	26.6
-22.6	-0.23	270	2.7	107	0.21	27.4
-22.6	-0.23	280	2.8	109	0.22	27.9
-22.6	-0.23	290	2.9	112	0.22	28.6
-22.0	-0.22	300	3.0	114	0.23	29.1
-21.9	-0.22	310	3.1	117	0.23	29.9

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

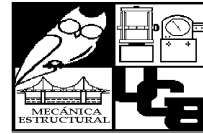
UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 2.5 m		Fecha: 27/06/2009	
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco: 13.05 kN/m <sup>3</sup>	
γ húmedo: 16.19 kN/m <sup>3</sup>		σ <sub>n</sub> : 39 kPa	
Carga Normal: 26 kg			
Velocidad de carga: 0.15 mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO DE 39kPa, PROCTOR SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-21.0	-0.21	320	3.2	120	0.24	30.7
-20.0	-0.20	330	3.3	121	0.24	30.9
-18.8	-0.19	340	3.4	124	0.25	31.7
-18.0	-0.18	350	3.5	126	0.25	32.2
-17.0	-0.17	360	3.6	128	0.26	32.7
-17.0	-0.17	370	3.7	130	0.26	33.2
-16.0	-0.16	380	3.8	133	0.27	34.0
-15.5	-0.16	390	3.9	134	0.27	34.3
-15.0	-0.15	400	4.0	136	0.27	34.8
-13.0	-0.13	410	4.1	138	0.28	35.3
-12.0	-0.12	420	4.2	140	0.28	35.8
-11.0	-0.11	430	4.3	142	0.28	36.3
-10.5	-0.11	440	4.4	143	0.29	36.6
-10.0	-0.10	450	4.5	145	0.29	37.1
-9.0	-0.09	460	4.6	147	0.29	37.6
-8.0	-0.08	470	4.7	148	0.30	37.8
-7.0	-0.07	480	4.8	149	0.30	38.1
-6.0	-0.06	490	4.9	150	0.30	38.4
-5.0	-0.05	500	5.0	152	0.30	38.9
-4.0	-0.04	510	5.1	153	0.31	39.1
-3.5	-0.04	520	5.2	153	0.31	39.1
-2.5	-0.03	530	5.3	154.5	0.31	39.5
-2.2	-0.02	540	5.4	154.5	0.31	39.5
-2.0	-0.02	550	5.5	154	0.31	39.4
-0.5	-0.01	560	5.6	153.4	0.31	39.2
0.0	0.00	570	5.7	153	0.31	39.1
0.0	0.00	580	5.8	152.5	0.31	39.0
0.0	0.00	590	5.9	152	0.30	38.9
1.0	0.01	600	6.0	152	0.30	38.9

Observaciones: \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1			
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 2.5 m		Fecha: 27/06/2009	
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco: 13.05 kN/m <sup>3</sup>	
γ húmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO DE 59 kPa, PROCTOR SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-4.0	-0.04	10	0.1	21	0.04	5.4
-6.0	-0.06	20	0.2	34	0.07	8.7
-8.0	-0.08	30	0.3	41	0.08	10.5
-11.0	-0.11	40	0.4	49	0.10	12.5
-11.0	-0.11	50	0.5	55	0.11	14.1
-11.2	-0.11	60	0.6	58	0.12	14.8
-11.2	-0.11	70	0.7	63	0.13	16.1
-11.2	-0.11	80	0.8	69	0.14	17.6
-11.2	-0.11	90	0.9	75	0.15	19.2
-11.2	-0.11	100	1.0	81	0.16	20.7
-11.2	-0.11	110	1.1	87	0.17	22.2
-11.2	-0.11	120	1.2	93	0.19	23.8
-11.2	-0.11	130	1.3	99	0.20	25.3
-11.2	-0.11	140	1.4	104	0.21	26.6
-11.2	-0.11	150	1.5	110	0.22	28.1
-11.2	-0.11	160	1.6	115	0.23	29.4
-11.2	-0.11	170	1.7	121	0.24	30.9
-11.2	-0.11	180	1.8	126	0.25	32.2
-11.2	-0.11	190	1.9	132	0.26	33.7
-11.2	-0.11	200	2.0	136	0.27	34.8
-11.2	-0.11	210	2.1	141	0.28	36.0
-11.2	-0.11	220	2.2	143	0.29	36.6
-11.2	-0.11	230	2.3	146	0.29	37.3
-11.2	-0.11	240	2.4	150	0.30	38.4
-11.2	-0.11	250	2.5	155	0.31	39.6
-10.0	-0.10	260	2.6	160	0.32	40.9
-9.0	-0.09	270	2.7	165	0.33	42.2
-8.0	-0.08	280	2.8	169	0.34	43.2
-7.0	-0.07	290	2.9	173	0.35	44.2
-6.0	-0.06	300	3.0	176	0.35	45.0
-5.5	-0.06	310	3.1	181	0.36	46.3
-5.0	-0.05	320	3.2	185	0.37	47.3
-4.0	-0.04	330	3.3	189	0.38	48.3
-3.5	-0.04	340	3.4	193	0.39	49.3
-2.0	-0.02	350	3.5	196	0.39	50.1

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

<b>UBICACIÓN:</b> Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO:</b> Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1			
<b>PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:</b> 2.5 m		<b>Fecha:</b> 27/06/2009	
<b>Datos de densidad de la muestra</b>			
Peso de suelo húmedo: (g)	74.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	60.24	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	14.66	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	24.34	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
<b>Densidad de la muestra:</b>		y seco: 13.05 kN/m <sup>3</sup>	
yhúmedo:	16.19 kN/m <sup>3</sup>	on:	59 kPa
<b>Carga Normal:</b>	41 kg		
<b>Velocidad de carga:</b>	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO DE 59 kPa, PROCTOR SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-1.0	-0.01	360	3.6	200	0.40	51.1
0.0	0.00	370	3.7	203	0.41	51.9
1.0	0.01	380	3.8	206	0.41	52.7
2.0	0.02	390	3.9	208	0.42	53.2
3.0	0.03	400	4.0	210	0.42	53.7
3.0	0.03	410	4.1	214	0.43	54.7
3.5	0.04	420	4.2	215	0.43	55.0
4.0	0.04	430	4.3	218	0.44	55.7
4.0	0.04	440	4.4	219	0.44	56.0
5.0	0.05	450	4.5	219	0.44	56.0
6.0	0.06	460	4.6	219	0.44	56.0
6.5	0.07	470	4.7	219	0.44	56.0
7.0	0.07	480	4.8	221	0.44	56.5
8.0	0.08	490	4.9	221	0.44	56.5
9.0	0.09	500	5.0	221	0.44	56.5
10.0	0.10	510	5.1	221	0.44	56.5
10.5	0.11	520	5.2	221	0.44	56.5
11.0	0.11	530	5.3	221	0.44	56.5
12.0	0.12	540	5.4	221	0.44	56.5
13.0	0.13	550	5.5	219	0.44	56.0
14.0	0.14	560	5.6	218	0.44	55.7
15.0	0.15	570	5.7	218	0.44	55.7
16.0	0.16	580	5.8	218	0.44	55.7
17.0	0.17	590	5.9	218	0.44	55.7
18.0	0.18	600	6.0	218	0.44	55.7
20.0	0.20	610	6.1	217	0.43	55.5
20.0	0.20	620	6.2	216	0.43	55.2
21.0	0.21	630	6.3	215	0.43	55.0

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

UBICACIÓN :	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1	
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	2.5 m	Fecha : 27/06/2009

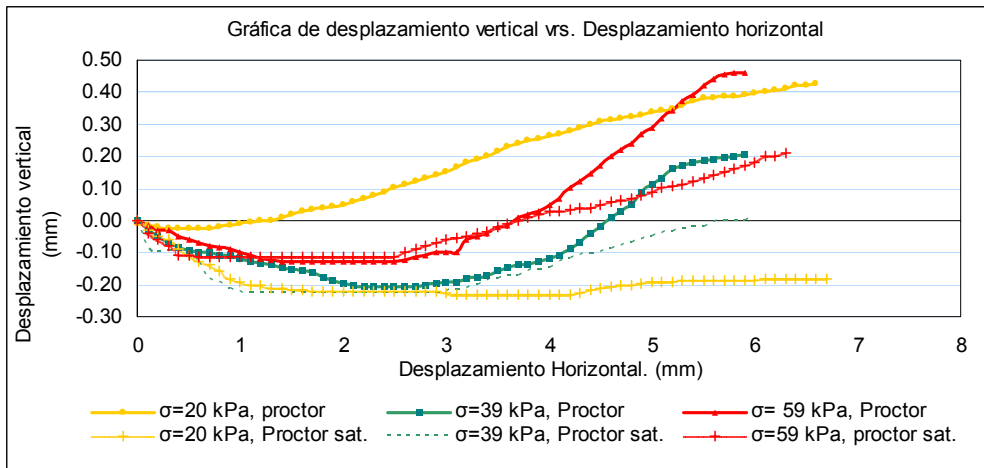
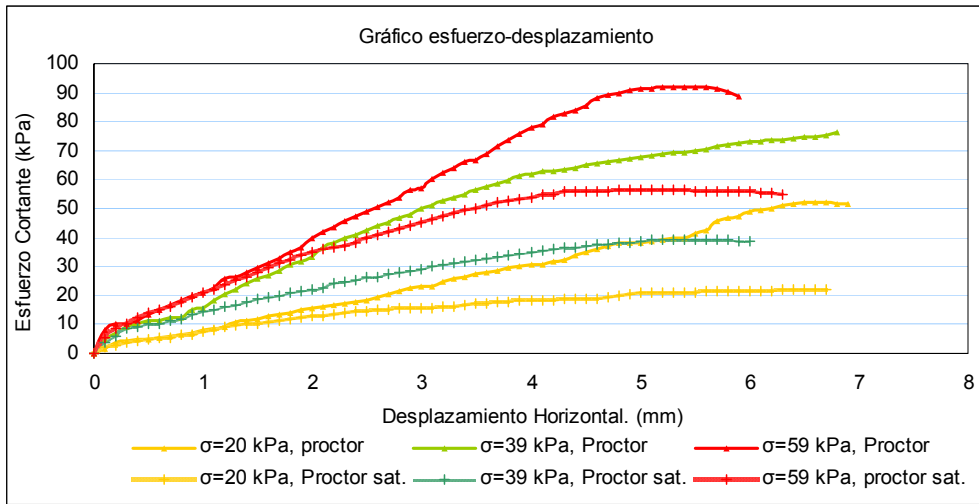
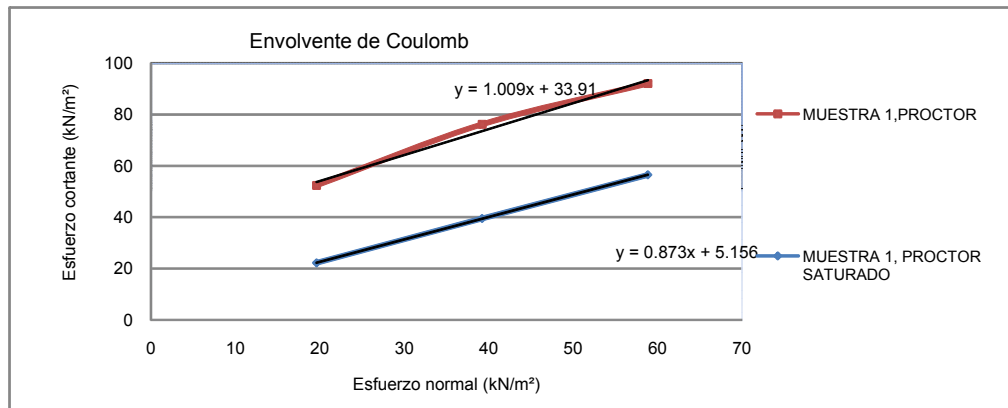




GRAFICO DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM 3080-98

UBICACIÓN DE LA EXTRACCIÓN: Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.  
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita e Iqñimbritas de la unidad "G". Punto de muestreo 1  
 PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 2.5 m Fecha : 27/06/2009

ENSAYO	ESFUERZO NORMAL kN/m <sup>2</sup> (σ)	ESFUERZO CORTANTE kN/m <sup>2</sup> (τ)	CONDICIÓN
1	20	52.41	PROCTOR
2	39	76.19	PROCTOR
3	59	92.04	PROCTOR
4	20	22.24	PROCTOR SATURADO
5	39	39.50	PROCTOR SATURADO
6	59	56.50	PROCTOR SATURADO

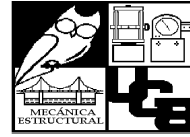


NATURAL		SATURADO	
ANGULO DE FRICCION	45.3 GRADOS	41.1	GRADOS
COHESION	34.0 kN/m <sup>2</sup>	5.1	kN/m <sup>2</sup>

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Muestra 2 (Proctor)

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



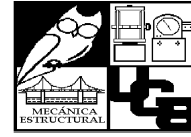
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m	Fecha :	28/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	14.62 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	17.85 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, PROCTOR**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-1.0	-0.01	10	0.1	5	0.01	1.3
-1.5	-0.02	20	0.2	10	0.02	2.6
-2.0	-0.02	30	0.3	11	0.02	2.8
-3.0	-0.03	40	0.4	14	0.03	3.6
-4.0	-0.04	50	0.5	20	0.04	5.1
-5.0	-0.05	60	0.6	26	0.05	6.6
-5.0	-0.05	70	0.7	30	0.06	7.7
-5.0	-0.05	80	0.8	33	0.07	8.4
-5.0	-0.05	90	0.9	39	0.08	10.0
-5.0	-0.05	100	1.0	44	0.09	11.2
-5.0	-0.05	110	1.1	51	0.10	13.0
-5.0	-0.05	120	1.2	56	0.11	14.3
-5.0	-0.05	130	1.3	62	0.12	15.9
-4.5	-0.05	140	1.4	69	0.14	17.6
-4.0	-0.04	150	1.5	75	0.15	19.2
-3.0	-0.03	160	1.6	82	0.16	21.0
-1.5	-0.02	170	1.7	87	0.17	22.2
-0.5	-0.01	180	1.8	94	0.19	24.0
1.5	0.02	190	1.9	99	0.20	25.3
4.0	0.04	200	2.0	104	0.21	26.6
6.0	0.06	210	2.1	111	0.22	28.4
7.5	0.08	220	2.2	118	0.24	30.2
9.0	0.09	230	2.3	126	0.25	32.2
11.0	0.11	240	2.4	134	0.27	34.3
13.0	0.13	250	2.5	144	0.29	36.8
15.0	0.15	260	2.6	149	0.30	38.1
16.0	0.16	270	2.7	154	0.31	39.4
17.0	0.17	280	2.8	164	0.33	41.9
18.0	0.18	290	2.9	171	0.34	43.7
20.0	0.20	300	3.0	175	0.35	44.7

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

**UBICACIÓN** San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango,  
 en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque  
 Memorial Los Cipreses.

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2

**PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:** 3 m **Fecha :** 28/06/2009

**Datos de densidad de la muestra**

Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98	cm
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88	cm
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>

**Densidad de la muestra:**

y húmedo:	17.85	kN/m <sup>3</sup>	y seco:	14.62	kN/m <sup>3</sup>
			$\sigma_n$ :	20	kPa

**Carga Normal:** 10 kg

**Velocidad de carga:** 0.15 mm/min

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 20 kPa, PROCTOR**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
21.0	0.21	310	3.1	185	0.37	47.3
23.0	0.23	320	3.2	195	0.39	49.9
24.0	0.24	330	3.3	204	0.41	52.2
27.0	0.27	340	3.4	212	0.42	54.2
29.0	0.29	350	3.5	219	0.44	56.0
32.0	0.32	360	3.6	225	0.45	57.5
34.0	0.34	370	3.7	231	0.46	59.1
37.0	0.37	380	3.8	236	0.47	60.3
37.0	0.37	390	3.9	240	0.48	61.4
41.0	0.41	400	4.0	244	0.49	62.4
44.0	0.44	410	4.1	245	0.49	62.6
49.0	0.49	420	4.2	246	0.49	62.9
54.0	0.54	430	4.3	246	0.49	62.9
58.0	0.58	440	4.4	246	0.49	62.9
61.0	0.61	450	4.5	247	0.49	63.2
64.0	0.64	460	4.6	247	0.49	63.2
68.0	0.68	470	4.7	248	0.50	63.4
69.0	0.69	480	4.8	248	0.50	63.4
69.0	0.69	490	4.9	247	0.49	63.2
69.0	0.69	500	5.0	246	0.49	62.9
69.0	0.69	510	5.1	244	0.49	62.4
69.0	0.69	520	5.2	242	0.48	61.9

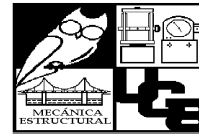
Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



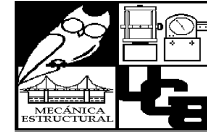
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m	Fecha :	28/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	14.62 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	17.85 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	39 kPa
Carga Normal:	26 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, PROCTOR

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-5.0	-0.05	10	0.1	21	0.04	5.4
-7.0	-0.07	20	0.2	33	0.07	8.4
-9.0	-0.09	30	0.3	41	0.08	10.5
-10.0	-0.10	40	0.4	41	0.08	10.5
-10.0	-0.10	50	0.5	50	0.10	12.8
-10.0	-0.10	60	0.6	58	0.12	14.8
-10.0	-0.10	70	0.7	65	0.13	16.6
-10.0	-0.10	80	0.8	72	0.14	18.4
-11.0	-0.11	90	0.9	80	0.16	20.5
-11.0	-0.11	100	1.0	90	0.18	23.0
-11.0	-0.11	110	1.1	100	0.20	25.6
-11.5	-0.12	120	1.2	112	0.22	28.6
-11.5	-0.12	130	1.3	123	0.25	31.4
-12.0	-0.12	140	1.4	133	0.27	34.0
-12.0	-0.12	150	1.5	144	0.29	36.8
-12.5	-0.13	160	1.6	154	0.31	39.4
-12.5	-0.13	170	1.7	162	0.32	41.4
-12.5	-0.13	180	1.8	172	0.34	44.0
-12.5	-0.13	190	1.9	180	0.36	46.0
-12.5	-0.13	200	2.0	188	0.38	48.1
-12.5	-0.13	210	2.1	196	0.39	50.1
-12.5	-0.13	220	2.2	206	0.41	52.7
-12.5	-0.13	230	2.3	214	0.43	54.7
-12.0	-0.12	240	2.4	224	0.45	57.3
-11.5	-0.12	250	2.5	231	0.46	59.1
-11.0	-0.11	260	2.6	238	0.48	60.8
-11.0	-0.11	270	2.7	245	0.49	62.6
-10.0	-0.10	280	2.8	253	0.51	64.7
-9.0	-0.09	290	2.9	260	0.52	66.5
-8.0	-0.08	300	3.0	265	0.53	67.8
-7.0	-0.07	310	3.1	272	0.54	69.5
-6.0	-0.06	320	3.2	277	0.55	70.8
-5.0	-0.05	330	3.3	285	0.57	72.9

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

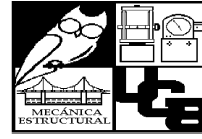
<b>UBICACIÓN</b>	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.					
<b>DESCRIPCIÓN DEL SUELO:</b>	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2					
<b>PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:</b>	3 m			Fecha : 28/06/2009		
<b>Datos de densidad de la muestra</b>						
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98	cm		
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88	cm		
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>		
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>		
<b>Densidad de la muestra:</b>		$\gamma$ seco:		14.62 kN/m <sup>3</sup>		
húmedo:	17.85	kN/m <sup>3</sup>	$\sigma_n$ :	39 kPa		
<b>Carga Normal:</b>	26	kg				
<b>Velocidad de carga:</b>	0.15	mm/min				

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 39 kPa, PROCTOR**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-4.0	-0.04	340	3.4	290	0.58	74.1
-4.0	-0.04	350	3.5	295	0.59	75.4
-3.0	-0.03	360	3.6	299	0.60	76.4
-2.0	-0.02	370	3.7	304	0.61	77.7
-1.0	-0.01	380	3.8	308	0.62	78.7
0.0	0.00	390	3.9	311	0.62	79.5
1.0	0.01	400	4.0	315	0.63	80.5
2.0	0.02	410	4.1	318	0.64	81.3
3.0	0.03	420	4.2	322	0.64	82.3
4.0	0.04	430	4.3	325	0.65	83.1
5.0	0.05	440	4.4	327	0.65	83.6
7.0	0.07	450	4.5	329	0.66	84.1
8.0	0.08	460	4.6	331	0.66	84.6
9.0	0.09	470	4.7	332	0.66	84.9
10.0	0.10	480	4.8	332	0.66	84.9
12.0	0.12	490	4.9	332	0.66	84.9
13.0	0.13	500	5.0	333	0.67	85.1
13.0	0.13	510	5.1	333	0.67	85.1
15.0	0.15	520	5.2	333	0.67	85.1
17.0	0.17	530	5.3	333	0.67	85.1
18.0	0.18	540	5.4	334	0.67	85.3
19.0	0.19	550	5.5	334	0.67	85.3
21.0	0.21	560	5.6	334	0.67	85.3
22.0	0.22	570	5.7	333	0.67	85.1
24.0	0.24	580	5.8	333	0.67	85.1
26.0	0.26	590	5.9	333	0.67	85.1
27.0	0.27	600	6.0	333	0.67	85.1
28.0	0.28	610	6.1	333	0.67	85.1
31.0	0.31	620	6.2	332	0.66	84.9
31.5	0.32	630	6.3	332	0.66	84.8
32.0	0.32	640	6.4	330	0.66	84.4
34.0	0.34	650	6.5	326	0.65	83.3
35.0	0.35	660	6.6	325	0.65	83.1

Observaciones: \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m	Fecha :	28/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	21.57	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	14.62 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	17.85 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>v</sub> :	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, PROCTOR**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-0.1	0.00	10	0.1	10	0.02	2.6
-0.2	0.00	20	0.2	20	0.04	5.1
-0.5	-0.01	30	0.3	25	0.05	6.4
-1.0	-0.01	40	0.4	26	0.05	6.6
-1.1	-0.01	50	0.5	27	0.05	6.9
-1.2	-0.01	60	0.6	27	0.05	6.9
-1.5	-0.02	70	0.7	28	0.06	7.2
-1.5	-0.02	80	0.8	30	0.06	7.7
-2.0	-0.02	90	0.9	37	0.07	9.5
-2.0	-0.02	100	1.0	44	0.09	11.2
-3.0	-0.03	110	1.1	57	0.11	14.6
-4.0	-0.04	120	1.2	66	0.13	16.9
-5.0	-0.05	130	1.3	74	0.15	18.9
-6.0	-0.06	140	1.4	81	0.16	20.7
-8.2	-0.08	150	1.5	87	0.17	22.2
-8.5	-0.09	160	1.6	93	0.19	23.8
-9.0	-0.09	170	1.7	99	0.20	25.3
-9.0	-0.09	180	1.8	105	0.21	26.8
-9.0	-0.09	190	1.9	111	0.22	28.4
-9.0	-0.09	200	2.0	116	0.23	29.7
-9.0	-0.09	210	2.1	123	0.25	31.4
-9.0	-0.09	220	2.2	129	0.26	33.0
-8.5	-0.09	230	2.3	135	0.27	34.5
-8.0	-0.08	240	2.4	142	0.28	36.3
-7.5	-0.08	250	2.5	149	0.30	38.1
-7.2	-0.07	260	2.6	158	0.32	40.4
-7.0	-0.07	270	2.7	164	0.33	41.9

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



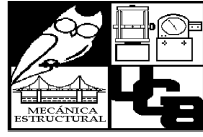
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2					
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m			Fecha :	28/06/2009	
Datos de densidad de la muestra						
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98	cm		
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88	cm		
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>		
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>		
Densidad de la muestra:				y seco:	14.62	kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:	17.85	kN/m <sup>3</sup>			σ <sub>n</sub> :	59
Carga Normal:	41	kg				
Velocidad de carga:	0.15	mm/min				

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, PROCTOR**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-6.5	-0.07	280	2.8	172	0.34	44.0
-5.5	-0.06	290	2.9	179	0.36	45.8
-5.0	-0.05	300	3.0	189	0.38	48.3
-4.0	-0.04	310	3.1	204	0.41	52.2
-3.5	-0.04	320	3.2	212	0.42	54.2
-3.0	-0.03	330	3.3	224	0.45	57.3
-2.0	-0.02	340	3.4	231	0.46	59.1
-1.5	-0.02	350	3.5	241	0.48	61.6
-1.0	-0.01	360	3.6	250	0.50	63.9
0.0	0.00	370	3.7	259	0.52	66.2
1.0	0.01	380	3.8	270	0.54	69.0
2.0	0.02	390	3.9	279	0.56	71.3
2.5	0.03	400	4.0	289	0.58	73.9
3.0	0.03	410	4.1	299	0.60	76.4
4.0	0.04	420	4.2	305	0.61	78.0
5.0	0.05	430	4.3	315	0.63	80.5
5.5	0.06	440	4.4	325	0.65	83.1
6.0	0.06	450	4.5	335	0.67	85.6
7.0	0.07	460	4.6	342	0.68	87.4
8.0	0.08	470	4.7	350	0.70	89.5
8.5	0.09	480	4.8	357	0.71	91.3
9.0	0.09	490	4.9	364	0.73	93.1
10.0	0.10	500	5.0	372	0.74	95.1
10.0	0.10	510	5.1	378	0.76	96.6
11.0	0.11	520	5.2	384	0.77	98.2
12.0	0.12	530	5.3	390	0.78	99.7
12.5	0.13	540	5.4	395	0.79	101.0
13.0	0.13	550	5.5	400	0.80	102.3

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

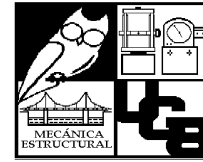
UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m	Fecha :	28/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	14.62 kN/m <sup>3</sup>
γ húmedo:	17.85 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, PROCTOR

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
13.0	0.13	560	5.6	405	0.81	103.5
14.0	0.14	570	5.7	408	0.82	104.3
15.0	0.15	580	5.8	412	0.82	105.3
15.5	0.16	590	5.9	415	0.83	106.1
16.0	0.16	600	6.0	417	0.83	106.6
16.5	0.17	610	6.1	419	0.84	107.1
17.0	0.17	620	6.2	420	0.84	107.4
17.5	0.18	630	6.3	422	0.84	107.9
18.0	0.18	640	6.4	423	0.85	108.1
18.0	0.18	650	6.5	423	0.85	108.1
19.0	0.19	660	6.6	423	0.85	108.1
19.2	0.19	670	6.7	423	0.85	108.1
19.5	0.20	680	6.8	423	0.85	108.1
19.5	0.20	690	6.9	422	0.84	107.9
19.5	0.20	700	7.0	421	0.84	107.6
20.0	0.20	710	7.1	419	0.84	107.1
20.0	0.20	720	7.2	416	0.83	106.4

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



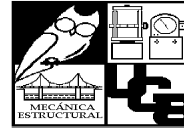
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m	Fecha :	28/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	14.62 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	17.85 KN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	20 kPa
Carga Normal:	10 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO SATURADA DE 20 kPa, PROCTOR SATURADO**

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-4.0	-0.04	10	0.1	4	0.01	1.0
-7.0	-0.07	20	0.2	6	0.01	1.5
-9.0	-0.09	30	0.3	9	0.02	2.3
-12.5	-0.13	40	0.4	11	0.02	2.8
-15.0	-0.15	50	0.5	14	0.03	3.6
-16.5	-0.17	60	0.6	18	0.04	4.6
-18.0	-0.18	70	0.7	22	0.04	5.6
-20.0	-0.20	80	0.8	24	0.05	6.1
-23.0	-0.23	90	0.9	26	0.05	6.6
-26.0	-0.26	100	1.0	30	0.06	7.7
-29.0	-0.29	110	1.1	33	0.07	8.4
-31.5	-0.32	120	1.2	37	0.07	9.5
-35.0	-0.35	130	1.3	41	0.08	10.5
-38.0	-0.38	140	1.4	45	0.09	11.5
-40.5	-0.41	150	1.5	48	0.10	12.3
-42.5	-0.43	160	1.6	51	0.10	13.0
-44.5	-0.45	170	1.7	54	0.11	13.8
-45.5	-0.46	180	1.8	57	0.11	14.6
-47.0	-0.47	190	1.9	60	0.12	15.3
-48.0	-0.48	200	2.0	63	0.13	16.1
-49.0	-0.49	210	2.1	67	0.13	17.1
-50.0	-0.50	220	2.2	71	0.14	18.2
-51.0	-0.51	230	2.3	75	0.15	19.2
-52.0	-0.52	240	2.4	78	0.16	19.9
-52.0	-0.52	250	2.5	80	0.16	20.5
-53.0	-0.53	260	2.6	84	0.17	21.5
-53.0	-0.53	270	2.7	85	0.17	21.7
-53.0	-0.53	280	2.8	90	0.18	23.0
-53.0	-0.53	290	2.9	94	0.19	24.0
-53.0	-0.53	300	3.0	97	0.19	24.8

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m	Fecha :	28/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (ω): (%)	21.57	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		y seco:	14.62 kN/m <sup>3</sup>
húmedo:	17.85	on:	20 kPa
Carga Normal:	10		kg
Velocidad de carga:	0.15		mm/min

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO SATURADA DE 20 kPa, PROCTOR SATURADO						
Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-52.2	-0.52	310	3.1	100	0.20	25.6
-51.0	-0.51	320	3.2	103	0.21	26.3
-50.5	-0.51	330	3.3	105	0.21	26.8
-50.0	-0.50	340	3.4	107	0.21	27.4
-48.5	-0.49	350	3.5	111	0.22	28.4
-47.5	-0.48	360	3.6	114	0.23	29.1
-46.5	-0.47	370	3.7	117	0.23	29.9
-45.0	-0.45	380	3.8	124	0.25	31.7
-43.0	-0.43	390	3.9	127	0.25	32.5
-42.0	-0.42	400	4.0	129	0.26	33.0
-41.0	-0.41	410	4.1	133	0.27	34.0
-39.5	-0.40	420	4.2	133	0.27	34.0
-38.0	-0.38	430	4.3	135	0.27	34.5
-36.5	-0.37	440	4.4	137	0.27	35.0
-35.0	-0.35	450	4.5	138	0.28	35.3
-34.0	-0.34	460	4.6	138	0.28	35.3
-32.0	-0.32	470	4.7	138	0.28	35.3
-31.0	-0.31	480	4.8	138	0.28	35.3
-29.0	-0.29	490	4.9	138	0.28	35.3
-28.0	-0.28	500	5.0	138	0.28	35.3
-26.0	-0.26	510	5.1	138	0.28	35.3
-25.0	-0.25	520	5.2	138	0.28	35.3
-24.0	-0.24	530	5.3	138	0.28	35.3
-22.5	-0.23	540	5.4	138	0.28	35.3
-21.0	-0.21	550	5.5	139	0.28	35.5
-19.5	-0.20	560	5.6	140	0.28	35.8
-18.5	-0.19	570	5.7	140	0.28	35.8
-17.0	-0.17	580	5.8	140	0.28	35.8
-16.0	-0.16	590	5.9	140	0.28	35.8
-15.0	-0.15	600	6.0	140	0.28	35.8
-14.0	-0.14	610	6.1	140	0.28	35.8
-13.0	-0.13	620	6.2	140	0.28	35.8
-12.0	-0.12	630	6.3	140	0.28	35.8
-11.0	-0.11	640	6.4	140	0.28	35.8
-10.0	-0.10	650	6.5	140	0.28	35.8
-9.0	-0.09	660	6.6	140	0.28	35.8
-8.0	-0.08	670	6.7	140	0.28	35.8
-7.0	-0.07	680	6.8	140	0.28	35.8
-6.0	-0.06	690	6.9	140	0.28	35.8
-5.0	-0.05	700	7.0	140	0.28	35.8
-4.0	-0.04	710	7.1	140	0.28	35.8
-3.0	-0.03	720	7.2	140	0.28	35.8
-2.0	-0.02	730	7.3	140	0.28	35.8
-1.0	-0.01	740	7.4	140	0.28	35.8
0.0	0.00	750	7.5	140	0.28	35.8
1.0	0.01	760	7.6	140	0.28	35.8
2.0	0.02	770	7.7	140	0.28	35.8
3.0	0.03	780	7.8	140	0.28	35.8
4.0	0.04	790	7.9	139	0.28	35.5
5.0	0.05	800	8.0	138	0.28	35.3
6.0	0.06	810	8.1	137	0.27	35.0

Observaciones: \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



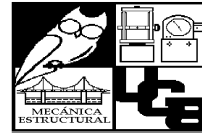
ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2					
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m			Fecha :	28/06/2009	
Datos de densidad de la muestra						
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98	cm		
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88	cm		
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>		
Contenido de humedad (ω): (%)	21.57	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>		
Densidad de la muestra:			γ seco:	14.62	kN/m <sup>3</sup>	
y húmedo:			σ <sub>n</sub> :	39	kPa	
Carga Normal:	26			kg		
Velocidad de carga:	0.15			mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO SATURADO DE 39 kPa, PROCTOR SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kpa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-6.0	-0.06	10	0.1	15	0.03	3.8
-12.0	-0.12	20	0.2	24	0.05	6.1
-16.0	-0.16	30	0.3	29	0.06	7.4
-21.0	-0.21	40	0.4	33	0.07	8.4
-25.0	-0.25	50	0.5	36	0.07	9.2
-29.0	-0.29	60	0.6	39	0.08	10.0
-32.0	-0.32	70	0.7	43	0.09	11.0
-35.0	-0.35	80	0.8	45	0.09	11.5
-37.0	-0.37	90	0.9	49	0.10	12.5
-39.0	-0.39	100	1.0	50	0.10	12.8
-41.0	-0.41	110	1.1	53	0.11	13.6
-43.0	-0.43	120	1.2	56	0.11	14.3
-45.0	-0.45	130	1.3	59	0.12	15.1
-46.0	-0.46	140	1.4	63	0.13	16.1
-48.0	-0.48	150	1.5	66	0.13	16.9
-49.0	-0.49	160	1.6	69	0.14	17.6
-50.5	-0.51	170	1.7	73	0.15	18.7
-51.0	-0.51	180	1.8	78	0.16	19.9
-51.5	-0.52	190	1.9	80	0.16	20.5
-52.0	-0.52	200	2.0	82	0.16	21.0
-52.0	-0.52	210	2.1	85	0.17	21.7
-52.5	-0.53	220	2.2	90	0.18	23.0
-53.0	-0.53	230	2.3	92	0.18	23.5
-53.0	-0.53	240	2.4	95	0.19	24.3
-53.5	-0.54	250	2.5	100	0.20	25.6
-53.5	-0.54	260	2.6	102	0.20	26.1
-53.5	-0.54	270	2.7	108	0.22	27.6
-53.5	-0.54	280	2.8	110	0.22	28.1
-52.0	-0.52	290	2.9	112	0.22	28.6
-51.0	-0.51	300	3.0	116	0.23	29.7
-50.5	-0.51	310	3.1	119	0.24	30.4
-50.5	-0.51	320	3.2	122	0.24	31.2
-50.0	-0.50	330	3.3	125	0.25	32.0





ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango,  
en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque  
Memorial Los Cipreses.

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA: 3 m Fecha : 28/06/2009

Datos de densidad de la muestra

Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98	cm
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88	cm
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>

Densidad de la muestra:  $\gamma$  húmedo: 17.85 kN/m<sup>3</sup>  $\gamma$  seco: 14.62 kN/m<sup>3</sup>  
 $\sigma_n$ : 39 kPa

Carga Normal: 26 kg

Velocidad de carga: 0.15 mm/min

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO SATURADO DE 39 kPa, PROCTOR SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kpa)
-49.5	-0.50	340	3.4	126	0.25	32.2
-49.0	-0.49	350	3.5	129	0.26	33.0
-49.0	-0.49	360	3.6	132	0.26	33.7
-48.5	-0.49	370	3.7	135	0.27	34.5
-48.0	-0.48	380	3.8	136	0.27	34.8
-48.0	-0.48	390	3.9	139	0.28	35.5
-48.0	-0.48	400	4.0	140	0.28	35.8
-48.0	-0.48	410	4.1	143	0.29	36.6
-48.0	-0.48	420	4.2	145	0.29	37.1
-48.0	-0.48	430	4.3	146	0.29	37.3
-48.0	-0.48	440	4.4	149	0.30	38.1
-48.0	-0.48	450	4.5	149	0.30	38.1
-48.0	-0.48	460	4.6	152	0.30	38.9
-48.0	-0.48	470	4.7	153	0.31	39.1
-47.5	-0.48	480	4.8	155	0.31	39.6
-47.5	-0.48	490	4.9	157	0.31	40.1
-47.5	-0.48	500	5.0	158	0.32	40.4
-47.5	-0.48	510	5.1	160	0.32	40.9
-47.5	-0.48	520	5.2	162	0.32	41.4
-47.5	-0.48	530	5.3	163	0.33	41.7
-47.5	-0.48	540	5.4	165	0.33	42.2
-47.5	-0.48	550	5.5	167	0.33	42.7
-47.5	-0.48	560	5.6	168	0.34	43.0
-47.2	-0.47	570	5.7	170	0.34	43.5
-47.2	-0.47	580	5.8	172	0.34	44.0
-47.2	-0.47	590	5.9	174	0.35	44.5
-47.2	-0.47	600	6.0	175	0.35	44.7
-47.2	-0.47	610	6.1	177	0.35	45.3
-47.2	-0.47	620	6.2	178	0.36	45.5
-47.2	-0.47	630	6.3	179	0.36	45.8
-47.2	-0.47	640	6.4	179	0.36	45.8
-47.2	-0.47	650	6.5	180	0.36	46.0
-47.2	-0.47	660	6.6	181	0.36	46.3
-47.2	-0.47	670	6.7	182	0.36	46.5
-47.0	-0.47	680	6.8	182	0.36	46.5
-46.6	-0.47	690	6.9	182	0.36	46.5



ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

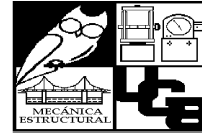
UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2					
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m			Fecha :	28/06/2009	
Datos de densidad de la muestra						
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98	cm		
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88	cm		
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>		
Contenido de humedad (ω): (%)	21.57	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>		
Densidad de la muestra:			γ seco:	14.62	kN/m <sup>3</sup>	
y húmedo:			σ <sub>n</sub> :	39	kPa	
Carga Normal:	26			kg		
Velocidad de carga:	0.15			mm/min		

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO SATURADO DE 39 kPa, PROCTOR SATURADO

Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kpa)
-46.5	-0.47	700	7.0	183	0.37	46.8
-46.5	-0.47	710	7.1	183	0.37	46.8
-46.5	-0.47	720	7.2	184	0.37	47.0
-46.5	-0.47	730	7.3	184	0.37	47.0
-47.0	-0.47	740	7.4	184	0.37	47.0
-47.0	-0.47	750	7.5	184	0.37	47.0
-47.0	-0.47	760	7.6	184	0.37	47.0
-47.0	-0.47	770	7.7	184	0.37	47.0
-47.0	-0.47	780	7.8	184	0.37	47.0
-47.0	-0.47	790	7.9	184	0.37	47.0
-47.0	-0.47	800	8.0	184	0.37	47.0
-46.0	-0.46	810	8.1	185	0.37	47.3
-45.0	-0.45	820	8.2	185	0.37	47.3
-44.0	-0.44	830	8.3	185	0.37	47.3
-43.5	-0.44	840	8.4	185	0.37	47.3
-42.5	-0.43	850	8.5	185	0.37	47.3
-41.5	-0.42	860	8.6	185	0.37	47.3
-41.0	-0.41	870	8.7	185	0.37	47.3
-40.0	-0.40	880	8.8	185	0.37	47.3
-39.0	-0.39	890	8.9	185	0.37	47.3
-38.5	-0.39	900	9.0	185	0.37	47.3
-38.0	-0.38	910	9.1	185	0.37	47.3
-37.0	-0.37	920	9.2	185	0.37	47.3
-36.5	-0.37	930	9.3	185	0.37	47.3
-36.3	-0.36	940	9.4	185	0.37	47.3
-36.1	-0.36	950	9.5	185	0.37	47.3
-36.0	-0.36	960	9.6	185	0.37	47.3
-35.0	-0.35	970	9.7	185	0.37	47.3
-34.0	-0.34	980	9.8	185	0.37	47.3
-33.0	-0.33	990	9.9	185	0.37	47.3
-32.0	-0.32	1000	10.0	185	0.37	47.3
-31.0	-0.31	1010	10.1	184	0.37	47.0
-30.0	-0.30	1020	10.2	182	0.36	46.5
-29.0	-0.29	1030	10.3	181	0.36	46.3

Observaciones: \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**

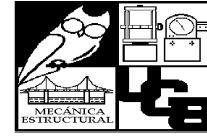


ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98

UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2				
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m		Fecha : 28/06/2009		
Datos de densidad de la muestra					
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98	cm	
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88	cm	
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23	cm <sup>2</sup>	
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896	cm <sup>3</sup>	
Densidad de la muestra:			γ seco:	14.62	kN/m <sup>3</sup>
yhúmedo:	17.85	kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	59	kPa
Carga Normal:	41	kg			
Velocidad de carga:	0.15	mm/min			

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, PROCTOR SATURADO						
Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
0.0	0.00	0	0.0	0	0.00	0.0
-7.0	-0.07	10	0.1	15	0.03	3.8
-13.0	-0.13	20	0.2	20	0.04	5.1
-14.5	-0.15	30	0.3	38	0.08	9.7
-17.0	-0.17	40	0.4	43	0.09	11.0
-19.0	-0.19	50	0.5	50	0.10	12.8
-20.0	-0.20	60	0.6	56	0.11	14.3
-21.0	-0.21	70	0.7	62	0.12	15.9
-22.0	-0.22	80	0.8	68	0.14	17.4
-23.0	-0.23	90	0.9	75	0.15	19.2
-24.0	-0.24	100	1.0	81	0.16	20.7
-24.0	-0.24	110	1.1	88	0.18	22.5
-24.5	-0.25	120	1.2	94	0.19	24.0
-24.5	-0.25	130	1.3	100	0.20	25.6
-24.5	-0.25	140	1.4	105	0.21	26.8
-24.5	-0.25	150	1.5	110	0.22	28.1
-24.5	-0.25	160	1.6	114	0.23	29.1
-24.0	-0.24	170	1.7	119	0.24	30.4
-23.8	-0.24	180	1.8	123	0.25	31.4
-23.0	-0.23	190	1.9	127	0.25	32.5
-22.0	-0.22	200	2.0	132	0.26	33.7
-21.0	-0.21	210	2.1	136	0.27	34.8
-20.0	-0.20	220	2.2	141	0.28	36.0
-19.8	-0.20	230	2.3	145	0.29	37.1
-19.0	-0.19	240	2.4	149	0.30	38.1
-18.0	-0.18	250	2.5	155	0.31	39.6
-17.0	-0.17	260	2.6	159	0.32	40.7
-15.0	-0.15	270	2.7	164	0.33	41.9
-14.0	-0.14	280	2.8	168	0.34	43.0
-13.0	-0.13	290	2.9	173	0.35	44.2
-12.0	-0.12	300	3.0	177	0.35	45.3
-11.0	-0.11	310	3.1	183	0.37	46.8
-10.0	-0.10	320	3.2	187	0.37	47.8
-9.0	-0.09	330	3.3	193	0.39	49.3
-7.0	-0.07	340	3.4	197	0.39	50.4
-6.0	-0.06	350	3.5	200	0.40	51.1

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO- CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM D 3080-98**

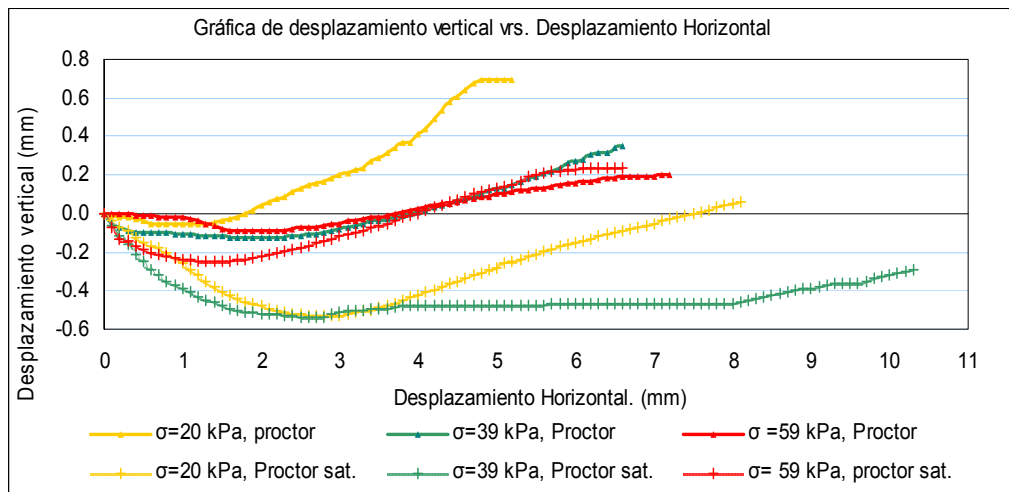
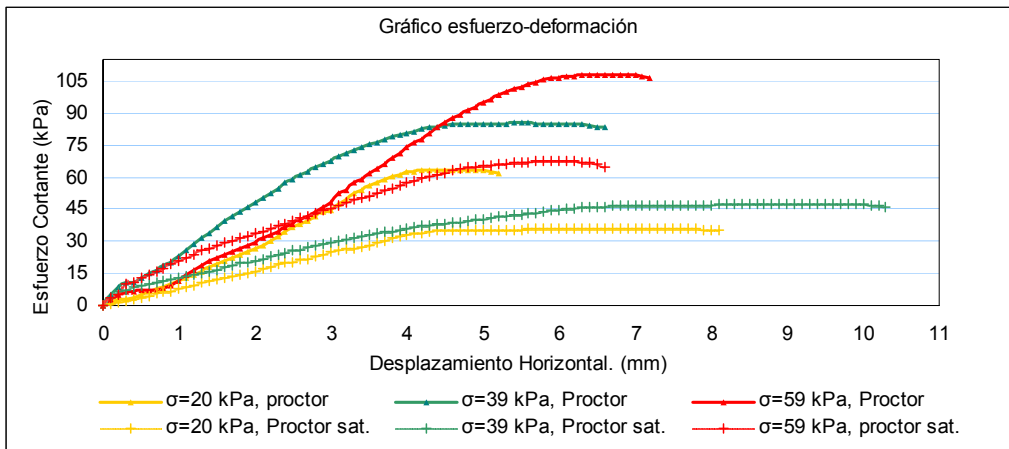
UBICACIÓN	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", Tierra Blanca Joven, punto 2		
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m	Fecha :	28/06/2009
Datos de densidad de la muestra			
Peso de suelo húmedo: (g)	118.9	Diámetro:	9.98 cm
Peso de suelo seco: (g)	97.8	Altura:	2.88 cm
Peso del agua: (g)	21.1	Área:	78.23 cm <sup>2</sup>
Contenido de humedad (w): (%)	21.57	Volumen:	233.896 cm <sup>3</sup>
Densidad de la muestra:		γ seco:	14.62 kN/m <sup>3</sup>
y húmedo:	17.85 kN/m <sup>3</sup>	σ <sub>n</sub> :	59 kPa
Carga Normal:	41 kg		
Velocidad de carga:	0.15 mm/min		

**TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS PARA UN ESFUERZO NORMAL DE 59 kPa, PROCTOR SATURADO**

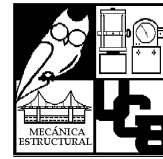
Lectura Deformímetro Vertical	Desplazamiento Vertical (mm)	Lectura Deformímetro Horizontal	Desplazamiento Horizontal (mm)	Lectura Deformímetro de Cargas	Carga (kN)	Esfuerzo Cortante (kPa)
-5.0	-0.05	360	3.6	206	0.41	52.7
-4.0	-0.04	370	3.7	211	0.42	53.9
-2.0	-0.02	380	3.8	215	0.43	55.0
-1.0	-0.01	390	3.9	220	0.44	56.2
0.0	0.00	400	4.0	225	0.45	57.5
2.0	0.02	410	4.1	229	0.46	58.5
3.0	0.03	420	4.2	233	0.47	59.6
4.0	0.04	430	4.3	237	0.47	60.6
6.0	0.06	440	4.4	240	0.48	61.4
7.0	0.07	450	4.5	243	0.49	62.1
9.0	0.09	460	4.6	246	0.49	62.9
10.0	0.10	470	4.7	249	0.50	63.7
11.0	0.11	480	4.8	252	0.50	64.4
12.0	0.12	490	4.9	254	0.51	64.9
13.0	0.13	500	5.0	256	0.51	65.5
14.0	0.14	510	5.1	256	0.51	65.5
15.0	0.15	520	5.2	258	0.52	66.0
17.0	0.17	530	5.3	259	0.52	66.2
19.0	0.19	540	5.4	261	0.52	66.7
20.0	0.20	550	5.5	262	0.52	67.0
21.0	0.21	560	5.6	262	0.52	67.0
21.5	0.22	570	5.7	263	0.53	67.2
22.0	0.22	580	5.8	263	0.53	67.2
22.5	0.23	590	5.9	263	0.53	67.2
23.0	0.23	600	6.0	263	0.53	67.2
23.5	0.24	610	6.1	263	0.53	67.2
23.5	0.24	620	6.2	263	0.53	67.2
23.5	0.24	630	6.3	262	0.52	67.0
23.5	0.24	640	6.4	261	0.52	66.7
23.5	0.24	650	6.5	260	0.52	66.5
23.5	0.24	660	6.6	252	0.50	64.4

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

UBICACION	San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", TBJ, punto 2	
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:	3 m	Fecha : 28/06/2009



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**

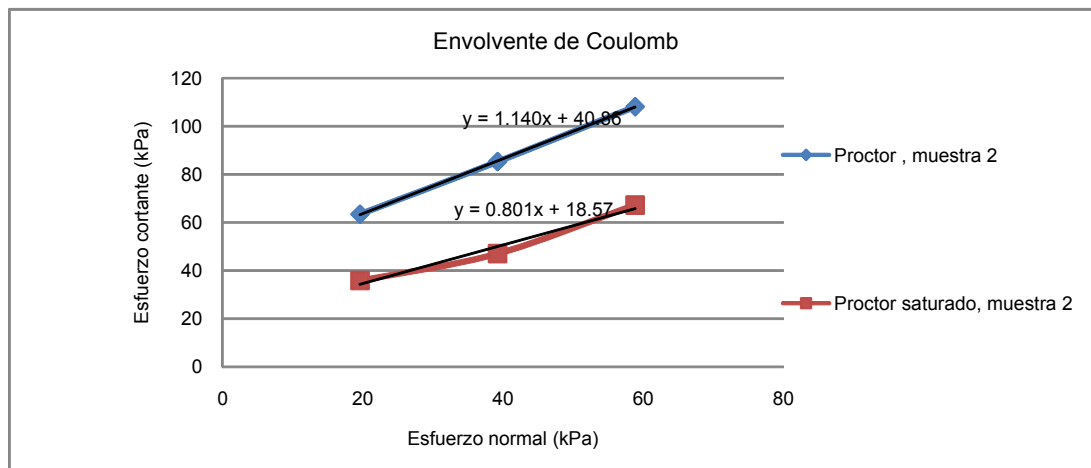


**GRÁFICO DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO-CAJA DE CORTE DIRECTO, ASTM 3080-98**

**UBICACIÓN** San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** Coignimbrita e Ignimbritas de la unidad "G", TBJ, punto 2  
**PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA:** 3 m **Fecha :** 28/06/2009

ENSAYO	ESFUERZO NORMAL kN/m <sup>2</sup> (σ)	ESFUERZO CORTANTE kN/m <sup>2</sup> (τ)	CONDICIÓN
1	20	63.41	PROCTOR
2	39	85.27	PROCTOR
3	59	108.15	PROCTOR
4	20	35.79	PROCTOR SATURADO
5	39	47.04	PROCTOR SATURADO
6	69	67.24	PROCTOR SATURADO



NATURAL		SATURADO	
ANGULO DE FRICCION	48.7 GRADOS	38.7	GRADOS
COHESION	40.8 kN/m <sup>2</sup>	18.7	kN/m <sup>2</sup>

Observaciones:

---



---




---



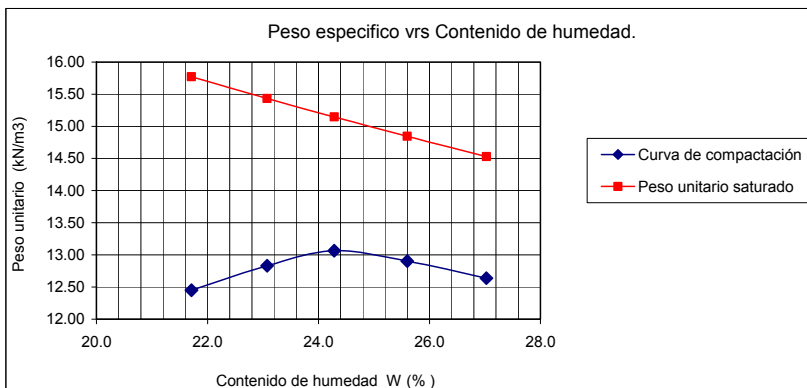
---

### d) ENSAYO PROCTOR (ESTÁNDAR) ASTM D 698-00

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA		
ENSAYO:	RELACION HUMEDAD-DENSIDAD PRUEBA PROCTOR ASTM D 698-00a	

Muestra:	Mezcla 1-A y 1-B	Fecha:	05/05/09		
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Datos del Ensayo:					
Método (A o B)	A	Método de preparación (seco o húmedo):	Húmedo.	Volumen del molde:	969.43 cm <sup>3</sup>
Peso del martillo:	24.4 N	Tipo de pison manual o mecánico:		Manual	
Descripción de la muestra: Mayor porcentaje de limos que de arena, color café claro					
Clasificación y símbolo SUCS:	Arena limosa, SM	Humedad:	15.58%		
Gravedad específica, G <sub>s</sub> :	2.41	Método de determinación G <sub>s</sub> :	Picnómetro con agua.		

Determinación humedad	Charola N°	1		2		3		4		5	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Masa húmeda + charola (g)	$M_{csh}$	86.53	88.07	77.52	132.32	110.35	107.8	68.6	71.3	78.64	134.54
Masa suelo seco + charola (g)	$M_{css}$	79.06	79.21	71.5	123.42	97.52	94.3	59.5	61.9	71.58	123.86
Masa de agua (g)	$M_a = M_{csh} - M_{css}$	7.47	8.86	6.02	8.9	12.83	13.5	9.1	9.4	7.06	10.68
Masa charola (g)	$M_c$	44.85	38.17	45.1	85.3	45.1	38.26	24.5	24.6	44.8	85.29
Masa suelo seco (g)	$M_{ss} = M_{css} - M_c$	34.21	41.04	26.4	38.12	52.42	56.04	35	37.3	26.78	38.57
% de humedad	$w = \frac{M_a}{M_{ss}} \times 100$	21.84	21.59	22.80	23.35	24.48	24.09	26.00	25.20	26.36	27.69
Precisión de pruebas de humedades		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE	
% de humedad promedio	$\% w_{PROMED}$	21.7		23.1		24.3		25.6		27.0	
Densidad seca del espécimen (Mg/m <sup>3</sup> )	$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$	1.27		1.31		1.33		1.32		1.29	
Peso unitario seco (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d = 9.807 \rho_d$	12.45		12.83		13.06		12.90		12.64	
Peso unitario húmedo (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_m = 9.807 \rho_m$	15.15		15.79		16.24		16.21		16.05	
Peso unitario saturado (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + \frac{w G_s}{100}}$	15.77		15.43		15.15		14.84		14.53	



W<sub>opt</sub>= 24.3%  
 γ<sub>dmax</sub>=13.1kN/m<sup>3</sup>

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

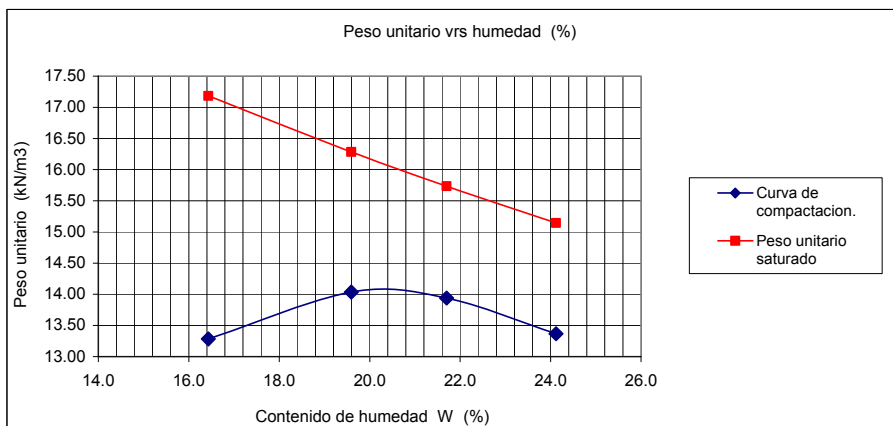
LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



ENSAYO: RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD PRUEBA PROCTOR ASTM D 698-00a

Muestra:	Mezcla 2-A y 2-B	Fecha:	06/05/09		
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Datos del Ensayo:					
Método (A o B)	A	Método de preparación (seco o húmedo):	Húmedo.	Volumen del molde:	969.43 cm <sup>3</sup>
Peso del martillo:	24.4 N	Tipo de pison manual o mecánico:		Manual	
Descripción de la muestra:	Mayor porcentaje de limos que de arena, color café claro				
Clasificación y símbolo SUCS:	Arena limosa, SM	Humedad:	10.22%		
Gravedad específica, G <sub>s</sub> :	2.41	Método de determinación G <sub>s</sub> :	Pícnómetro con agua.		

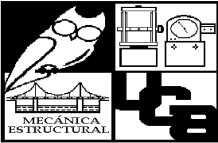
Determinación humedad		1		2		3		4	
Charola N°		1	2	3	4	5	6	7	8
Masa húmeda + charola (g)	$M_{csh}$	135.2	121.7	177.2	140.5	117.8	123.9	125.6	111.4
Masa suelo seco + charola (g)	$M_{css}$	123.5	110	157	123.6	104.7	109.7	110	98.2
Masa de agua (g)	$M_a = M_{csh} - M_{css}$	11.7	11.7	20.2	16.9	13.1	14.2	15.6	13.2
Masa charola (g)	$M_c$	52.9	38.2	52.9	38.2	44.2	44.4	44.2	44.4
Masa suelo seco (g)	$M_{ss} = M_{css} - M_c$	70.6	71.8	104.1	85.4	60.5	65.3	65.8	53.8
% de humedad	$w = \frac{M_a}{M_{ss}} \times 100$	16.572	16.295	19.40	19.79	21.65	21.75	23.71	24.54
Precisión de pruebas de humedades		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE	
% de humedad promedio	$\% w_{PROMEL}$	16.4		19.6		21.7		24.1	
Densidad seca del espécimen (Mg/m <sup>3</sup> )	$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$	1.35		1.43		1.42		1.36	
Peso unitario seco (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d = 9.807 \rho_d$	13.28		14.03		13.94		13.37	
Peso unitario húmedo (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_m = 9.807 \rho_m$	15.47		16.78		16.96		16.59	
Peso unitario saturado (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + w G_s / 100}$	17.19		16.28		15.73		15.15	



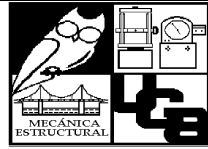
OBSERVACIONES:



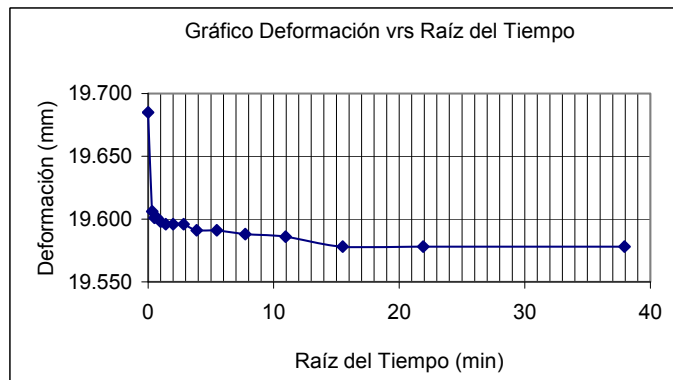
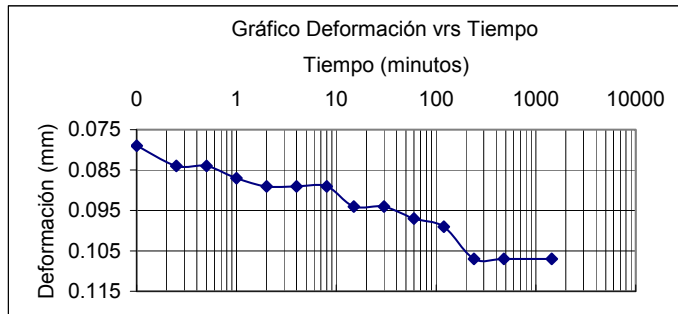
e) ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL ASTM D 2435-96

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA		
		
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96	
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.	
DATOS DE ENSAYO		
Tipo de Muestra	Muestra 1-A COIGNIMBRITAS	
Estado de la Muestra	Natural	
Diámetro del anillo 1	6.34	cm
Diámetro del anillo 2	6.31	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	6.32	cm
Altura del anillo 1	1.97	cm
Altura del anillo 2	1.97	cm
Altura promedio, $H_0$	1.97	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	143.80	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	31.42	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	61.84	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi}= W_{anillo+shi} - W_{anillo}$	73.20	g
Gravedad específica, $G_s$	2.42	adimensional
Densidad humeda	1.18	g/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad inicial		
# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	14.56	24.41
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	31.10	46.65
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	29.11	44.01
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	14.55	19.60
Peso del agua (g), $W_w$	1.99	2.64
Contenido de humedad (%), $w$	13.68	13.47
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	13.6	
Precisión	Cumple	
Contenido de humedad final		
Peso de tara	44.87	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	185.13	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	69.66	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	179.94	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	64.47	g
Contenido de humedad final, $w_f$	8.05	%
Grado de saturación antes del ensayo		
$S_0=100*(W_{shi}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_0- H_s))$	24.80	%
Grado de saturación después del ensayo		
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_f- H_s))$	17.68	%
Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.04	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s= W_{ss}/(G_s *\rho_w)$	26.64	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s= V_s/A$	0.85	cm

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



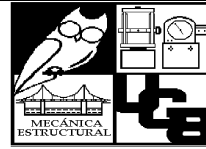
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	12 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	171.9	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
11-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	171.9	0.000	19.685	0.00
	0.10	164.0	0.079	19.606	0.32
	0.25	163.5	0.084	19.601	0.50
	0.50	163.5	0.084	19.601	0.71
	1	163.2	0.087	19.598	1.00
	2	163.0	0.089	19.596	1.41
	4	163.0	0.089	19.596	2.00
	8	163.0	0.089	19.596	2.83
	15	162.5	0.094	19.591	3.87
	30	162.5	0.094	19.591	5.48
12-5-09 HORA: 8:00A.M.	60	162.2	0.097	19.588	7.75
	120	162.0	0.099	19.586	10.95
	240	161.2	0.107	19.578	15.49
	480	161.2	0.107	19.578	21.91
	1440	161.2	0.107	19.578	37.95



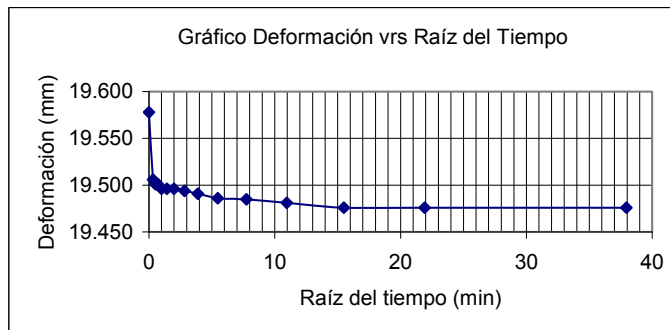
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



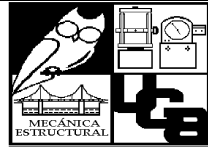
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	25 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	161.2	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
12-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	161.2	0.000	19.578	0.00
	0.10	154.0	0.072	19.506	0.32
	0.25	153.5	0.077	19.501	0.50
	0.50	153.5	0.077	19.501	0.71
	1	153.0	0.082	19.496	1.00
	2	153.0	0.082	19.496	1.41
	4	153.0	0.082	19.496	2.00
	8	152.8	0.084	19.494	2.83
	15	152.5	0.087	19.491	3.87
	30	152.0	0.092	19.486	5.48
	60	151.9	0.093	19.485	7.75
	120	151.5	0.097	19.481	10.95
	240	151.0	0.102	19.476	15.49
	480	151.0	0.102	19.476	21.91
13-5-09 HORA: 8:00A.M.	1440	151.0	0.102	19.476	37.95



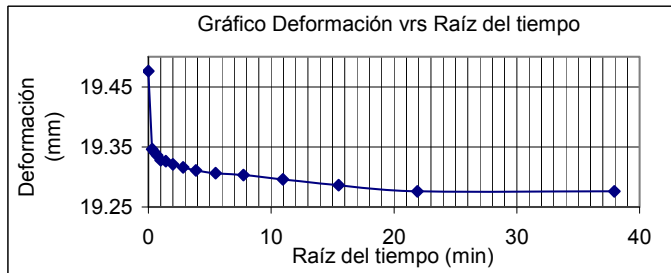
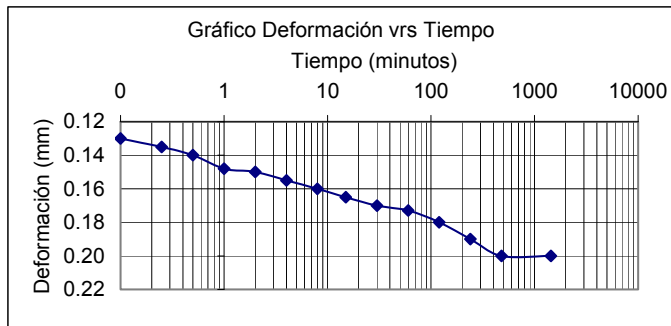
OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



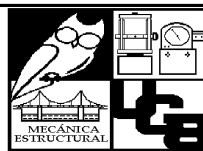
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	50 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	151	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
13-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	151.0	0.000	19.476	0.00
	0.10	138.0	0.130	19.346	0.32
	0.25	137.5	0.135	19.341	0.50
	0.50	137.0	0.140	19.336	0.71
	1	136.2	0.148	19.328	1.00
	2	136.0	0.150	19.326	1.41
	4	135.5	0.155	19.321	2.00
	8	135.0	0.160	19.316	2.83
	15	134.5	0.165	19.311	3.87
	30	134.0	0.170	19.306	5.48
14-5-09 HORA: 8:00A.M.	60	133.7	0.173	19.303	7.75
	120	133.0	0.180	19.296	10.95
	240	132.0	0.190	19.286	15.49
	480	131.0	0.200	19.276	21.91
	1440	131.0	0.200	19.276	37.95



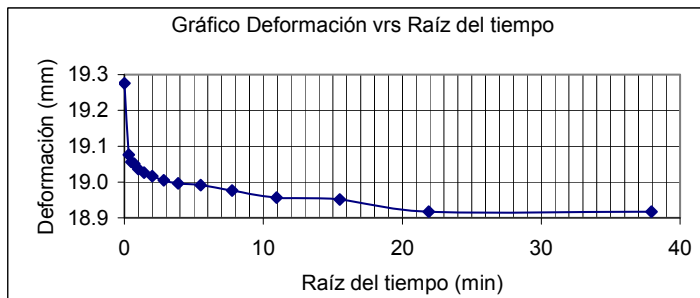
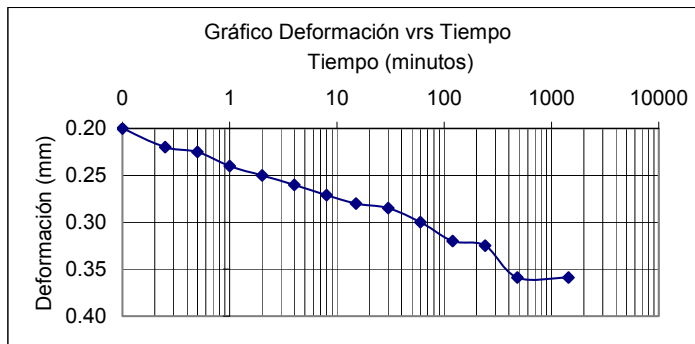
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

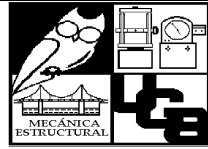


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	100 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	131	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
14-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	131.0	0.000	19.276	0.00
	0.10	111.0	0.200	19.076	0.32
	0.25	109.0	0.220	19.056	0.50
	0.50	108.5	0.225	19.051	0.71
	1	107.0	0.240	19.036	1.00
	2	106.0	0.250	19.026	1.41
	4	105.0	0.260	19.016	2.00
	8	103.9	0.271	19.005	2.83
	15	103.0	0.280	18.996	3.87
	30	102.5	0.285	18.991	5.48
	60	101.0	0.300	18.976	7.75
	120	99.0	0.320	18.956	10.95
240	98.5	0.325	18.951	15.49	
480	95.1	0.359	18.917	21.91	
15-5-09 HORA: 8:00A.M.	1440	95.1	0.359	18.917	37.95

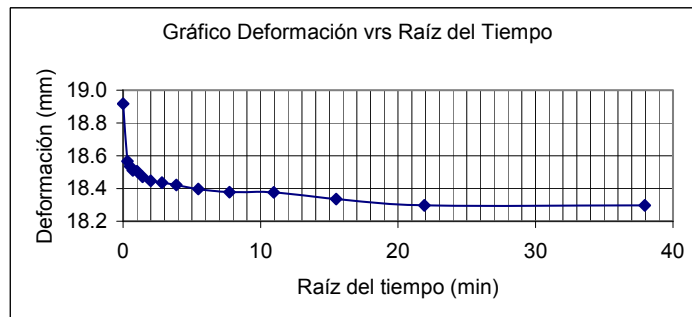
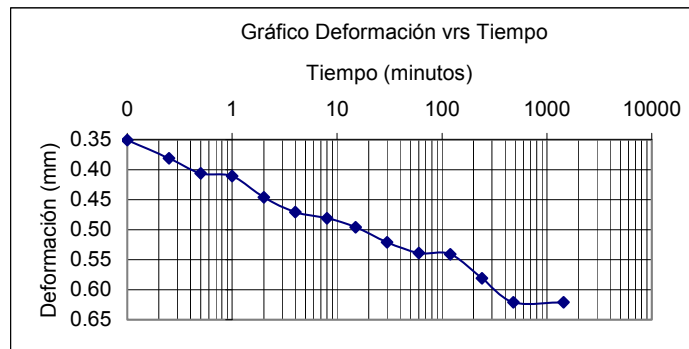


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

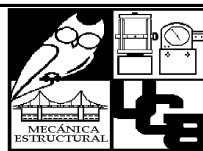


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	200 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	95.1	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
15-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	95.1	0.000	18.917	0.00
	0.10	60.0	0.351	18.566	0.32
	0.25	57.0	0.381	18.536	0.50
	0.50	54.5	0.406	18.511	0.71
	1	54.0	0.411	18.506	1.00
	2	50.5	0.446	18.471	1.41
	4	48.0	0.471	18.446	2.00
	8	47.0	0.481	18.436	2.83
	15	45.5	0.496	18.421	3.87
	30	43.0	0.521	18.396	5.48
	60	41.2	0.539	18.378	7.75
16-5-09 HORA: 8:00A.M.	120	41.0	0.541	18.376	10.95
	240	37.0	0.581	18.336	15.49
	480	33.0	0.621	18.296	21.91
	1440	33.0	0.621	18.296	37.95

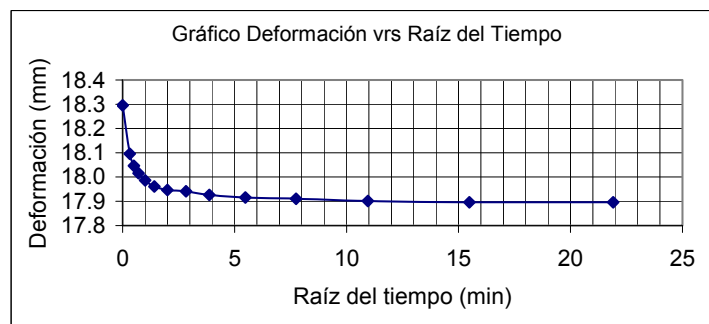
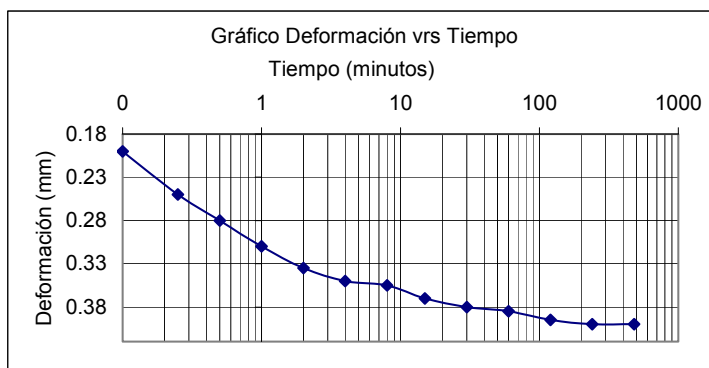


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

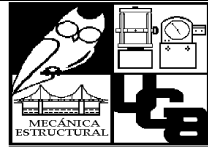


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	400 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	33	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
18-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	33.0	0.000	18.296	0.00
	0.10	13.0	0.200	18.096	0.32
	0.25	8.0	0.250	18.046	0.50
	0.50	5.0	0.280	18.016	0.71
	1	2.0	0.310	17.986	1.00
	2	999.5	0.335	17.961	1.41
	4	998.0	0.350	17.946	2.00
	8	997.5	0.355	17.941	2.83
	15	996.0	0.370	17.926	3.87
	30	995.0	0.380	17.916	5.48
	60	994.5	0.385	17.911	7.75
	120	993.5	0.395	17.901	10.95
	240	993.0	0.400	17.896	15.49
	480	993.0	0.400	17.896	21.91
19-5-09 HORA: 8:00A.M.	1400	993.0	0.400	17.896	37.42

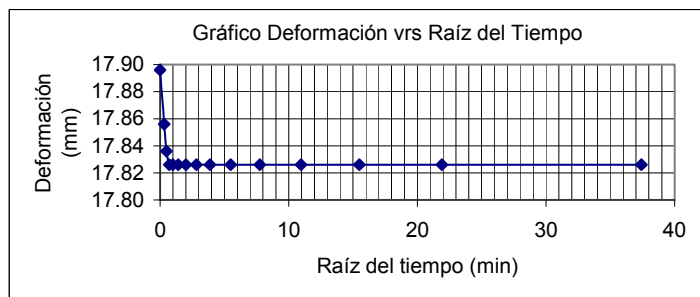
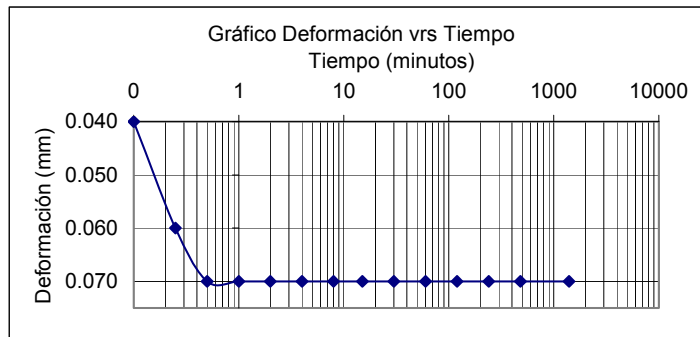


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	800 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	933	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
19-5-09 HORA: 8:50A.M.	0.00	993	0.000	17.896	0.00
	0.10	989	0.040	17.856	0.32
	0.25	987	0.060	17.836	0.50
	0.50	986	0.070	17.826	0.71
	1	986	0.070	17.826	1.00
	2	986	0.070	17.826	1.41
	4	986	0.070	17.826	2.00
	8	986	0.070	17.826	2.83
	15	986	0.070	17.826	3.87
	30	986	0.070	17.826	5.48
20-5-09 HORA: 8:50A.M.	60	986	0.070	17.826	7.75
	120	986	0.070	17.826	10.95
	240	986	0.070	17.826	15.49
	480	986	0.070	17.826	21.91
	1400	986	0.070	17.826	37.42

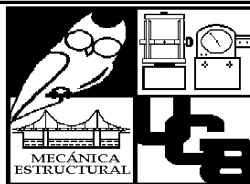


OBSERVACIONES:

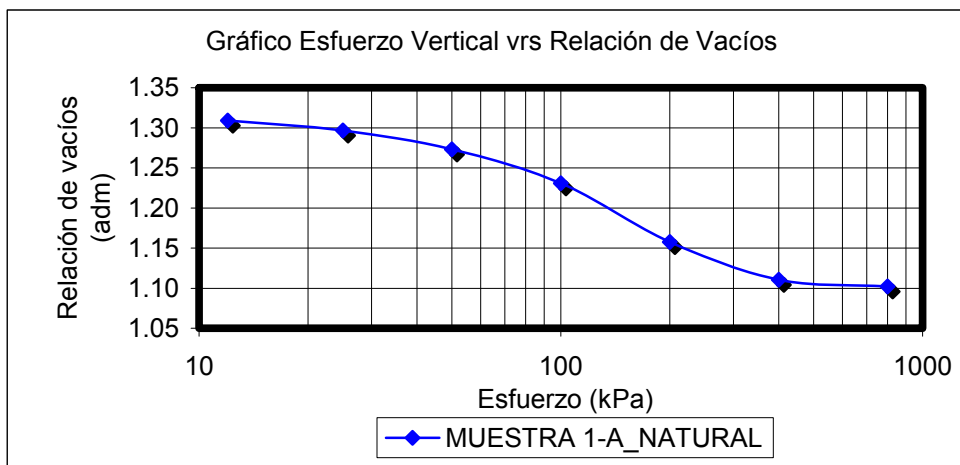
\_\_\_\_\_



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**

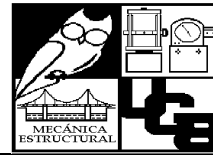


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
Muestra:	1-A	Estado del ensayo:	Natural	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	17.90	17.83	1.11	1.10
400	18.30	17.90	1.16	1.11
200	18.92	18.30	1.23	1.16
100	19.28	18.92	1.27	1.23
50	19.48	19.28	1.30	1.27
25	19.58	19.48	1.31	1.30
12	19.69	19.58	1.32	1.31



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

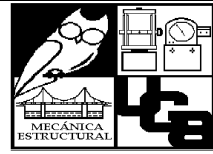


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.

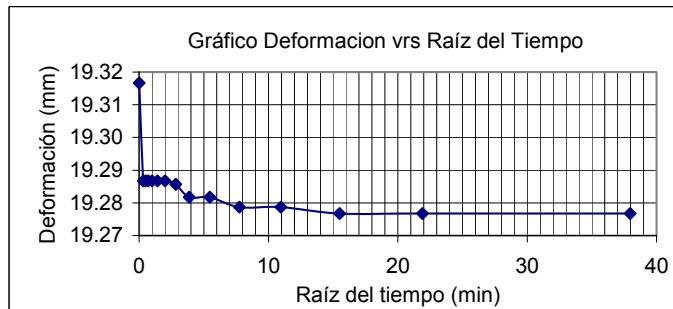
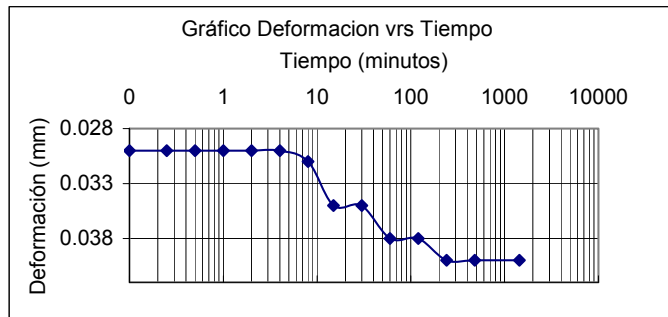
**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 1-A_COIGNIMBRITAS	
Estado de la Muestra	Saturada	
Diámetro del anillo 1	5.04	cm
Diámetro del anillo 2	5.03	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	5.04	cm
Altura del anillo 1	1.93	cm
Altura del anillo 2	1.93	cm
Altura promedio, $H_0$	1.93	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	108.00	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	19.94	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	38.51	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi} = W_{anillo+shi} - W_{anillo}$	45.50	g
Gravedad específica, $G_s$	2.42	adimensional
Densidad humeda	1.18	g/cm <sup>3</sup>
<b>Contenido de humedad inicial</b>		
# Tara	1.00	2
Peso de la tara (g), $W_t$	14.56	24.41
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	30.83	46.32
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	29.11	44.01
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	14.55	19.60
Peso del agua (g), $W_w$	1.72	2.31
Contenido de humedad (%), $w$	11.82	11.79
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	11.80	
Precisión	Cumple	
<b>Contenido de humedad final</b>		
Peso de tara	25.80	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	140.13	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	51.83	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	128.94	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	40.64	g
Contenido de humedad final, $w_f$	27.53	%
<b>Grado de saturación antes del ensayo</b>		
$S_0=100*(W_{shi}-W_{ssf})/(A*r_w*(H_0- H_s))$	22.38	%
<b>Grado de saturación después del ensayo</b>		
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*r_w*(H_f- H_s))$	71.57	%
<b>Densidad seca , <math>\rho_d = W_{ss}/V_0</math></b>		
	1.06	g/cm <sup>3</sup>
<b>Volumen de sólidos, <math>V_s = W_{ss}/(G_s * \rho_w)</math></b>		
	16.79	cm <sup>3</sup>
<b>Altura equivalente de sólidos, <math>H_s = V_s/A</math></b>		
	0.84	cm

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

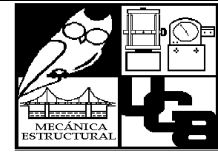


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	12 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	2200		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
11-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	2200.0	0.000	19.317	0.00
	0.10	2197.0	0.030	19.287	0.32
	0.25	2197.0	0.030	19.287	0.50
	0.50	2197.0	0.030	19.287	0.71
	1	2197.0	0.030	19.287	1.00
	2	2197.0	0.030	19.287	1.41
	4	2197.0	0.030	19.287	2.00
	8	2196.9	0.031	19.286	2.83
	15	2196.5	0.035	19.282	3.87
	30	2196.5	0.035	19.282	5.48
	60	2196.2	0.038	19.279	7.75
	120	2196.2	0.038	19.279	10.95
	240	2196.0	0.040	19.277	15.49
	480	2196.0	0.040	19.277	21.91
12-5-09 HORA: 8:00A.M.	1440	2196.0	0.040	19.277	37.95

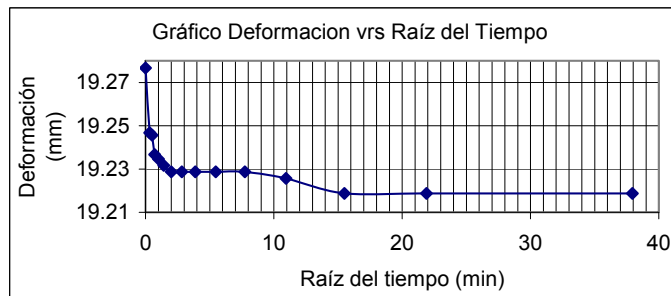
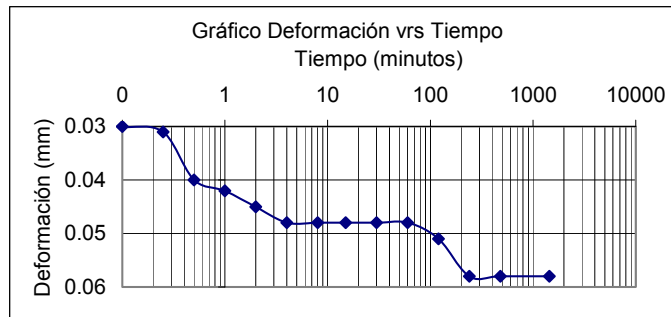


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

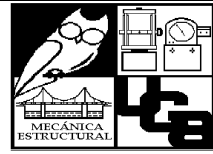


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	25 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	2193		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
12-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	2193.0	0.000	19.277	0.00
	0.10	2190.0	0.030	19.247	0.32
	0.25	2189.9	0.031	19.246	0.50
	0.50	2189.0	0.040	19.237	0.71
	1	2188.8	0.042	19.235	1.00
	2	2188.5	0.045	19.232	1.41
	4	2188.2	0.048	19.229	2.00
	8	2188.2	0.048	19.229	2.83
	15	2188.2	0.048	19.229	3.87
	30	2188.2	0.048	19.229	5.48
	60	2188.2	0.048	19.229	7.75
	120	2187.9	0.051	19.226	10.95
	240	2187.2	0.058	19.219	15.49
480	2187.2	0.058	19.219	21.91	
13-5-09 HORA: 8:00A.M.	1440	2187.2	0.058	19.219	37.95

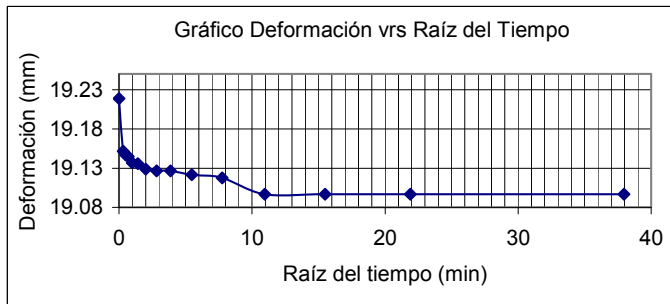
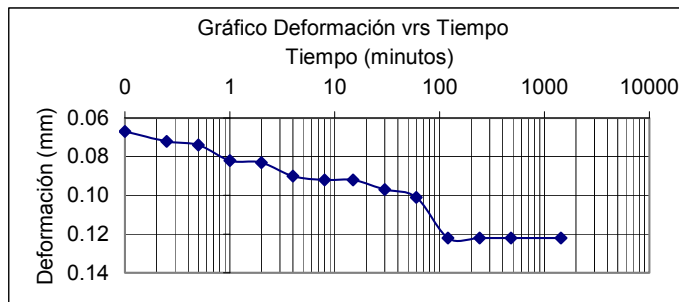


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



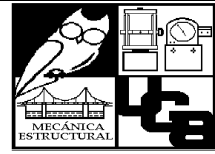
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	50 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	2187.2		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
13-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	2187.2	0.000	19.219	0.00
	0.10	2180.5	0.067	19.152	0.32
	0.25	2180.0	0.072	19.147	0.50
	0.50	2179.8	0.074	19.145	0.71
	1	2179.0	0.082	19.137	1.00
	2	2178.9	0.083	19.136	1.41
	4	2178.2	0.090	19.129	2.00
	8	2178.0	0.092	19.127	2.83
	15	2178.0	0.092	19.127	3.87
	30	2177.5	0.097	19.122	5.48
	60	2177.1	0.101	19.118	7.75
	120	2175.0	0.122	19.097	10.95
	240	2175.0	0.122	19.097	15.49
	480	2175.0	0.122	19.097	21.91
14-5-09 HORA: 8:00A.M.	1440	2175.0	0.122	19.097	37.95



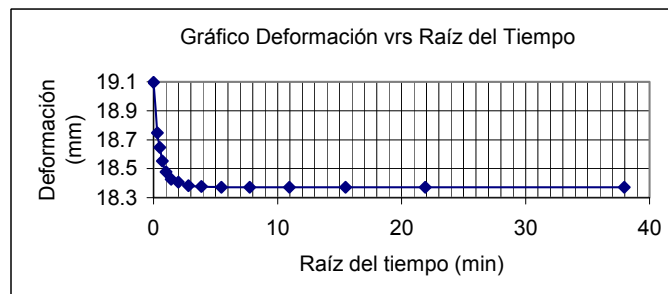
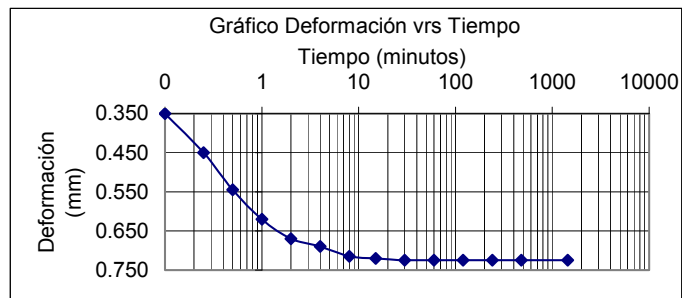
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	100 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	2175	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
14-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	2175.0	0.000	19.097	0.00
	0.10	2140.0	0.350	18.747	0.32
	0.25	2130.0	0.450	18.647	0.50
	0.50	2120.5	0.545	18.552	0.71
	1	2113.0	0.620	18.477	1.00
	2	2108.0	0.670	18.427	1.41
	4	2106.0	0.690	18.407	2.00
	8	2103.5	0.715	18.382	2.83
	15	2103.0	0.720	18.377	3.87
	30	2102.5	0.725	18.372	5.48
	60	2102.5	0.725	18.372	7.75
	120	2102.5	0.725	18.372	10.95
	240	2102.5	0.725	18.372	15.49
480	2102.5	0.725	18.372	21.91	
15-5-09 HORA: 8:00A.M.	1440	2102.5	0.725	18.372	37.95



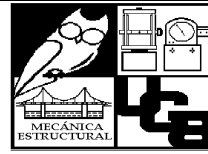
OBSERVACIONES:

---

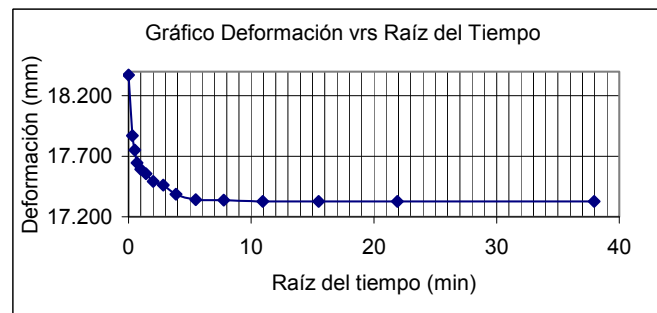
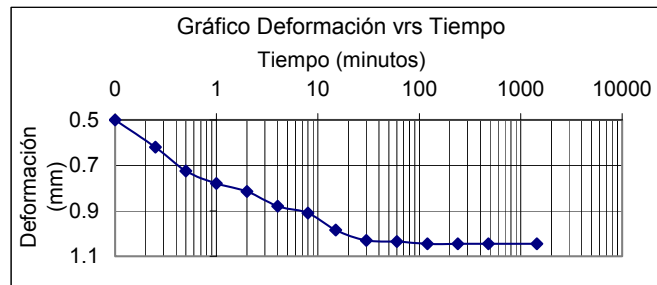


---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

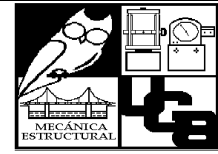


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	200 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	2102.5		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
15-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	2102.5	0.000	18.372	0.00
	0.10	2052.5	0.500	17.872	0.32
	0.25	2040.5	0.620	17.752	0.50
	0.50	2030.0	0.725	17.647	0.71
	1	2024.5	0.780	17.592	1.00
	2	2021.0	0.815	17.557	1.41
	4	2014.5	0.880	17.492	2.00
	8	2011.5	0.910	17.462	2.83
	15	2004.0	0.985	17.387	3.87
	30	1999.5	1.030	17.342	5.48
	60	1999.0	1.035	17.337	7.75
	120	1998.0	1.045	17.327	10.95
	240	1998.0	1.045	17.327	15.49
	480	1998.0	1.045	17.327	21.91
16-5-09 HORA: 8:00A.M.	1440	1998.0	1.045	17.327	37.95

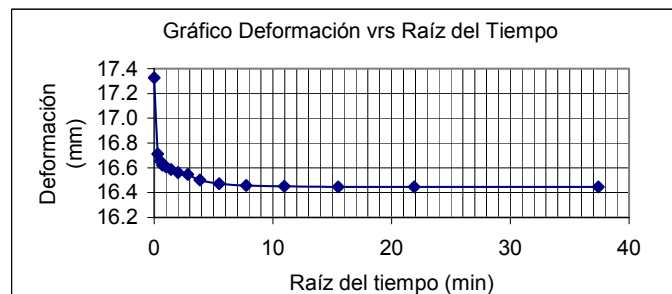
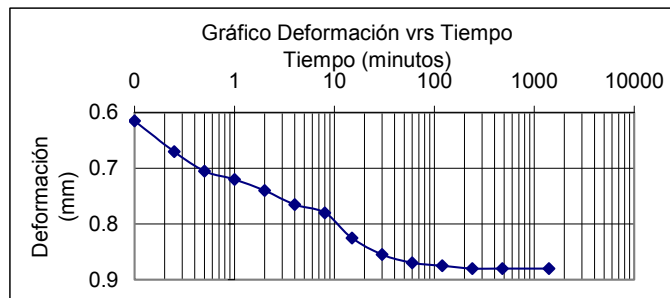


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	400 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1998	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
18-5-09 HORA: 8:00A.M.	0.00	1998.0	0.000	17.327	0.00
	0.10	1936.5	0.615	16.712	0.32
	0.25	1931.0	0.670	16.657	0.50
	0.50	1927.5	0.705	16.622	0.71
	1	1926.0	0.720	16.607	1.00
	2	1924.0	0.740	16.587	1.41
	4	1921.5	0.765	16.562	2.00
	8	1920.0	0.780	16.547	2.83
	15	1915.5	0.825	16.502	3.87
	30	1912.5	0.855	16.472	5.48
	60	1911.0	0.870	16.457	7.75
	120	1910.5	0.875	16.452	10.95
	240	1910.0	0.880	16.447	15.49
480	1910.0	0.880	16.447	21.91	
19-5-09 HORA: 8:00 A.M	1400	1910.0	0.880	16.447	37.42

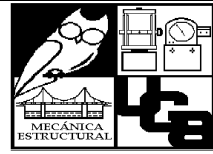


OBSERVACIONES:

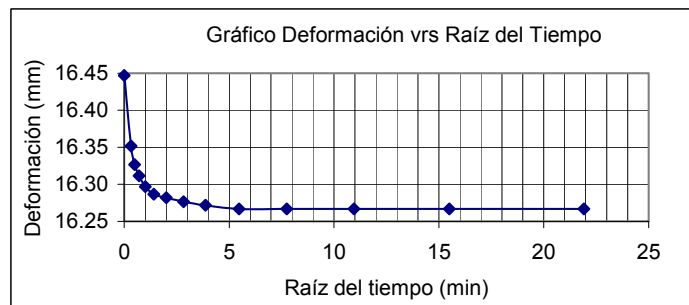
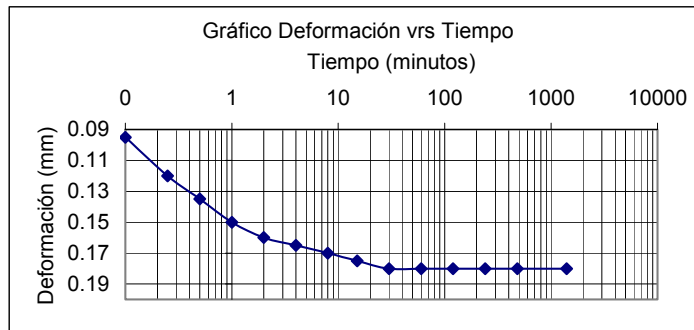
---



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



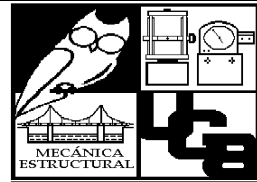
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	800 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	1910		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
19-5-09 HORA: 8:50 A.M	0.00	1910.0	0.000	16.447	0.00
	0.10	1900.5	0.095	16.352	0.32
	0.25	1898.0	0.120	16.327	0.50
	0.50	1896.5	0.135	16.312	0.71
	1	1895.0	0.150	16.297	1.00
	2	1894.0	0.160	16.287	1.41
	4	1893.5	0.165	16.282	2.00
	8	1893.0	0.170	16.277	2.83
	15	1892.5	0.175	16.272	3.87
	30	1892.0	0.180	16.267	5.48
	60	1892.0	0.180	16.267	7.75
	120	1892.0	0.180	16.267	10.95
	240	1892.0	0.180	16.267	15.49
	480	1892.0	0.180	16.267	21.91
20-5-09 HORA: 8:50A.M.	1400	1892.0	0.180	16.267	37.42



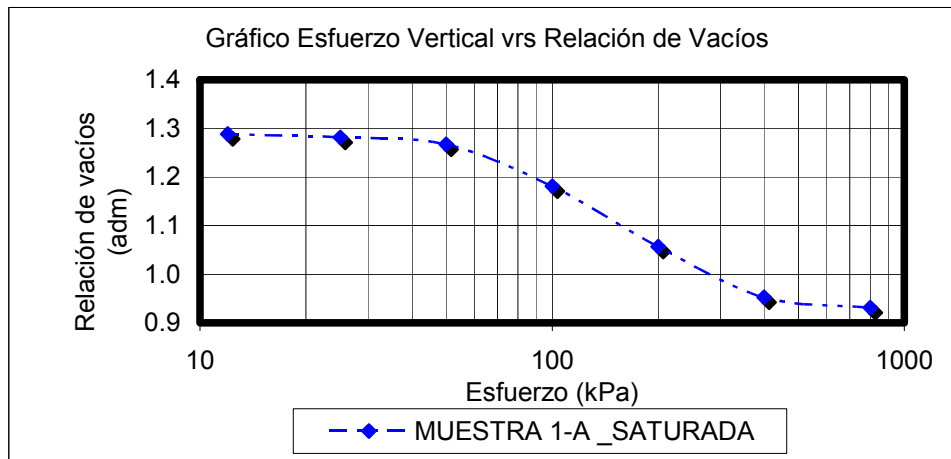
OBSERVACIONES:

---

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**

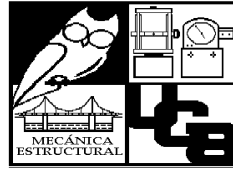


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
Muestra:	1-A	Estado del ensayo:	Saturado	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	16.45	16.27	0.95	0.93
400	17.33	16.45	1.06	0.95
200	18.37	17.33	1.18	1.06
100	19.10	18.37	1.27	1.18
50	19.22	19.10	1.28	1.27
25	19.28	19.22	1.29	1.28
12	19.32	19.28	1.29	1.29

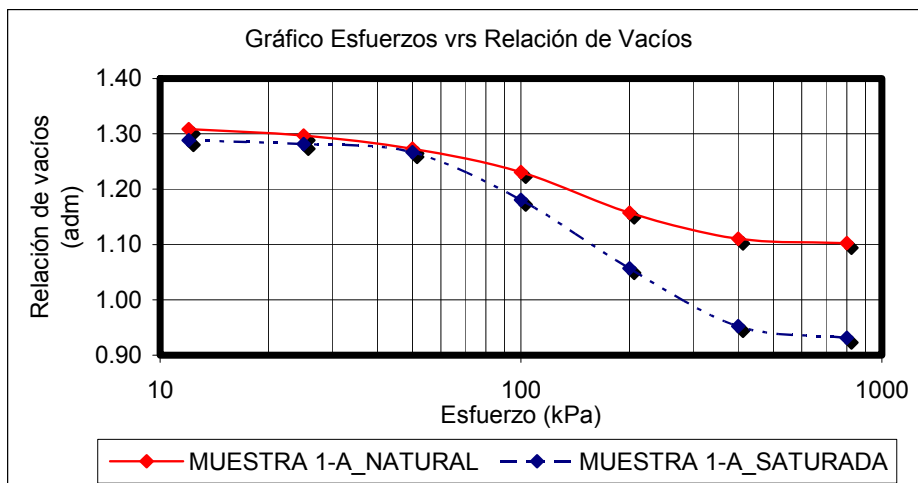


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
Estado del ensayo:	Natural	Muestra:	1-A	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	17.90	17.83	1.11	1.10
400	18.30	17.90	1.16	1.11
200	18.92	18.30	1.23	1.16
100	19.28	18.92	1.27	1.23
50	19.48	19.28	1.30	1.27
25	19.58	19.48	1.31	1.30
12	19.69	19.58	1.32	1.31
Estado del ensayo:	Saturado	Muestra:	1-A	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	16.45	16.27	0.95	0.93
400	17.33	16.45	1.06	0.95
200	18.37	17.33	1.18	1.06
100	19.10	18.37	1.27	1.18
50	19.22	19.10	1.28	1.27
25	19.28	19.22	1.29	1.28
12	19.32	19.28	1.29	1.29



OBSERVACIONES:

---

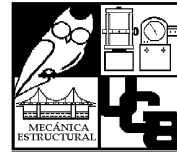


---



---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 1-B IGIMBRITAS	
Estado de la Muestra	Natural	
Diámetro del anillo 1	6.34	cm
Diámetro del anillo 2	6.31	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	6.32	cm
Altura del anillo 1	1.97	cm
Altura del anillo 2	1.97	cm
Altura promedio, $H_0$	1.97	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	162.77	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	31.42	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	61.84	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi}=W_{anillo+shi}-W_{anillo}$	83.18	g
Gravedad específica, $G_s$	2.41	adimensional
Densidad húmeda	1.35	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

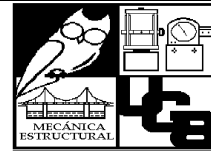
# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	13.90	15.00
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	51.40	46.10
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	46.50	42.00
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	32.60	27.00
Peso del agua (g), $W_w$	4.90	4.10
Contenido de humedad (%), $w$	15.03	15.19
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	15.11	
Precisión	Cumple	

**Contenido de humedad final**

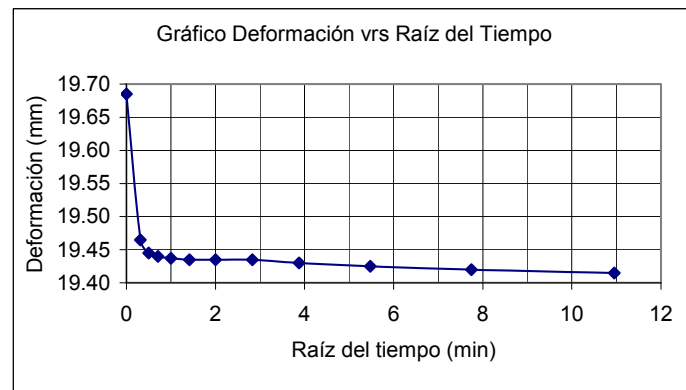
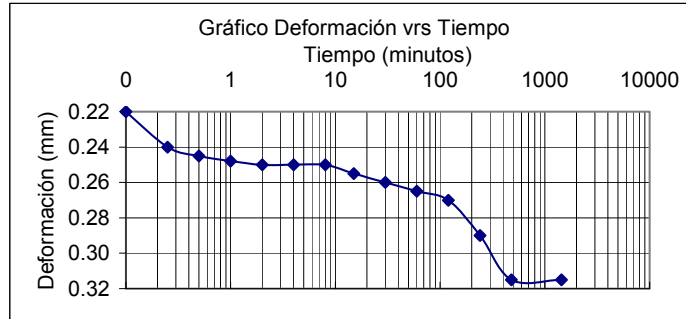
Peso de tara	44.93	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	191.32	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	75.79	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	187.78	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	72.25	g
Contenido de humedad final, $w_f$	4.90	%

<b>Grado de saturación antes del ensayo</b> $S_0=100*(W_{shi}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_0-H_s))$	34.30	%
<b>Grado de saturación después del ensayo</b> $S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_f-H_s))$	16.86	%
Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.17	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s= W_{ss}/(G_s*\rho_w)$	29.98	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s= V_s/A$	0.95	cm

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



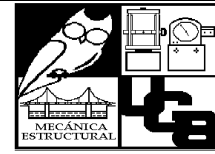
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	12 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	500		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
20-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	500.0	0.000	19.685	0.00
	0.10	478.0	0.220	19.465	0.32
	0.25	476.0	0.240	19.445	0.50
	0.50	475.5	0.245	19.440	0.71
	1	475.2	0.248	19.437	1.00
	2	475.0	0.250	19.435	1.41
	4	475.0	0.250	19.435	2.00
	8	475.0	0.250	19.435	2.83
	15	474.5	0.255	19.430	3.87
	30	474.0	0.260	19.425	5.48
	60	473.5	0.265	19.420	7.75
	120	473.0	0.270	19.415	10.95
	240	471.0	0.290	19.395	15.49
480	468.5	0.315	19.370	21.91	
21-5-09 HORA: 9:00 A.M	1440	468.5	0.315	19.370	37.95



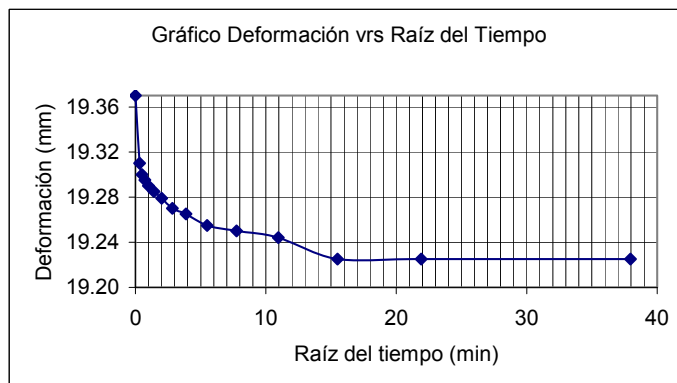
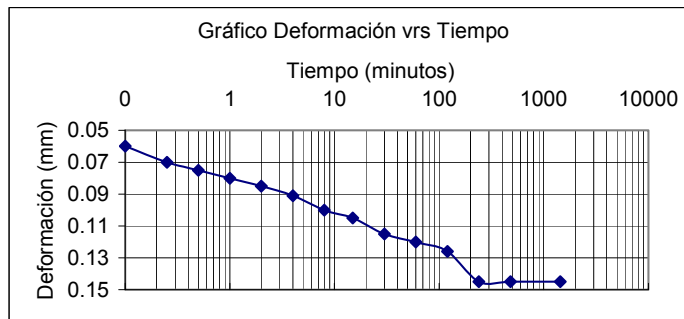
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



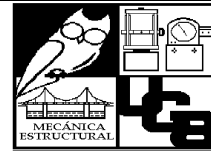
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	25 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	468.5		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
21-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	468.5	0.000	19.370	0.00
	0.10	462.5	0.060	19.310	0.32
	0.25	461.5	0.070	19.300	0.50
	0.50	461.0	0.075	19.295	0.71
	1	460.5	0.080	19.290	1.00
	2	460.0	0.085	19.285	1.41
	4	459.4	0.091	19.279	2.00
	8	458.5	0.100	19.270	2.83
	15	458.0	0.105	19.265	3.87
	30	457.0	0.115	19.255	5.48
	60	456.5	0.120	19.250	7.75
	120	455.9	0.126	19.244	10.95
	240	454.0	0.145	19.225	15.49
480	454.0	0.145	19.225	21.91	
22-5-09 HORA: 9:00 A.M	1440	454.0	0.145	19.225	37.95



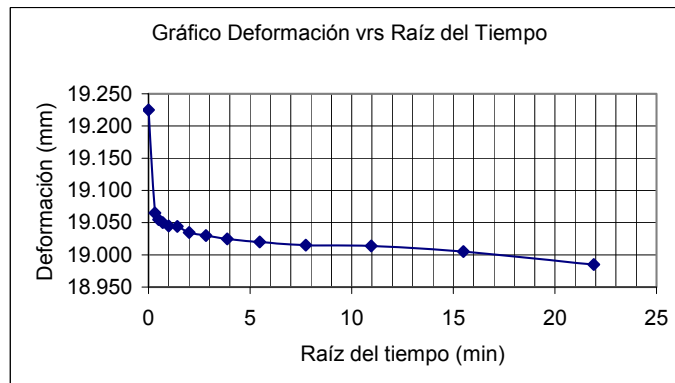
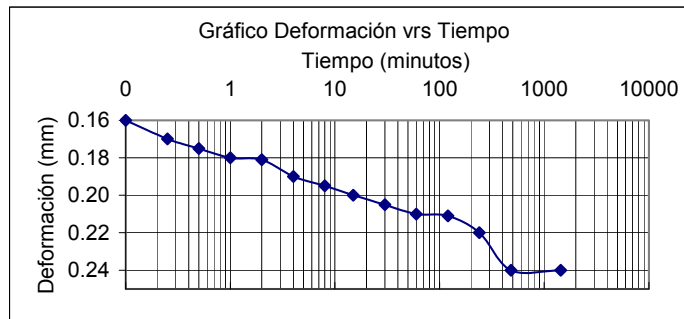
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



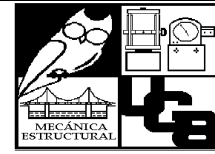
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	50 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	454	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
22-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	454.0	0.000	19.225	0.00
	0.10	438.0	0.160	19.065	0.32
	0.25	437.0	0.170	19.055	0.50
	0.50	436.5	0.175	19.050	0.71
	1	436.0	0.180	19.045	1.00
	2	435.9	0.181	19.044	1.41
	4	435.0	0.190	19.035	2.00
	8	434.5	0.195	19.030	2.83
	15	434.0	0.200	19.025	3.87
	30	433.5	0.205	19.020	5.48
	60	433.0	0.210	19.015	7.75
	120	432.9	0.211	19.014	10.95
	240	432.0	0.220	19.005	15.49
480	430.0	0.240	18.985	21.91	
23-5-09 HORA: 9:00 A.M.	1440	430.0	0.240	18.985	37.95



OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	100 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	430		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
25-5-09 HORA: 9:30 A.M.	0.00	430.0	0.000	18.985	0.00
	0.10	405.0	0.250	18.735	0.32
	0.25	395.0	0.350	18.635	0.50
	0.50	390.0	0.400	18.585	0.71
	1	387.0	0.430	18.555	1.00
	2	387.0	0.430	18.555	1.41
	4	386.0	0.440	18.545	2.00
	8	382.0	0.480	18.505	2.83
	15	378.0	0.520	18.465	3.87
	30	361.0	0.690	18.295	5.48
	60	352.5	0.775	18.210	7.75
	120	339.7	0.903	18.082	10.95
	240	338.5	0.915	18.070	15.49
420	338.5	0.915	18.070	20.49	
26-5-09 HORA: 9:30 A.M.	1440	338.5	0.915	18.070	37.95

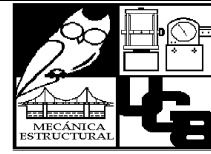


OBSERVACIONES:

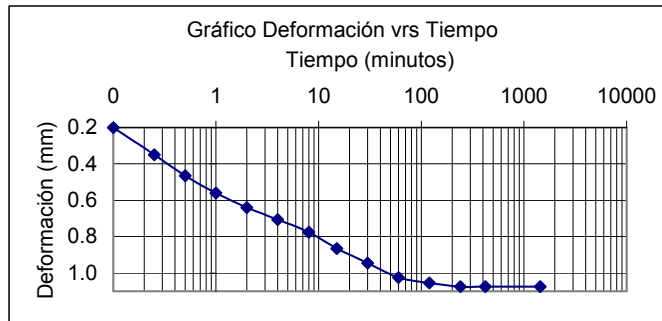
---



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

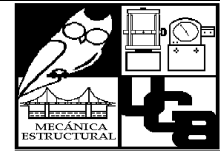


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	200 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	338.5		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
26-5-09 HORA: 9:30 A.M.	0.00	338.5	0.000	18.07	0.00
	0.10	318.5	0.200	17.87	0.32
	0.25	303.5	0.350	17.72	0.50
	0.50	292.0	0.465	17.61	0.71
	1	282.5	0.560	17.51	1.00
	2	274.5	0.640	17.43	1.41
	4	268.0	0.705	17.37	2.00
	8	261.0	0.775	17.30	2.83
	15	252.0	0.865	17.21	3.87
	30	244.0	0.945	17.13	5.48
	60	236.0	1.025	17.05	7.75
	120	233.0	1.055	17.02	10.95
27-5-09 HORA: 9:30 A.M.	240	231.0	1.075	17.00	15.49
	420	231.0	1.075	17.00	20.49
	1440	231.0	1.075	17.00	37.95

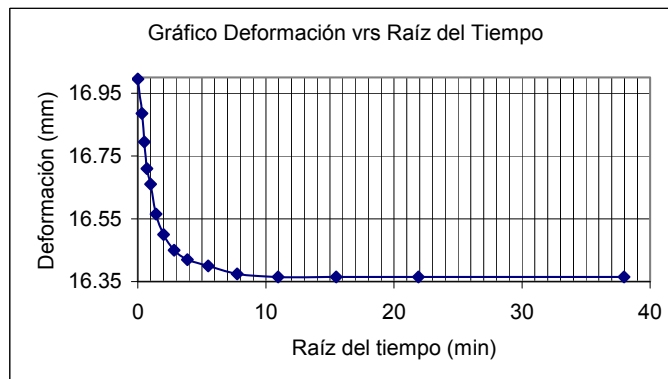
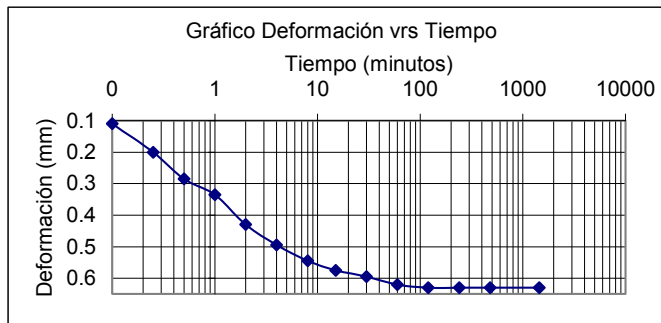


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	400 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	231		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
27-5-09 HORA: 9:30 A.M.	0.00	231.0	0.000	17.00	0.00
	0.10	220.0	0.110	16.89	0.32
	0.25	211.0	0.200	16.80	0.50
	0.50	202.5	0.285	16.71	0.71
	1	197.5	0.335	16.66	1.00
	2	188.0	0.430	16.57	1.41
	4	181.5	0.495	16.50	2.00
	8	176.5	0.545	16.45	2.83
	15	173.5	0.575	16.42	3.87
	30	171.5	0.595	16.40	5.48
	60	169.0	0.620	16.38	7.75
	120	168.0	0.630	16.37	10.95
	240	168.0	0.630	16.37	15.49
480	168.0	0.630	16.37	21.91	
28-5-09 HORA: 9:30 A.M.	1440	168.0	0.630	16.37	37.95



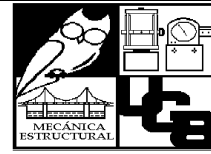
OBSERVACIONES:

---

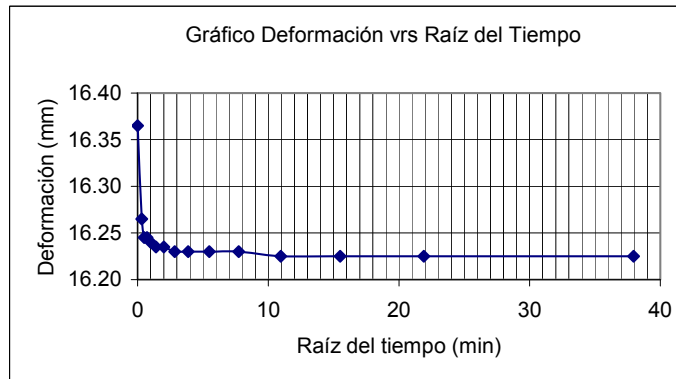
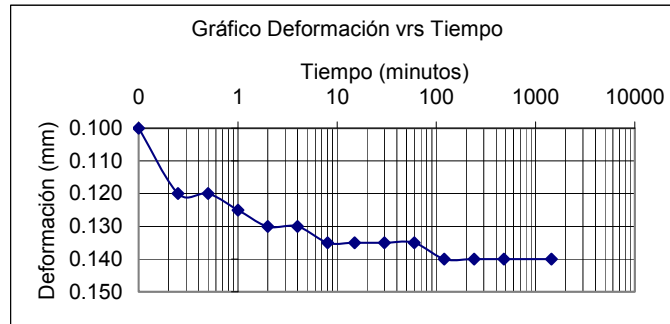


---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

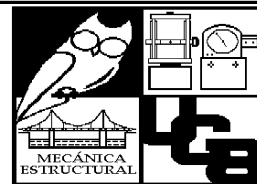


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	800 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	168		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
28-5-09 HORA: 9:30 A.M.	0.00	168.0	0.000	16.365	0.00
	0.10	158.0	0.100	16.265	0.32
	0.25	156.0	0.120	16.245	0.50
	0.50	156.0	0.120	16.245	0.71
	1	155.5	0.125	16.240	1.00
	2	155.0	0.130	16.235	1.41
	4	155.0	0.130	16.235	2.00
	8	154.5	0.135	16.230	2.83
	15	154.5	0.135	16.230	3.87
	30	154.5	0.135	16.230	5.48
	60	154.5	0.135	16.230	7.75
	120	154.0	0.140	16.225	10.95
	240	154.0	0.140	16.225	15.49
480	154.0	0.140	16.225	21.91	
29-5-09 HORA: 9:30 A.M.	1440	154.0	0.140	16.225	37.95

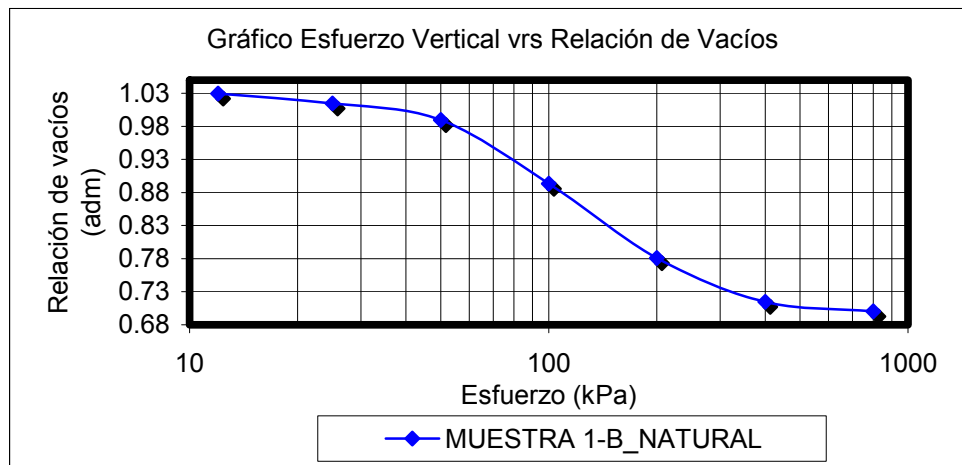


OBSERVACIONES:

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
Muestra:	1-B	Estado del ensayo:	Natural	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	16.37	16.23	0.71	0.70
400	17.00	16.37	0.78	0.71
200	18.07	17.00	0.89	0.78
100	18.99	18.07	0.99	0.89
50	19.23	18.99	1.01	0.99
25	19.37	19.23	1.03	1.01
12	19.69	19.37	1.06	1.03



OBSERVACIONES:

---

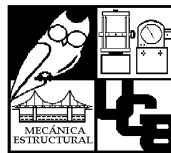


---



---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 1-B IGÑIMBRITAS	
Estado de la Muestra	SATURADA	
Diámetro del anillo 1	5.04	cm
Diámetro del anillo 2	5.03	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	5.04	cm
Altura del anillo 1	1.93	cm
Altura del anillo 2	1.93	cm
Altura promedio, $H_0$	1.93	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	114.61	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	19.94	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	38.51	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi} = W_{anillo+shi} - W_{anillo}$	52.11	g
Gravedad especifica, $G_s$	2.41	adimensional
Densidad humeda	1.35	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	13.90	15.00
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	51.50	46.15
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	46.50	42.00
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	32.60	27.00
Peso del agua (g), $W_w$	5.00	4.15
Contenido de humedad (%), w	15.34	15.37
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	15.35	
Precisión	Cumple	

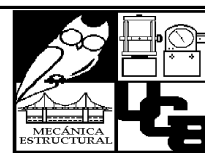
**Contenido de humedad final**

Peso de tara	89.76	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del anillo + suelo humedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	237.26	g
Peso del suelo humedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	57.74	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	197.46	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	45.20	g
Contenido de humedad final, $w_f$	27.74	%

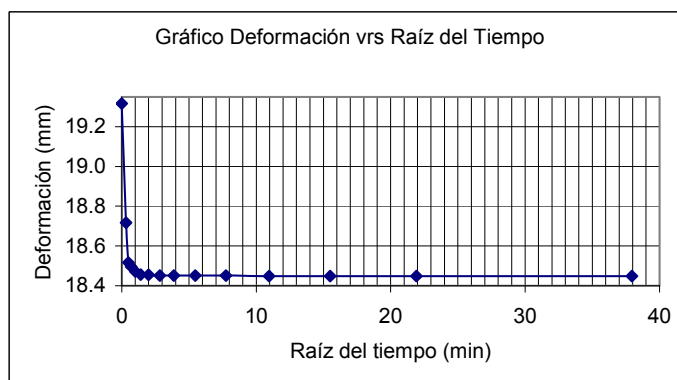
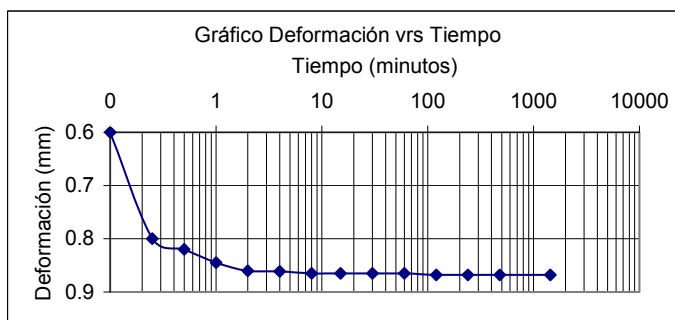
**Grado de Saturacion**

<b>Grado de saturación antes del ensayo</b>	34.98	%
$S_0=100*(W_{shi}-W_{ssf})/(A*r_w*(H_0- H_s))$		
<b>Grado de saturación después del ensayo</b>	98.54	%
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*r_w*(H_f- H_s))$		
Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.17	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s= W_{ss}/(G_s*\rho_w)$	18.76	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s= V_s/A$	0.94	cm

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

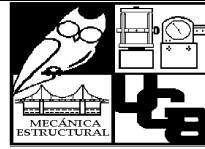


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	12 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1700	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
20-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1700.0	0.000	19.317	0.00
	0.10	1640.0	0.600	18.717	0.32
	0.25	1620.0	0.800	18.517	0.50
	0.50	1618.0	0.820	18.497	0.71
	1	1615.5	0.845	18.472	1.00
	2	1614.0	0.860	18.457	1.41
	4	1613.9	0.861	18.456	2.00
	8	1613.5	0.865	18.452	2.83
	15	1613.5	0.865	18.452	3.87
	30	1613.5	0.865	18.452	5.48
	60	1613.5	0.865	18.452	7.75
	120	1613.2	0.868	18.449	10.95
	240	1613.2	0.868	18.449	15.49
480	1613.2	0.868	18.449	21.91	
21-5-09 HORA: 9:00 A.M	1440	1613.2	0.868	18.449	37.95

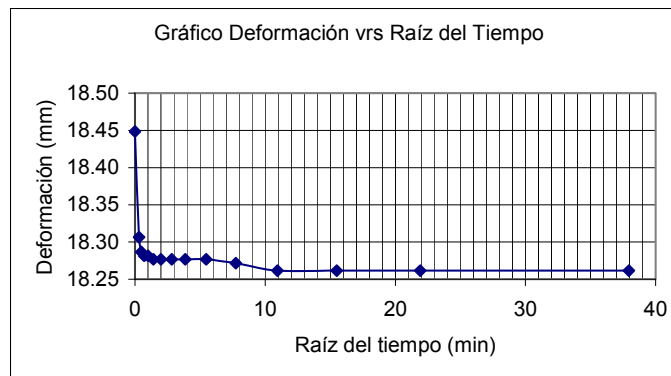
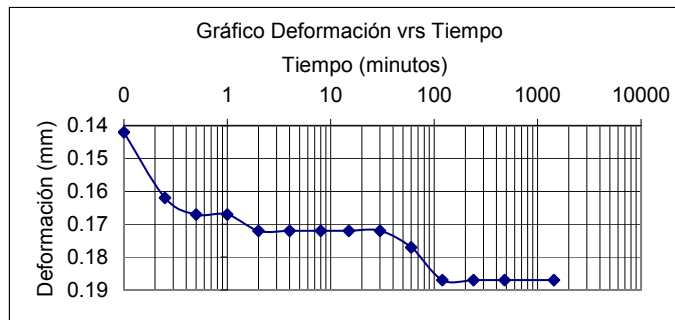


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

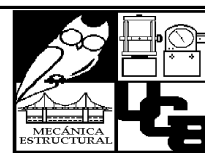


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	25 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1613.2	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
21-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1613.2	0.000	18.449	0.00
	0.10	1599.0	0.142	18.307	0.32
	0.25	1597.0	0.162	18.287	0.50
	0.50	1596.5	0.167	18.282	0.71
	1	1596.5	0.167	18.282	1.00
	2	1596.0	0.172	18.277	1.41
	4	1596.0	0.172	18.277	2.00
	8	1596.0	0.172	18.277	2.83
	15	1596.0	0.172	18.277	3.87
	30	1596.0	0.172	18.277	5.48
	60	1595.5	0.177	18.272	7.75
22-5-09 HORA: 9:00 A.M	120	1594.5	0.187	18.262	10.95
	240	1594.5	0.187	18.262	15.49
	480	1594.5	0.187	18.262	21.91
	1440	1594.5	0.187	18.262	37.95

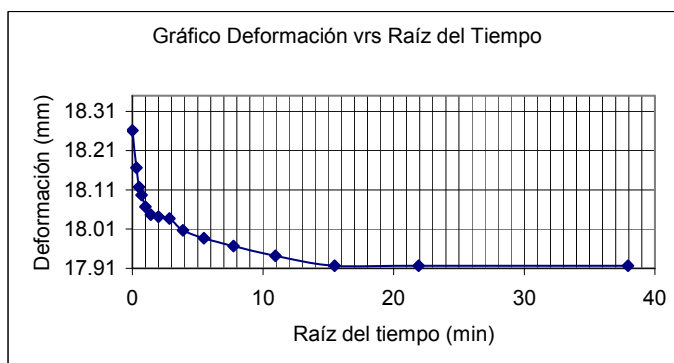
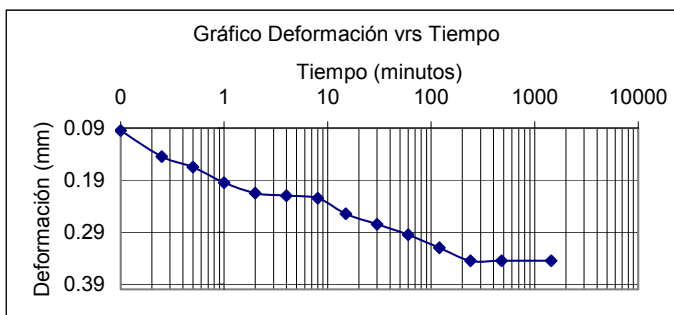


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



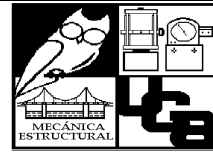
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	50 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1594.5	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
22-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1594.5	0.000	18.262	0.00
	0.10	1585.0	0.095	18.167	0.32
	0.25	1580.0	0.145	18.117	0.50
	0.50	1578.0	0.165	18.097	0.71
	1	1575.0	0.195	18.067	1.00
	2	1573.0	0.215	18.047	1.41
	4	1572.5	0.220	18.042	2.00
	8	1572.0	0.225	18.037	2.83
	15	1569.0	0.255	18.007	3.87
	30	1567.0	0.275	17.987	5.48
23-5-09 HORA: 9:00 A.M	60	1565.0	0.295	17.967	7.75
	120	1562.5	0.320	17.942	10.95
	240	1560.0	0.345	17.917	15.49
	480	1560.0	0.345	17.917	21.91
	1440	1560.0	0.345	17.917	37.95



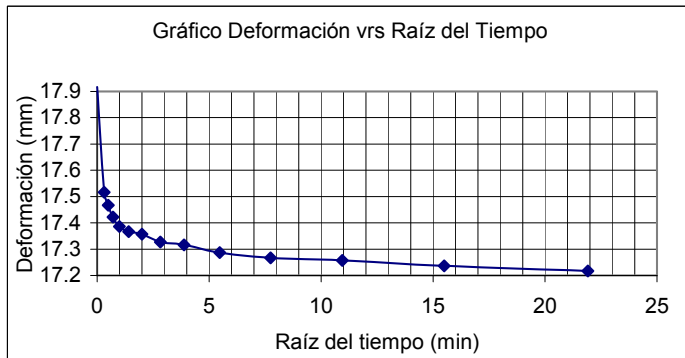
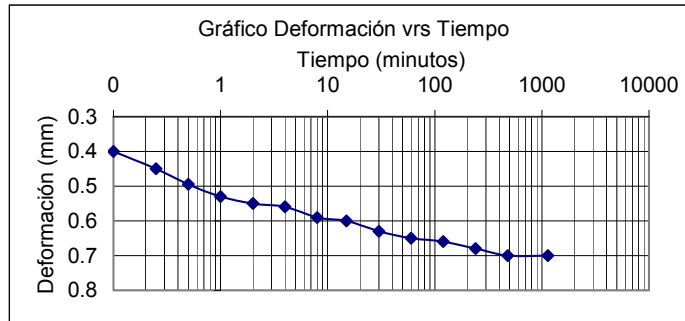
OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



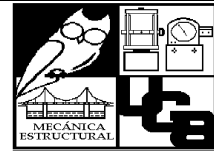
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	100 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	1560		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
25-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1560.0	0.000	17.917	0.00
	0.10	1520.0	0.400	17.517	0.32
	0.25	1515.0	0.450	17.467	0.50
	0.50	1510.5	0.495	17.422	0.71
	1	1507.0	0.530	17.387	1.00
	2	1505.0	0.550	17.367	1.41
	4	1504.0	0.560	17.357	2.00
	8	1501.0	0.590	17.327	2.83
	15	1500.0	0.600	17.317	3.87
	30	1497.0	0.630	17.287	5.48
	60	1495.0	0.650	17.267	7.75
	120	1494.0	0.660	17.257	10.95
	240	1492.0	0.680	17.237	15.49
480	1490.0	0.700	17.217	21.91	
26-5-09 HORA: 9:00 A.M	1140	1490.0	0.700	17.217	33.76



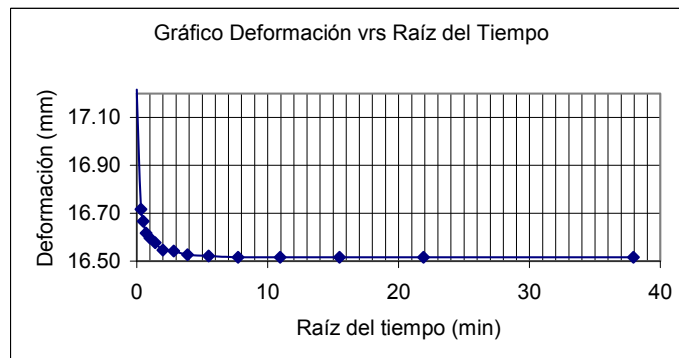
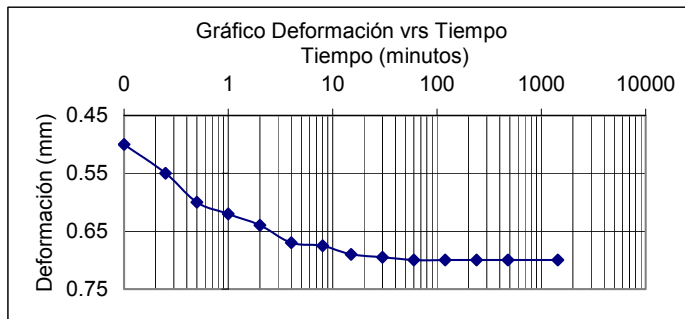
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

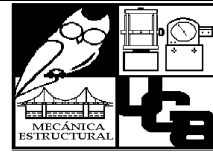


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	200kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1490	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
26-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1490.0	0.000	17.217	0.00
	0.10	1440.0	0.500	16.717	0.32
	0.25	1435.0	0.550	16.667	0.50
	0.50	1430.0	0.600	16.617	0.71
	1	1428.0	0.620	16.597	1.00
	2	1426.0	0.640	16.577	1.41
	4	1423.0	0.670	16.547	2.00
	8	1422.5	0.675	16.542	2.83
	15	1421.0	0.690	16.527	3.87
	30	1420.5	0.695	16.522	5.48
	60	1420.0	0.700	16.517	7.75
	120	1420.0	0.700	16.517	10.95
	240	1420.0	0.700	16.517	15.49
	480	1420.0	0.700	16.517	21.91
27-5-09 HORA: 9:00 A.M	1440	1420.0	0.700	16.517	37.95

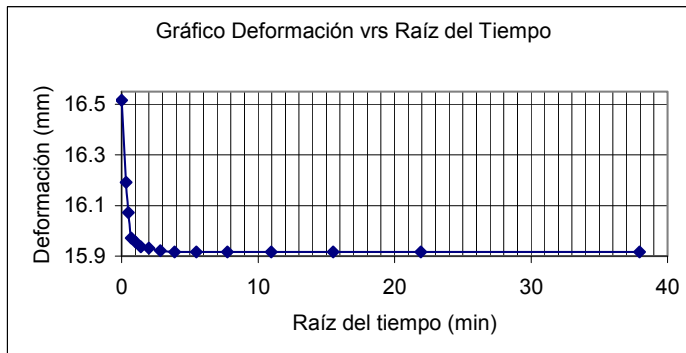
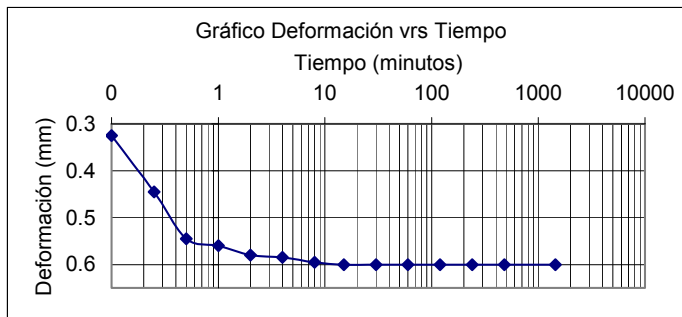


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



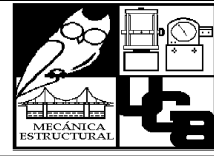
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	400kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	1420		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
27-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1420.0	0.000	16.517	0.00
	0.10	1387.5	0.325	16.192	0.32
	0.25	1375.5	0.445	16.072	0.50
	0.50	1365.5	0.545	15.972	0.71
	1	1364.0	0.560	15.957	1.00
	2	1362.0	0.580	15.937	1.41
	4	1361.5	0.585	15.932	2.00
	8	1360.5	0.595	15.922	2.83
	15	1360.0	0.600	15.917	3.87
	30	1360.0	0.600	15.917	5.48
	60	1360.0	0.600	15.917	7.75
	120	1360.0	0.600	15.917	10.95
	240	1360.0	0.600	15.917	15.49
480	1360.0	0.600	15.917	21.91	
28-5-09 HORA: 9:00 A.M	1440	1360.0	0.600	15.917	37.95



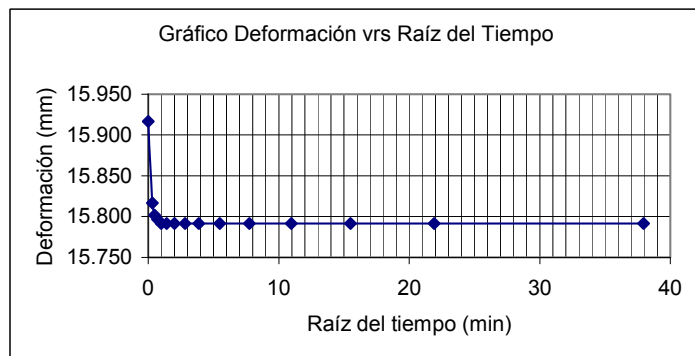
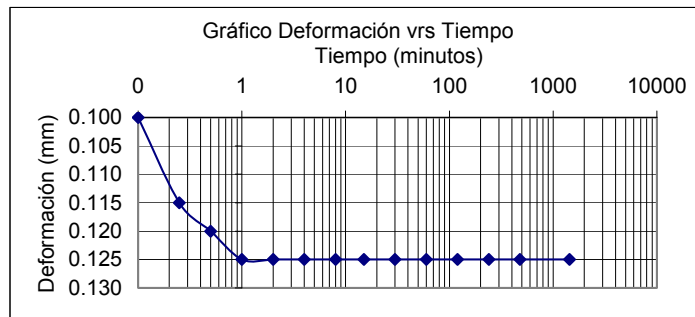
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

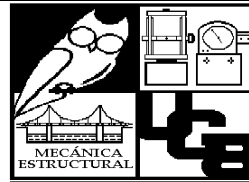


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	800kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1360	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
28-5-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1360.0	0.000	15.917	0.00
	0.10	1350.0	0.100	15.817	0.32
	0.25	1348.5	0.115	15.802	0.50
	0.50	1348.0	0.120	15.797	0.71
	1	1347.5	0.125	15.792	1.00
	2	1347.5	0.125	15.792	1.41
	4	1347.5	0.125	15.792	2.00
	8	1347.5	0.125	15.792	2.83
	15	1347.5	0.125	15.792	3.87
	30	1347.5	0.125	15.792	5.48
	60	1347.5	0.125	15.792	7.75
	120	1347.5	0.125	15.792	10.95
	240	1347.5	0.125	15.792	15.49
480	1347.5	0.125	15.792	21.91	
29-5-09 HORA: 9:00 A.M	1440	1347.5	0.125	15.792	37.95

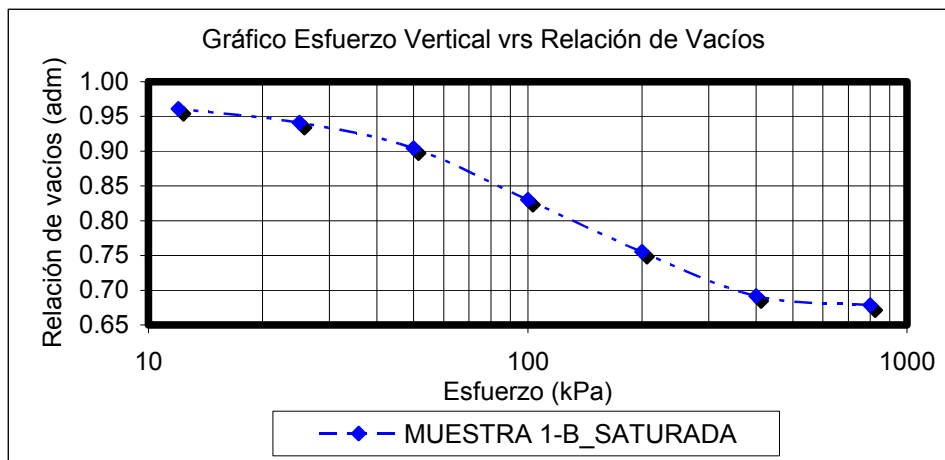


OBSERVACIONES:

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
Muestra:	1-B	Estado del ensayo:	Saturado	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	15.92	15.79	0.69	0.68
400	16.52	15.92	0.76	0.69
200	17.22	16.52	0.83	0.76
100	17.92	17.22	0.90	0.83
50	18.26	17.92	0.94	0.90
25	18.45	18.26	0.96	0.94
12	19.32	18.45	1.05	0.96

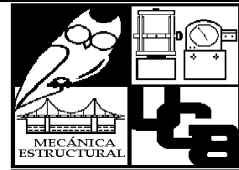


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

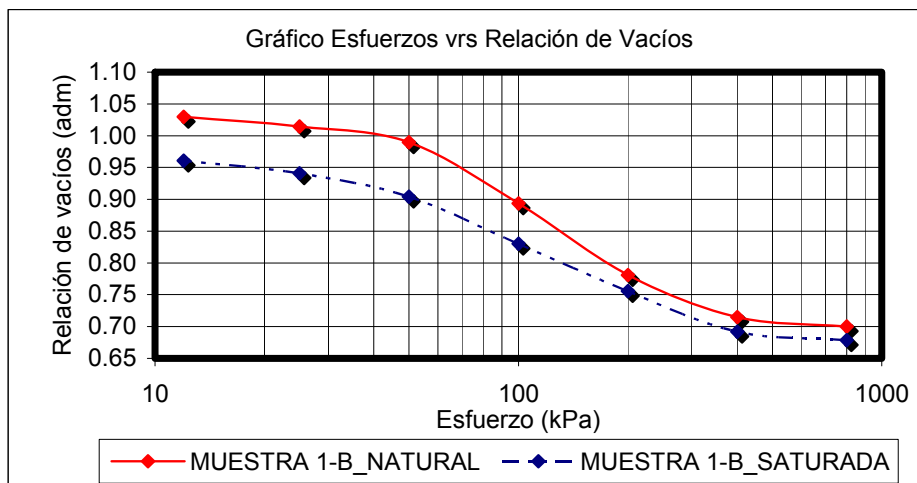
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.			
Estado del ensayo:	Natural	Muestra:	1-B	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	16.37	16.23	0.71	0.70
400	17.00	16.37	0.78	0.71
200	18.07	17.00	0.89	0.78
100	18.99	18.07	0.99	0.89
50	19.23	18.99	1.01	0.99
25	19.37	19.23	1.03	1.01
12	19.69	19.37	1.06	1.03
Estado del ensayo:	Saturado	Muestra:	1-B	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	15.92	15.79	0.69	0.68
400	16.52	15.92	0.76	0.69
200	17.22	16.52	0.83	0.76
100	17.92	17.22	0.90	0.83
50	18.26	17.92	0.94	0.90
25	18.45	18.26	0.96	0.94
12	19.32	18.45	1.05	0.96

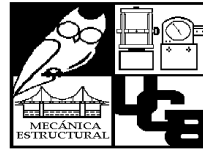


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 2-A COIGNIMBRITAS	
Estado de la Muestra	Natural	
Diámetro del anillo 1	6.34	cm
Diámetro del anillo 2	6.31	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	6.32	cm
Altura del anillo 1	1.97	cm
Altura del anillo 2	1.97	cm
Altura promedio, $H_0$	1.97	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	151.56	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	31.42	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	61.84	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi}=W_{anillo+shi}-W_{anillo}$	80.96	g
Gravedad específica, $G_s$	2.41	adimensional
Densidad húmeda	1.31	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

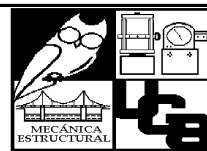
# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	14.49	22.83
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	35.00	42.92
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	32.02	39.96
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	17.53	17.13
Peso del agua (g), $W_w$	2.98	2.96
Contenido de humedad (%), $w$	17.00	17.28
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	17.14	
Precisión	Cumple	

**Contenido de humedad final**

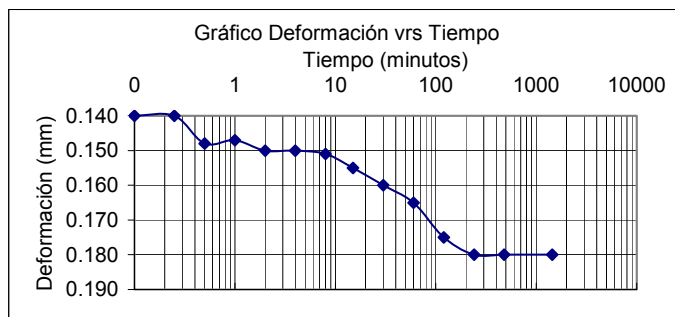
Peso de tara	44.81	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	191.38	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	75.97	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	184.50	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	69.09	g
Contenido de humedad final, $w_f$	9.96	%

<b>Grado de saturación antes del ensayo</b> $S_0=100*(W_{shi}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_0-H_s))$	35.78	%
<b>Grado de saturación después del ensayo</b> $S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_f-H_s))$	28.29	%
Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.12	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s= W_{ss}/(G_s*\rho_w)$	28.67	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s= V_s/A$	0.91	cm

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	12 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	900	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
23-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	900.0	0.000	19.685	0.00
	0.10	886.0	0.140	19.545	0.32
	0.25	886.0	0.140	19.545	0.50
	0.50	885.2	0.148	19.537	0.71
	1	885.3	0.147	19.538	1.00
	2	885.0	0.150	19.535	1.41
	4	885.0	0.150	19.535	2.00
	8	884.9	0.151	19.534	2.83
	15	884.5	0.155	19.530	3.87
	30	884.0	0.160	19.525	5.48
	60	883.5	0.165	19.520	7.75
	120	882.5	0.175	19.510	10.95
	240	882.0	0.180	19.505	15.49
	480	882.0	0.180	19.505	21.91
24-06-09 HORA: 9:00 A.M	1440	882.0	0.180	19.505	37.95

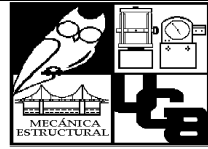


OBSERVACIONES:

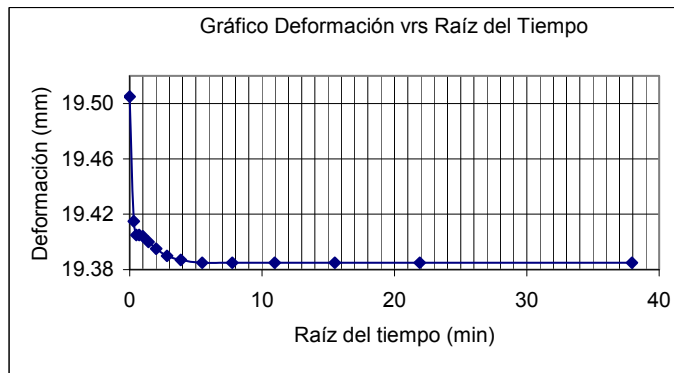
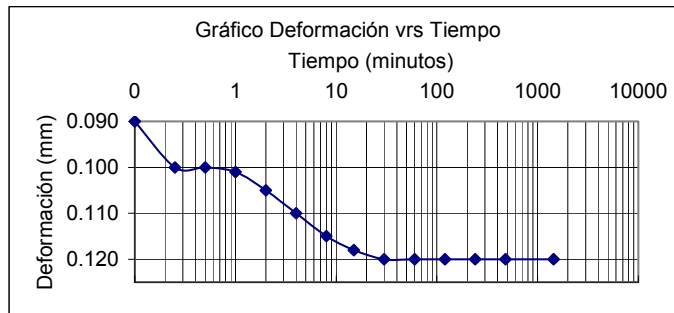
---



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

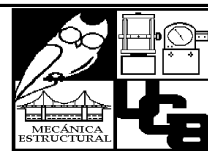


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	25 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	882	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
24-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	882.0	0.000	19.505	0.00
	0.10	873.0	0.090	19.415	0.32
	0.25	872.0	0.100	19.405	0.50
	0.50	872.0	0.100	19.405	0.71
	1	871.9	0.101	19.404	1.00
	2	871.5	0.105	19.400	1.41
	4	871.0	0.110	19.395	2.00
	8	870.5	0.115	19.390	2.83
	15	870.2	0.118	19.387	3.87
	30	870.0	0.120	19.385	5.48
	60	870.0	0.120	19.385	7.75
	120	870.0	0.120	19.385	10.95
	240	870.0	0.120	19.385	15.49
	480	870.0	0.120	19.385	21.91
25-06-09 HORA: 9:00 A.M	1440	870.0	0.120	19.385	37.95

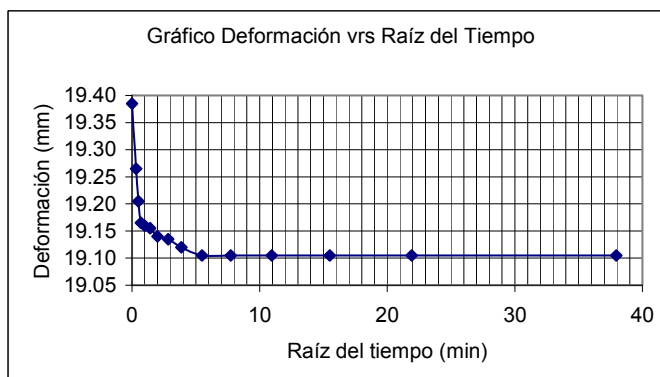
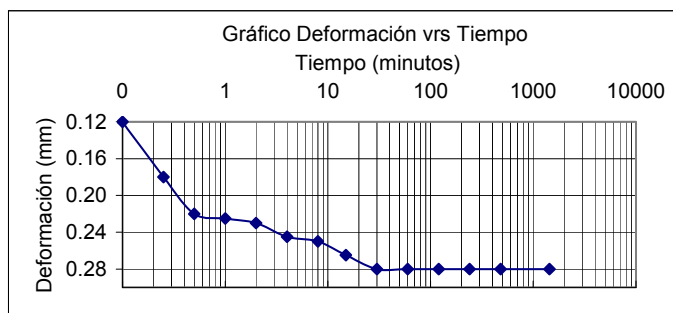


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



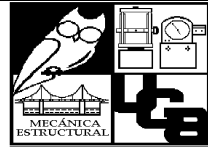
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	50 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	870	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
25-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	870.0	0.000	19.385	0.00
	0.10	858.0	0.120	19.265	0.32
	0.25	852.0	0.180	19.205	0.50
	0.50	848.0	0.220	19.165	0.71
	1	847.5	0.225	19.160	1.00
	2	847.0	0.230	19.155	1.41
	4	845.5	0.245	19.140	2.00
	8	845.0	0.250	19.135	2.83
	15	843.5	0.265	19.120	3.87
	30	842.0	0.280	19.105	5.48
	60	842.0	0.280	19.105	7.75
	120	842.0	0.280	19.105	10.95
	240	842.0	0.280	19.105	15.49
	480	842.0	0.280	19.105	21.91
26-06-09 HORA: 9:00 A.M	1440	842.0	0.280	19.105	37.95



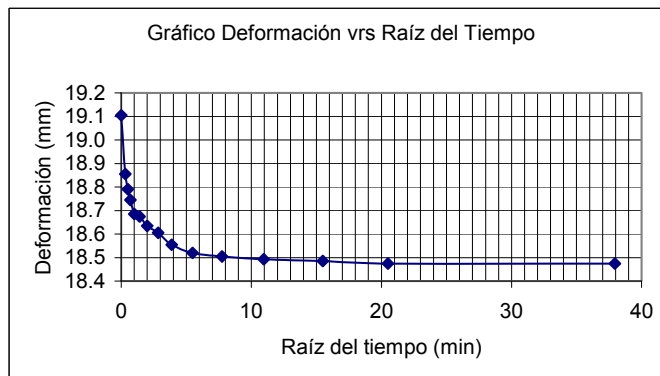
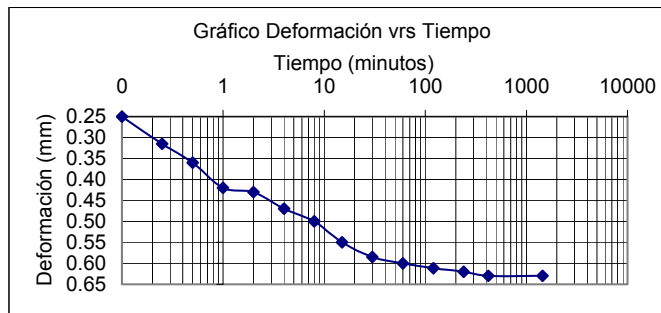
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

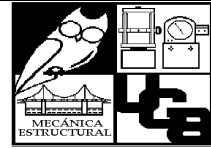


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	100 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	842	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
26-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	842.0	0.000	19.105	0.00
	0.10	817.0	0.250	18.855	0.32
	0.25	810.5	0.315	18.790	0.50
	0.50	806.0	0.360	18.745	0.71
	1	800.0	0.420	18.685	1.00
	2	799.0	0.430	18.675	1.41
	4	795.0	0.470	18.635	2.00
	8	792.0	0.500	18.605	2.83
	15	787.0	0.550	18.555	3.87
	30	783.5	0.585	18.520	5.48
	60	782.0	0.600	18.505	7.75
	120	780.8	0.612	18.493	10.95
	240	780.0	0.620	18.485	15.49
	420	779.0	0.630	18.475	20.49
27-06-09 HORA: 9:00 A.M	1440	779.0	0.630	18.475	37.95

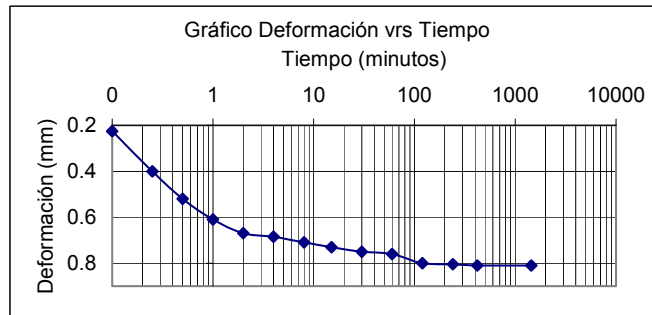


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



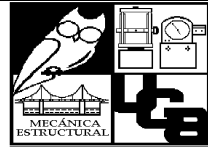
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	200 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	779		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
27-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	779.0	0.000	18.48	0.00
	0.10	756.5	0.225	18.25	0.32
	0.25	739.0	0.400	18.08	0.50
	0.50	727.0	0.520	17.96	0.71
	1	718.0	0.610	17.87	1.00
	2	712.0	0.670	17.81	1.41
	4	710.5	0.685	17.79	2.00
	8	708.0	0.710	17.77	2.83
	15	706.0	0.730	17.75	3.87
	30	704.0	0.750	17.73	5.48
	60	703.0	0.760	17.72	7.75
	120	699.0	0.800	17.68	10.95
	240	698.5	0.805	17.67	15.49
28-06-09 HORA: 9:00 A.M	420	698.0	0.810	17.67	20.49
	1440	698.0	0.810	17.67	37.95



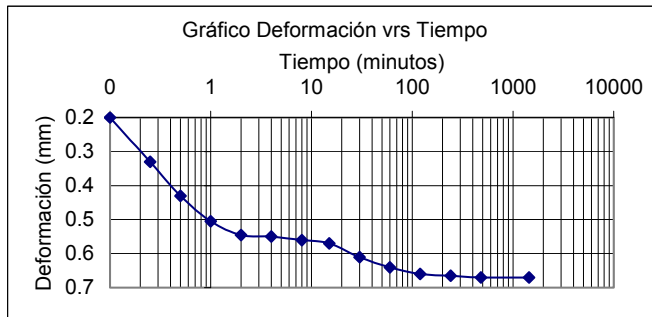
OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

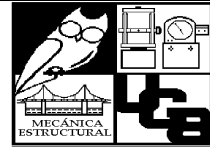


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	400 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	698	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
28-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	698.0	0.000	17.67	0.00
	0.10	678.0	0.200	17.47	0.32
	0.25	665.0	0.330	17.34	0.50
	0.50	655.0	0.430	17.24	0.71
	1	647.5	0.505	17.16	1.00
	2	643.5	0.545	17.12	1.41
	4	643.0	0.550	17.12	2.00
	8	642.0	0.560	17.11	2.83
	15	641.0	0.570	17.10	3.87
	30	637.0	0.610	17.06	5.48
	60	634.0	0.640	17.03	7.75
	120	632.0	0.660	17.01	10.95
	240	631.5	0.665	17.00	15.49
29-06-09 HORA: 9:00 A.M	480	631.0	0.670	17.00	21.91
	1440	631.0	0.670	17.00	37.95

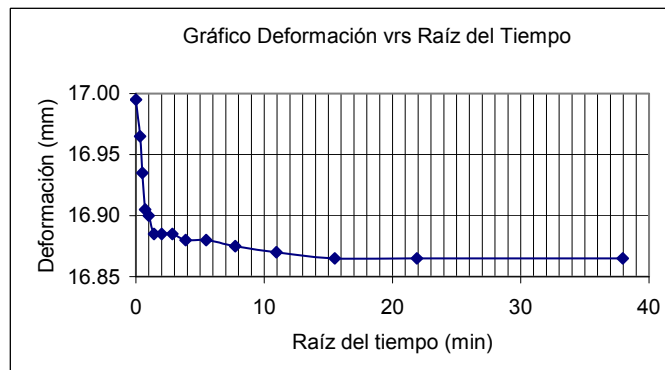
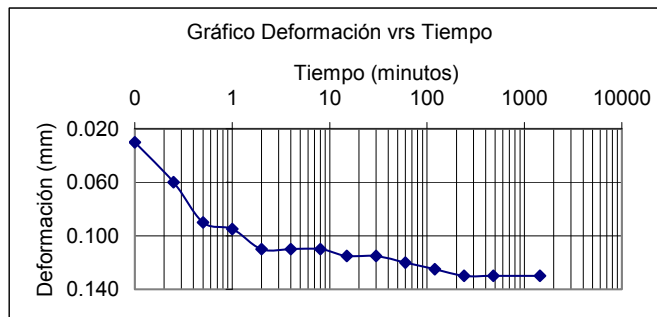


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

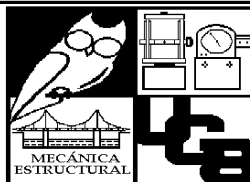


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	800 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	631		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
29-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	631.0	0.000	16.995	0.00
	0.10	628.0	0.030	16.965	0.32
	0.25	625.0	0.060	16.935	0.50
	0.50	622.0	0.090	16.905	0.71
	1	621.5	0.095	16.900	1.00
	2	620.0	0.110	16.885	1.41
	4	620.0	0.110	16.885	2.00
	8	620.0	0.110	16.885	2.83
	15	619.5	0.115	16.880	3.87
	30	619.5	0.115	16.880	5.48
	60	619.0	0.120	16.875	7.75
	120	618.5	0.125	16.870	10.95
	240	618.0	0.130	16.865	15.49
30-06-09 HORA: 9:00 A.M	480	618.0	0.130	16.865	21.91
	1440	618.0	0.130	16.865	37.95

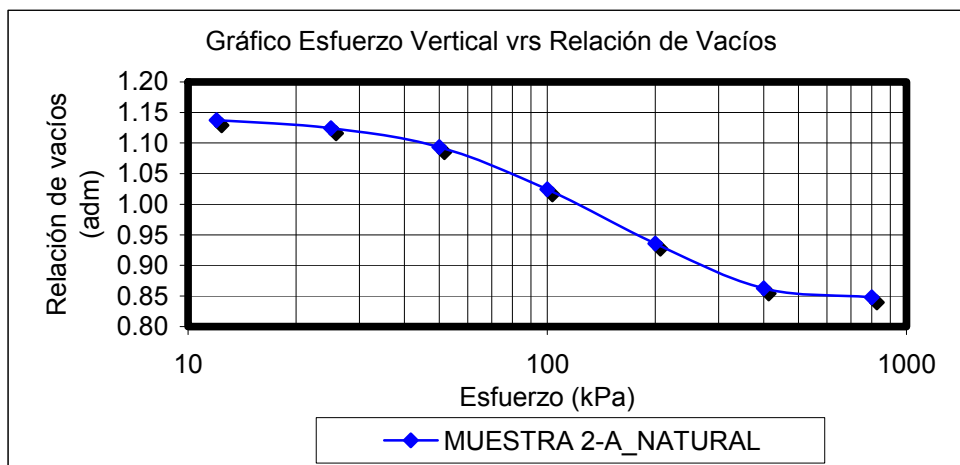


OBSERVACIONES:

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**

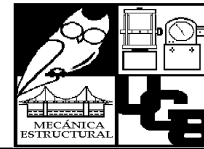


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.			
Muestra:	2-A	Estado del ensayo:	Natural	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	17.00	16.87	0.86	0.85
400	17.67	17.00	0.94	0.86
200	18.48	17.67	1.02	0.94
100	19.11	18.48	1.09	1.02
50	19.39	19.11	1.12	1.09
25	19.51	19.39	1.14	1.12
12	19.69	19.51	1.16	1.14



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 2-A COIGNIMBRITAS	
Estado de la Muestra	SATURADA	
Diámetro del anillo 1	5.04	cm
Diámetro del anillo 2	5.03	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	5.04	cm
Altura del anillo 1	1.93	cm
Altura del anillo 2	1.93	cm
Altura promedio, $H_0$	1.93	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	113.50	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	19.94	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	38.51	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi} = W_{anillo+shi} - W_{anillo}$	51.00	g
Gravedad específica, $G_s$	2.41	adimensional
Densidad húmeda	1.32	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	45.15	44.95
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	94.73	98.63
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	87.39	90.69
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	42.24	45.74
Peso del agua (g), $W_w$	7.34	7.94
Contenido de humedad (%), $w$	17.38	17.36
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	17.37	
Precisión	Cumple	

**Contenido de humedad final**

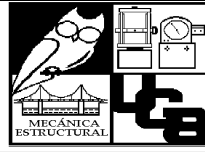
Peso de tara	44.86	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	165.50	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	58.14	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	150.86	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	43.50	g
Contenido de humedad final, $w_f$	33.66	%

**Grado de Saturacion**

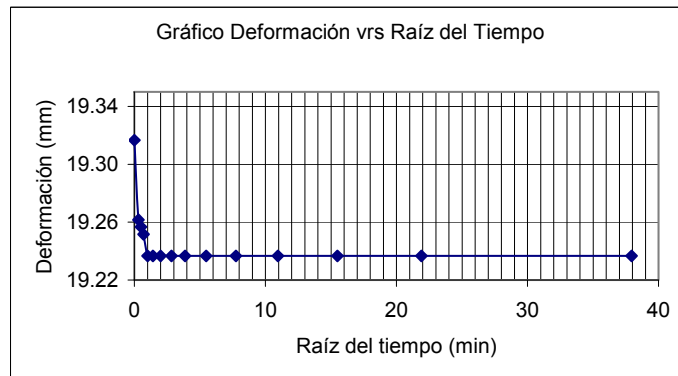
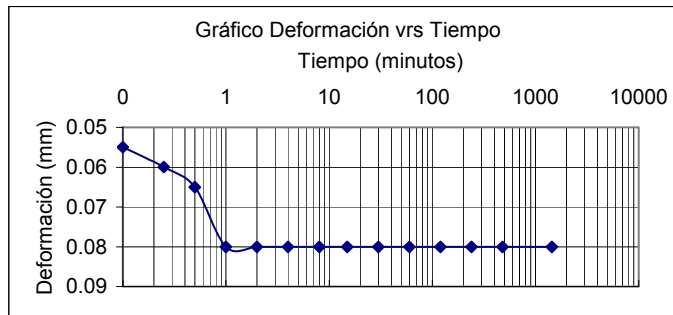
<b>Grado de saturación antes del ensayo</b>		
$S_0=100*(W_{shi}-W_{ssi})/(A*r_w*(H_0- H_s))$	36.66	%
<b>Grado de saturación después del ensayo</b>		
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*r_w*(H_f- H_s))$	97.82	%
Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.13	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s = W_{ss}/(G_s * \rho_w)$	18.05	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s = V_s/A$	0.91	cm



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



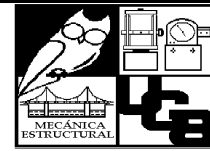
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	12 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1700	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
23-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1700.0	0.000	19.317	0.00
	0.10	1694.5	0.055	19.262	0.32
	0.25	1694.0	0.060	19.257	0.50
	0.50	1693.5	0.065	19.252	0.71
	1	1692.0	0.080	19.237	1.00
	2	1692.0	0.080	19.237	1.41
	4	1692.0	0.080	19.237	2.00
	8	1692.0	0.080	19.237	2.83
	15	1692.0	0.080	19.237	3.87
	30	1692.0	0.080	19.237	5.48
	60	1692.0	0.080	19.237	7.75
	120	1692.0	0.080	19.237	10.95
	240	1692.0	0.080	19.237	15.49
24-06-09 HORA: 9:00 A.M	480	1692.0	0.080	19.237	21.91
	1440	1692.0	0.080	19.237	37.95



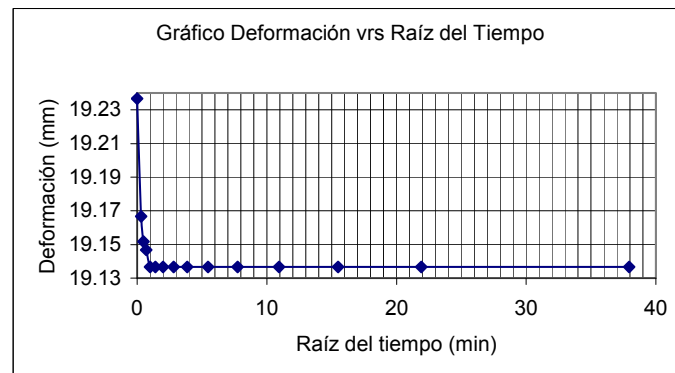
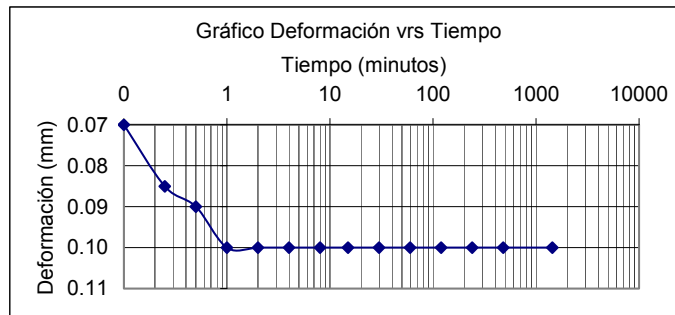
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

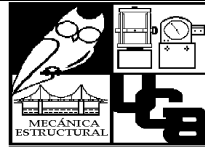


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	25 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1692	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
24-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1692.0	0.000	19.237	0.00
	0.10	1685.0	0.070	19.167	0.32
	0.25	1683.5	0.085	19.152	0.50
	0.50	1683.0	0.090	19.147	0.71
	1	1682.0	0.100	19.137	1.00
	2	1682.0	0.100	19.137	1.41
	4	1682.0	0.100	19.137	2.00
	8	1682.0	0.100	19.137	2.83
	15	1682.0	0.100	19.137	3.87
	30	1682.0	0.100	19.137	5.48
25-06-09 HORA: 9:00 A.M	60	1682.0	0.100	19.137	7.75
	120	1682.0	0.100	19.137	10.95
	240	1682.0	0.100	19.137	15.49
	480	1682.0	0.100	19.137	21.91
	1440	1682.0	0.100	19.137	37.95

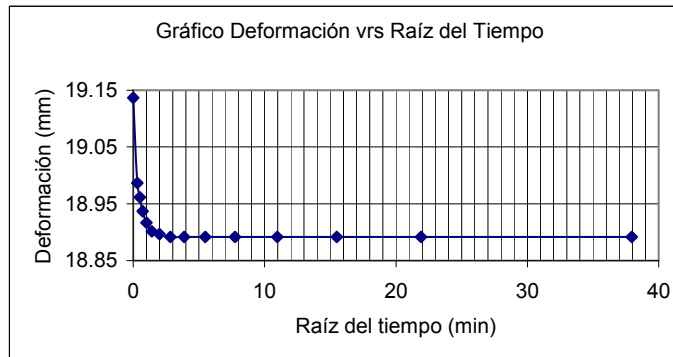
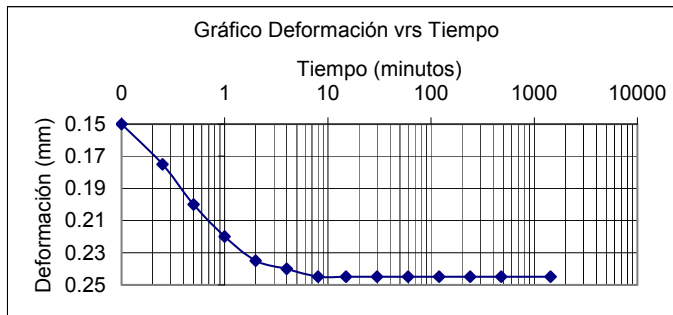


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	50 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1682	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
25-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1682.0	0.000	19.137	0.00
	0.10	1667.0	0.150	18.987	0.32
	0.25	1664.5	0.175	18.962	0.50
	0.50	1662.0	0.200	18.937	0.71
	1	1660.0	0.220	18.917	1.00
	2	1658.5	0.235	18.902	1.41
	4	1658.0	0.240	18.897	2.00
	8	1657.5	0.245	18.892	2.83
	15	1657.5	0.245	18.892	3.87
	30	1657.5	0.245	18.892	5.48
	60	1657.5	0.245	18.892	7.75
	120	1657.5	0.245	18.892	10.95
	240	1657.5	0.245	18.892	15.49
26-06-09 HORA: 9:00 A.M	480	1657.5	0.245	18.892	21.91
	1440	1657.5	0.245	18.892	37.95

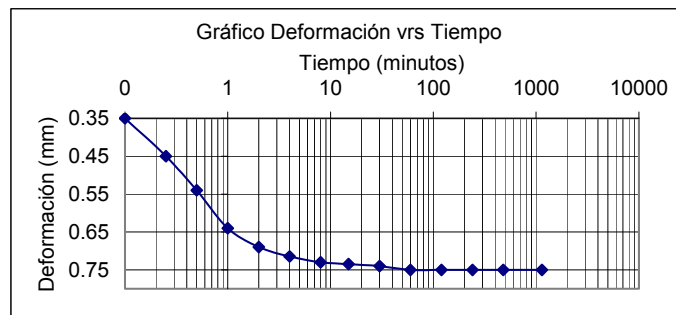


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

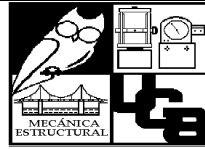


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	100 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1657.5	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
26-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1657.5	0.000	18.892	0.00
	0.10	1622.5	0.350	18.542	0.32
	0.25	1612.5	0.450	18.442	0.50
	0.50	1603.5	0.540	18.352	0.71
	1	1593.5	0.640	18.252	1.00
	2	1588.5	0.690	18.202	1.41
	4	1586.0	0.715	18.177	2.00
	8	1584.5	0.730	18.162	2.83
	15	1584.0	0.735	18.157	3.87
	30	1583.5	0.740	18.152	5.48
	60	1582.5	0.750	18.142	7.75
27-06-09 HORA: 9:00 A.M	120	1582.5	0.750	18.142	10.95
	240	1582.5	0.750	18.142	15.49
	480	1582.5	0.750	18.142	21.91
	1140	1582.5	0.750	18.142	33.76

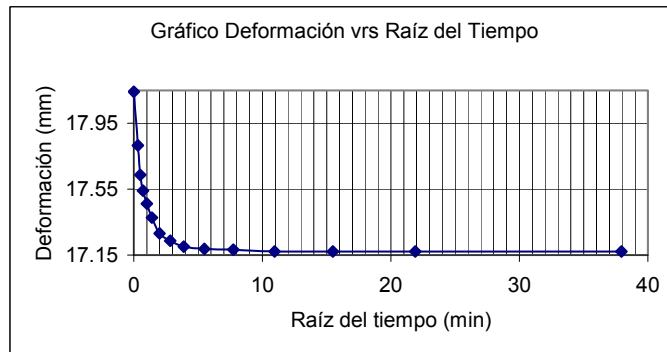
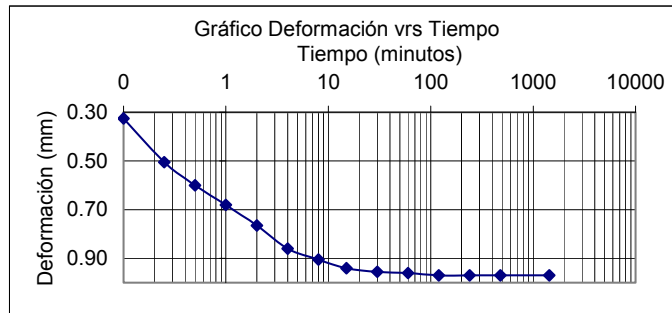


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

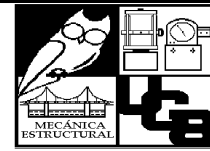


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	200kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1582.5	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
27-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1582.5	0.000	18.142	0.00
	0.10	1550.0	0.325	17.817	0.32
	0.25	1532.0	0.505	17.637	0.50
	0.50	1522.5	0.600	17.542	0.71
	1	1514.5	0.680	17.462	1.00
	2	1506.0	0.765	17.377	1.41
	4	1496.5	0.860	17.282	2.00
	8	1492.0	0.905	17.237	2.83
	15	1488.5	0.940	17.202	3.87
	30	1487.0	0.955	17.187	5.48
	60	1486.5	0.960	17.182	7.75
	120	1485.5	0.970	17.172	10.95
	240	1485.5	0.970	17.172	15.49
480	1485.5	0.970	17.172	21.91	
28-06-09 HORA: 9:00 A.M	1440	1485.5	0.970	17.172	37.95

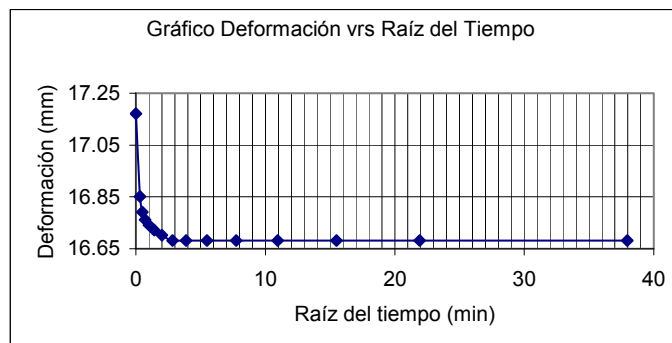
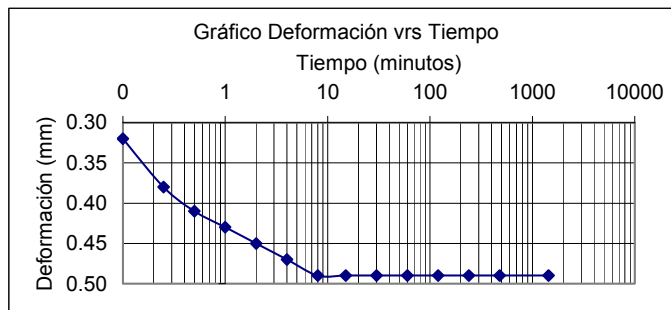


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

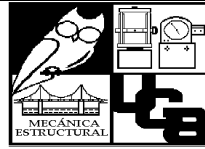


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	400kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1485.5	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
28-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1485.5	0.000	17.172	0.00
	0.10	1453.5	0.320	16.852	0.32
	0.25	1447.5	0.380	16.792	0.50
	0.50	1444.5	0.410	16.762	0.71
	1	1442.5	0.430	16.742	1.00
	2	1440.5	0.450	16.722	1.41
	4	1438.5	0.470	16.702	2.00
	8	1436.5	0.490	16.682	2.83
	15	1436.5	0.490	16.682	3.87
	30	1436.5	0.490	16.682	5.48
29-06-09 HORA: 9:00 A.M	60	1436.5	0.490	16.682	7.75
	120	1436.5	0.490	16.682	10.95
	240	1436.5	0.490	16.682	15.49
	480	1436.5	0.490	16.682	21.91
	1440	1436.5	0.490	16.682	37.95

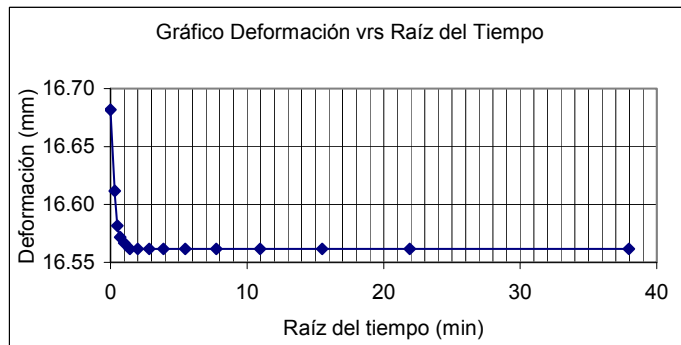
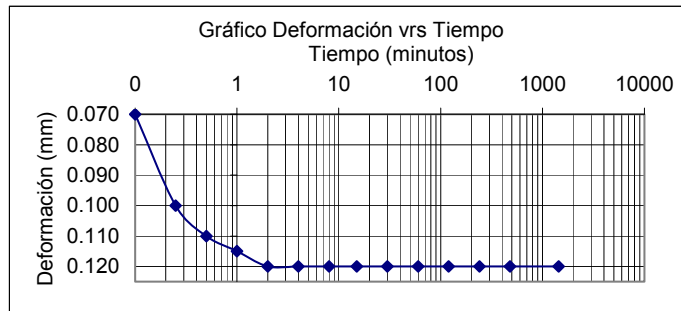


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

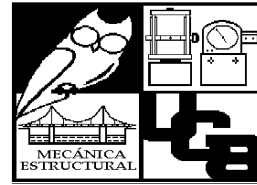


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	800kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1436.5	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
29-06-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1436.5	0.000	16.682	0.00
	0.10	1429.5	0.070	16.612	0.32
	0.25	1426.5	0.100	16.582	0.50
	0.50	1425.5	0.110	16.572	0.71
	1	1425.0	0.115	16.567	1.00
	2	1424.5	0.120	16.562	1.41
	4	1424.5	0.120	16.562	2.00
	8	1424.5	0.120	16.562	2.83
	15	1424.5	0.120	16.562	3.87
	30	1424.5	0.120	16.562	5.48
	60	1424.5	0.120	16.562	7.75
	120	1424.5	0.120	16.562	10.95
	240	1424.5	0.120	16.562	15.49
30-06-09 HORA: 9:00 A.M	480	1424.5	0.120	16.562	21.91
	1440	1424.5	0.120	16.562	37.95

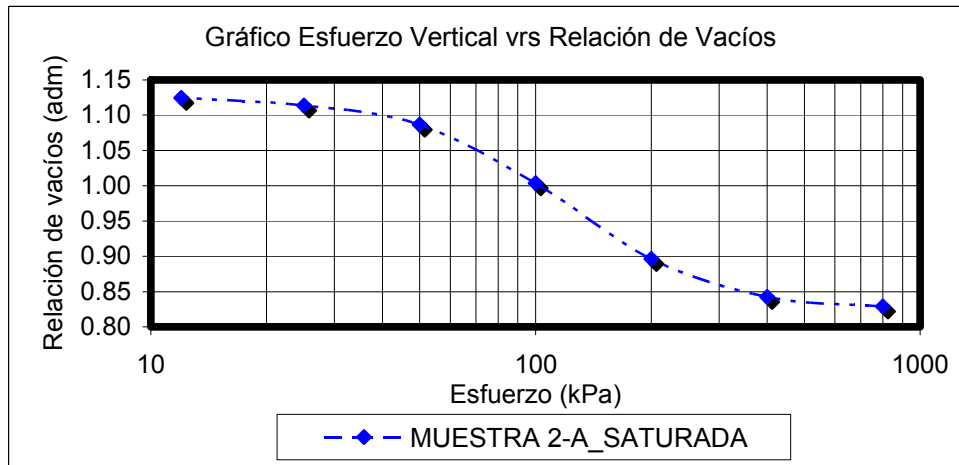


OBSERVACIONES:

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.			
Muestra:	2-A	Estado del ensayo:	Saturado	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	16.68	16.56	0.84	0.83
400	17.17	16.68	0.90	0.84
200	18.14	17.17	1.00	0.90
100	18.89	18.14	1.09	1.00
50	19.14	18.89	1.11	1.09
25	19.24	19.14	1.12	1.11
12	19.32	19.24	1.13	1.12



OBSERVACIONES:

---



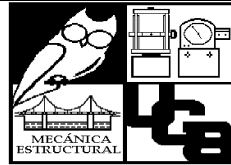
---



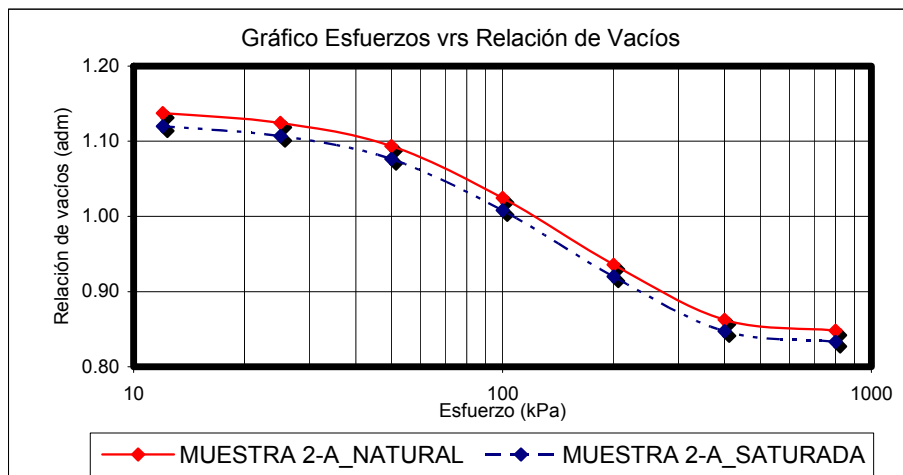
---



**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.			
Estado del ensayo:	Natural	Muestra:	2-A	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	17.00	16.87	0.86	0.85
400	17.67	17.00	0.94	0.86
200	18.48	17.67	1.02	0.94
100	19.11	18.48	1.09	1.02
50	19.39	19.11	1.12	1.09
25	19.51	19.39	1.14	1.12
12	19.69	19.51	1.16	1.14
Estado del ensayo:	Saturada	Muestra:	2-A	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	17.00	16.87	0.85	0.83
400	17.67	17.00	0.92	0.85
200	18.48	17.67	1.01	0.92
100	19.11	18.48	1.08	1.01
50	19.39	19.11	1.11	1.08
25	19.51	19.39	1.12	1.11
12	19.69	19.51	1.14	1.12



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 2-B IG NIMBRITAS	
Estado de la Muestra	Natural	
Diámetro del anillo 1	6.34	cm
Diámetro del anillo 2	6.31	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	6.32	cm
Altura del anillo 1	1.97	cm
Altura del anillo 2	1.97	cm
Altura promedio, $H_0$	1.97	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	165.22	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	31.42	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	61.84	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi} = W_{anillo+shi} - W_{anillo}$	94.62	g
Gravedad específica, $G_s$	2.41	adimensional
Densidad húmeda	1.53	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	13.70	13.80
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	48.90	54.80
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	45.37	50.70
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	31.67	36.90
Peso del agua (g), $W_w$	3.53	4.10
Contenido de humedad (%), $w$	11.15	11.11
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	11.13	
Precisión	Cumple	

**Contenido de humedad final**

Peso de tara	44.91	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	204.13	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	88.62	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	200.70	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	85.19	g
Contenido de humedad final, $w_f$	4.03	%

**Grado de saturación antes del ensayo**

$S_0=100*(W_{shi}-W_{ssi})/(A*\rho_w*(H_0- H_s))$	35.59	%
---	-------	---

**Grado de saturación después del ensayo**

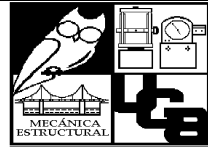
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_f- H_s))$	15.48	%
---	-------	---

Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.38	g/cm <sup>3</sup>
---------------------------------------	------	-------------------

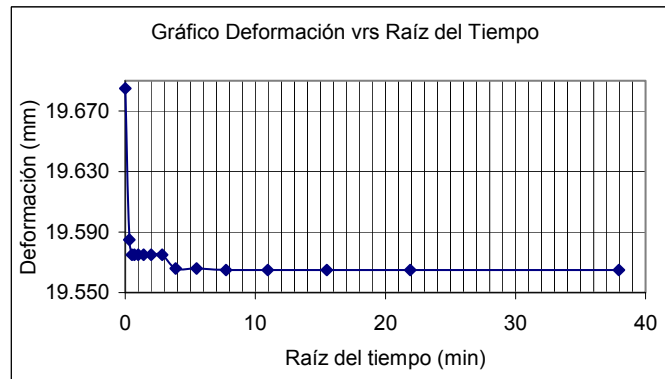
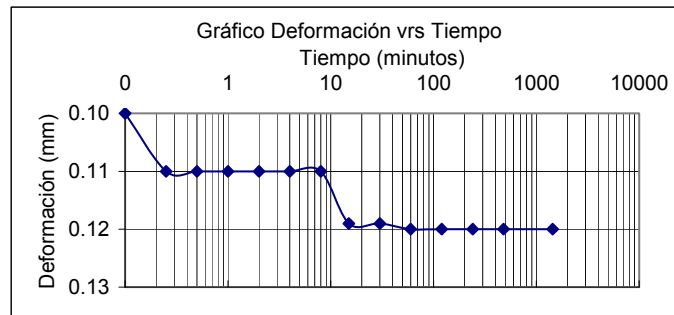
Volumen de sólidos, $V_s = W_{ss}/(G_s * \rho_w)$	35.35	cm <sup>3</sup>
---	-------	-----------------

Altura equivalente de sólidos, $H_s = V_s/A$	1.13	cm
--	------	----

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

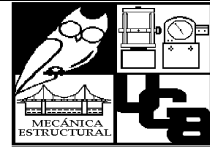


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	12 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	800	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
7-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	800.0	0.000	19.685	0.00
	0.10	790.0	0.100	19.585	0.32
	0.25	789.0	0.110	19.575	0.50
	0.50	789.0	0.110	19.575	0.71
	1	789.0	0.110	19.575	1.00
	2	789.0	0.110	19.575	1.41
	4	789.0	0.110	19.575	2.00
	8	789.0	0.110	19.575	2.83
	15	788.1	0.119	19.566	3.87
	30	788.1	0.119	19.566	5.48
8-07-09 HORA: 9:00 A.M	60	788.0	0.120	19.565	7.75
	120	788.0	0.120	19.565	10.95
	240	788.0	0.120	19.565	15.49
	480	788.0	0.120	19.565	21.91
	1440	788.0	0.120	19.565	37.95

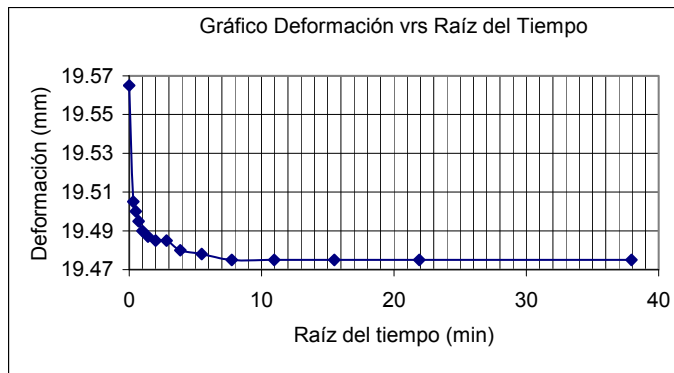
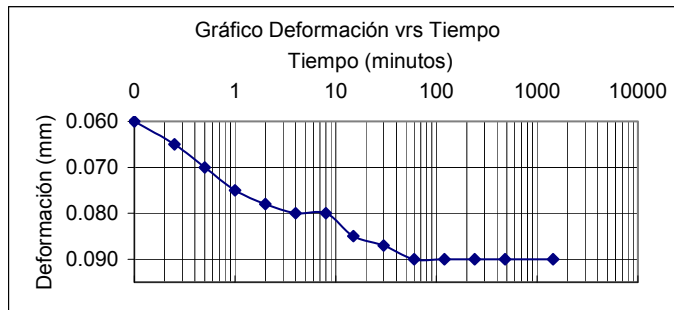


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



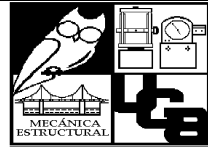
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	25 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	788		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
8-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	788.0	0.000	19.565	0.00
	0.10	782.0	0.060	19.505	0.32
	0.25	781.5	0.065	19.500	0.50
	0.50	781.0	0.070	19.495	0.71
	1	780.5	0.075	19.490	1.00
	2	780.2	0.078	19.487	1.41
	4	780.0	0.080	19.485	2.00
	8	780.0	0.080	19.485	2.83
	15	779.5	0.085	19.480	3.87
	30	779.3	0.087	19.478	5.48
	60	779.0	0.090	19.475	7.75
	120	779.0	0.090	19.475	10.95
	240	779.0	0.090	19.475	15.49
	480	779.0	0.090	19.475	21.91
9-07-09 HORA: 9:00 A.M	1440	779.0	0.090	19.475	37.95



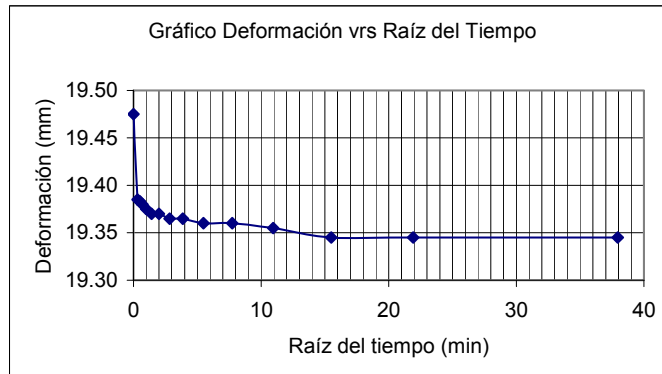
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



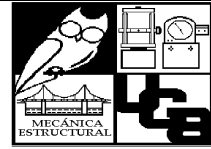
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	50 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	779	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
9-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	779.0	0.000	19.475	0.00
	0.10	770.0	0.090	19.385	0.32
	0.25	769.8	0.092	19.383	0.50
	0.50	769.5	0.095	19.380	0.71
	1	769.0	0.100	19.375	1.00
	2	768.5	0.105	19.370	1.41
	4	768.5	0.105	19.370	2.00
	8	768.0	0.110	19.365	2.83
	15	768.0	0.110	19.365	3.87
	30	767.5	0.115	19.360	5.48
	60	767.5	0.115	19.360	7.75
	120	767.0	0.120	19.355	10.95
	240	766.0	0.130	19.345	15.49
	480	766.0	0.130	19.345	21.91
10-07-09 HORA: 9:00 A.M	1440	766.0	0.130	19.345	37.95



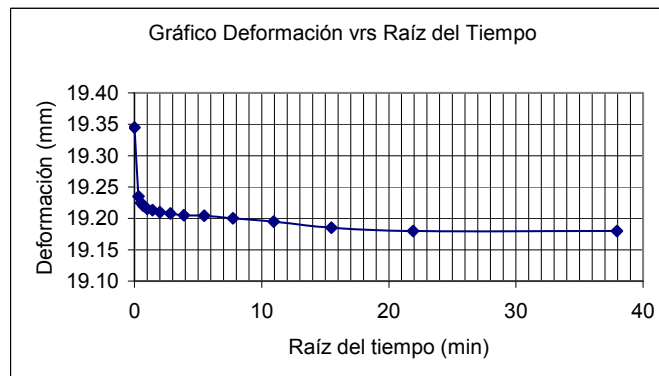
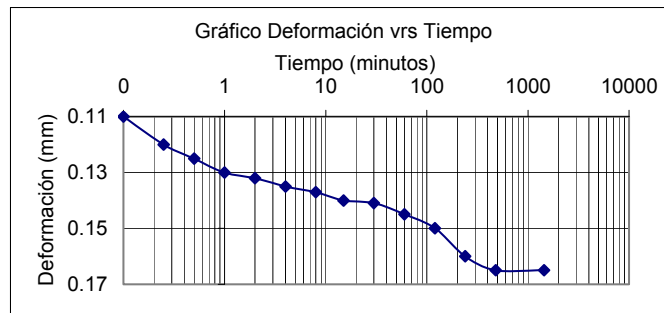
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



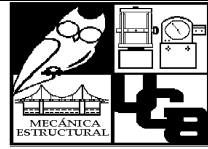
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	100 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	766		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
10-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	766.0	0.000	19.345	0.00
	0.10	755.0	0.110	19.235	0.32
	0.25	754.0	0.120	19.225	0.50
	0.50	753.5	0.125	19.220	0.71
	1	753.0	0.130	19.215	1.00
	2	752.8	0.132	19.213	1.41
	4	752.5	0.135	19.210	2.00
	8	752.3	0.137	19.208	2.83
	15	752.0	0.140	19.205	3.87
	30	751.9	0.141	19.204	5.48
	60	751.5	0.145	19.200	7.75
11-07-09 HORA: 9:00 A.M	120	751.0	0.150	19.195	10.95
	240	750.0	0.160	19.185	15.49
	480	749.5	0.165	19.180	21.91
	1440	749.5	0.165	19.180	37.95



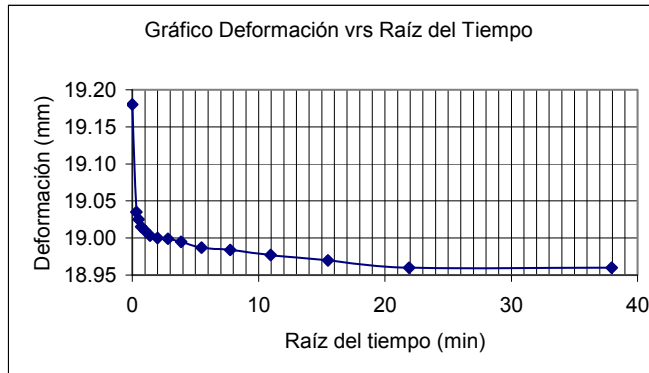
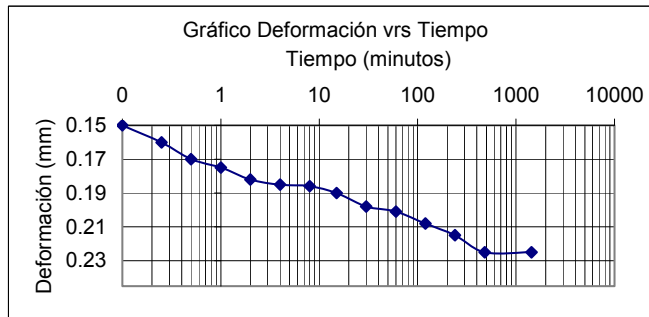
OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

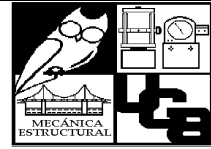


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	200 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	749.5	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
11-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	749.5	0.000	19.18	0.00
	0.10	735.0	0.145	19.04	0.32
	0.25	734.0	0.155	19.03	0.50
	0.50	733.0	0.165	19.02	0.71
	1	732.5	0.170	19.01	1.00
	2	731.8	0.177	19.00	1.41
	4	731.5	0.180	19.00	2.00
	8	731.4	0.181	19.00	2.83
	15	731.0	0.185	19.00	3.87
	30	730.2	0.193	18.99	5.48
	60	729.9	0.196	18.98	7.75
	120	729.2	0.203	18.98	10.95
	240	728.5	0.210	18.97	15.49
	480	727.5	0.220	18.96	21.91
13-07-09 HORA: 9:00 A.M	1440	727.5	0.220	18.96	37.95

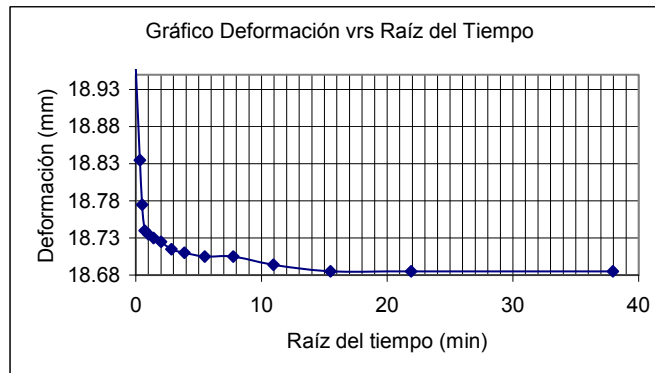
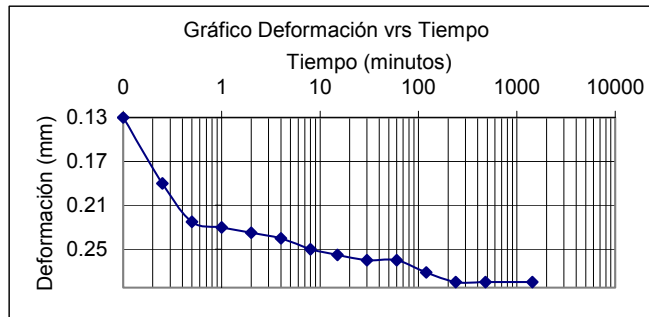


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	400 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	727.5		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
13-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	727.5	0.000	18.96	0.00
	0.10	715.0	0.125	18.84	0.32
	0.25	709.0	0.185	18.78	0.50
	0.50	705.5	0.220	18.74	0.71
	1	705.0	0.225	18.74	1.00
	2	704.5	0.230	18.73	1.41
	4	704.0	0.235	18.73	2.00
	8	703.0	0.245	18.72	2.83
	15	702.5	0.250	18.71	3.87
	30	702.0	0.255	18.71	5.48
	60	702.0	0.255	18.71	7.75
	120	700.9	0.266	18.69	10.95
	240	700.0	0.275	18.69	15.49
14-07-09 HORA: 9:00 A.M	480	700.0	0.275	18.69	21.91
	1440	700.0	0.275	18.69	37.95

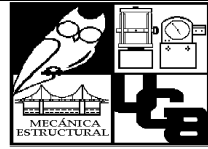


OBSERVACIONES:

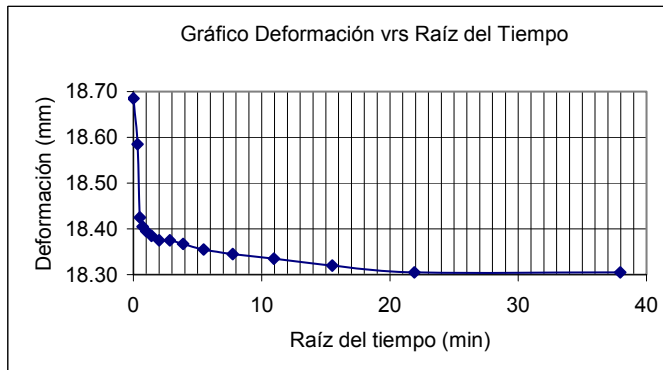
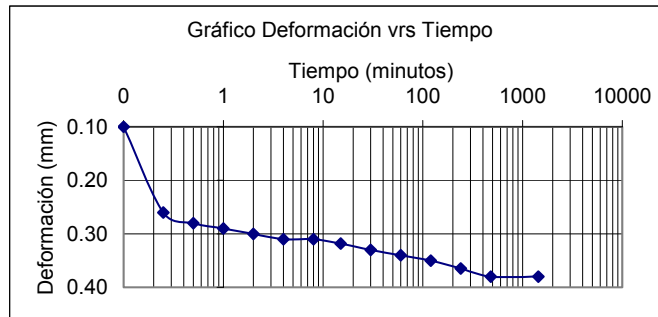
---



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

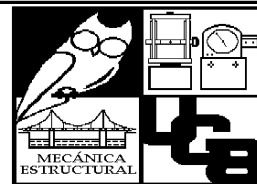


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	800 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	700	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
14-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	700.0	0.000	18.685	0.00
	0.10	690.0	0.100	18.585	0.32
	0.25	674.0	0.260	18.425	0.50
	0.50	672.0	0.280	18.405	0.71
	1	671.0	0.290	18.395	1.00
	2	670.0	0.300	18.385	1.41
	4	669.0	0.310	18.375	2.00
	8	669.0	0.310	18.375	2.83
	15	668.2	0.318	18.367	3.87
	30	667.0	0.330	18.355	5.48
	60	666.0	0.340	18.345	7.75
	120	665.0	0.350	18.335	10.95
	240	663.5	0.365	18.320	15.49
	480	662.0	0.380	18.305	21.91
15-07-09 HORA: 9:00 A.M	1440	662.0	0.380	18.305	37.95

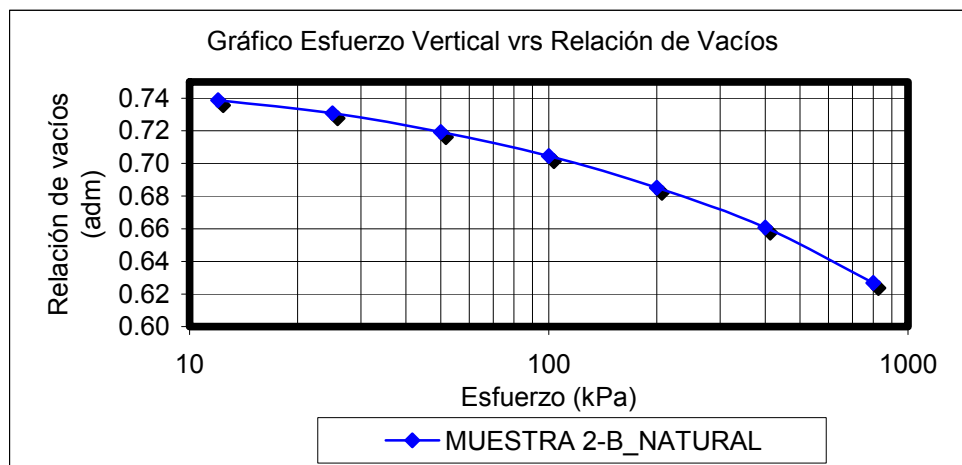


OBSERVACIONES:

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.			
Muestra:	2-B	Estado del ensayo:	Natural	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	18.69	18.31	0.66	0.63
400	18.96	18.69	0.69	0.66
200	19.18	18.96	0.70	0.69
100	19.35	19.18	0.72	0.70
50	19.48	19.35	0.73	0.72
25	19.57	19.48	0.74	0.73
12	19.69	19.57	0.75	0.74



OBSERVACIONES:

---



---



---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 2-B_IGNIMBRITAS	
Estado de la Muestra	SATURADA	
Diámetro del anillo 1	5.04	cm
Diámetro del anillo 2	5.03	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	5.04	cm
Altura del anillo 1	1.93	cm
Altura del anillo 2	1.93	cm
Altura promedio, $H_0$	1.93	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	121.60	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	19.94	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	38.51	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi}=W_{anillo+shi}-W_{anillo}$	59.10	g
Gravedad específica, $G_s$	2.41	adimensional
Densidad humeda	1.53	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	6.71	9.73
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	52.90	66.25
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	48.21	60.47
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	41.50	50.74
Peso del agua (g), $W_w$	4.69	5.78
Contenido de humedad (%), $w$	11.30	11.39
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	11.35	
Precisión	Cumple	

**Contenido de humedad final**

Peso de tara	44.80	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del anillo + suelo humedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	172.69	g
Peso del suelo humedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	65.39	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	160.40	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	53.10	g
Contenido de humedad final, $w_f$	23.15	%

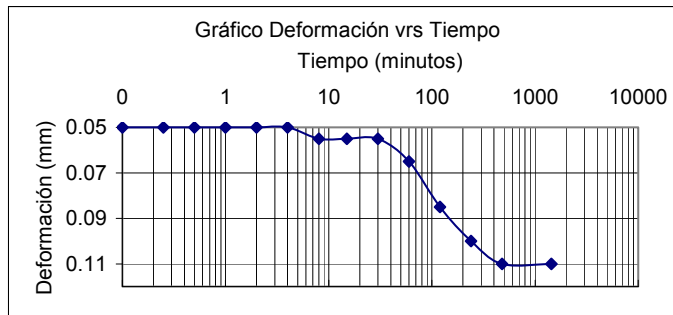
**Grado de Saturacion**

<b>Grado de saturación antes del ensayo</b>	36.42	%
$S_0=100*(W_{shi}-W_{ssf})/(A*r_w*(H_0- H_s))$		
<b>Grado de saturación después del ensayo</b>	95.07	%
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*r_w*(H_f- H_s))$		
Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.38	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s= W_{ss}/(G_s*\rho_w)$	22.03	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s= V_s/A$	1.11	cm

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

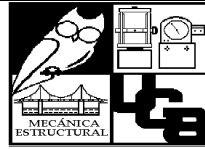


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	12 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1900	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
7-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1900.0	0.000	19.317	0.00
	0.10	1895.0	0.050	19.267	0.32
	0.25	1895.0	0.050	19.267	0.50
	0.50	1895.0	0.050	19.267	0.71
	1	1895.0	0.050	19.267	1.00
	2	1895.0	0.050	19.267	1.41
	4	1895.0	0.050	19.267	2.00
	8	1894.5	0.055	19.262	2.83
	15	1894.5	0.055	19.262	3.87
	30	1894.5	0.055	19.262	5.48
	60	1893.5	0.065	19.252	7.75
	120	1891.5	0.085	19.232	10.95
240	1890.0	0.100	19.217	15.49	
480	1889.0	0.110	19.207	21.91	
8-07-09 HORA: 9:00 A.M	1440	1889.0	0.110	19.207	37.95

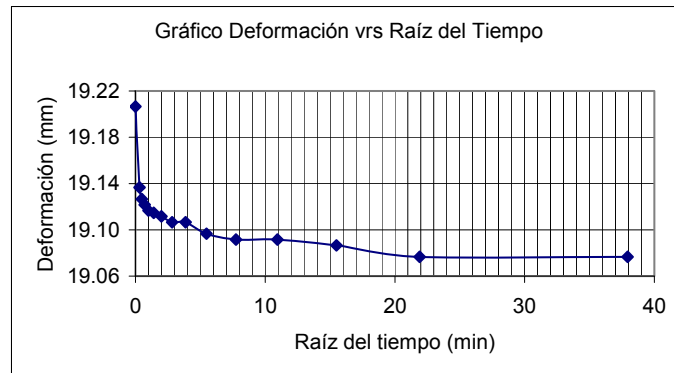
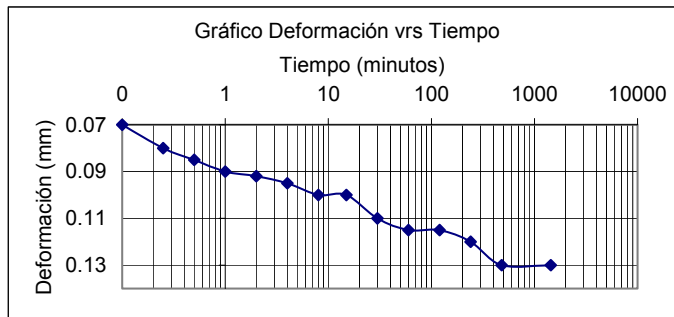


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

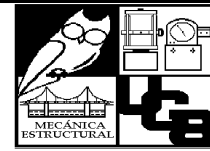


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	25 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1889	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
8-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1889.0	0.000	19.207	0.00
	0.10	1882.0	0.070	19.137	0.32
	0.25	1881.0	0.080	19.127	0.50
	0.50	1880.5	0.085	19.122	0.71
	1	1880.0	0.090	19.117	1.00
	2	1879.8	0.092	19.115	1.41
	4	1879.5	0.095	19.112	2.00
	8	1879.0	0.100	19.107	2.83
	15	1879.0	0.100	19.107	3.87
	30	1878.0	0.110	19.097	5.48
	60	1877.5	0.115	19.092	7.75
	120	1877.5	0.115	19.092	10.95
	240	1877.0	0.120	19.087	15.49
480	1876.0	0.130	19.077	21.91	
9-07-09 HORA: 9:00 A.M	1440	1876.0	0.130	19.077	37.95

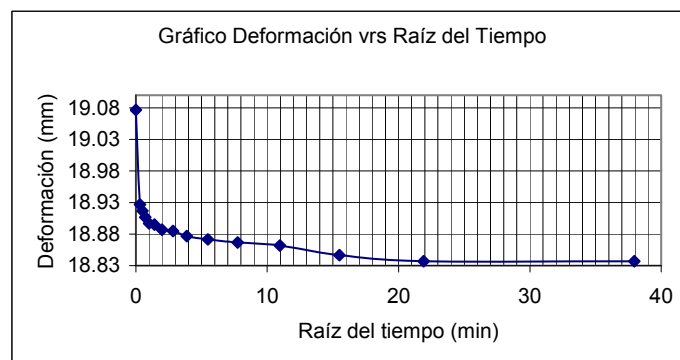
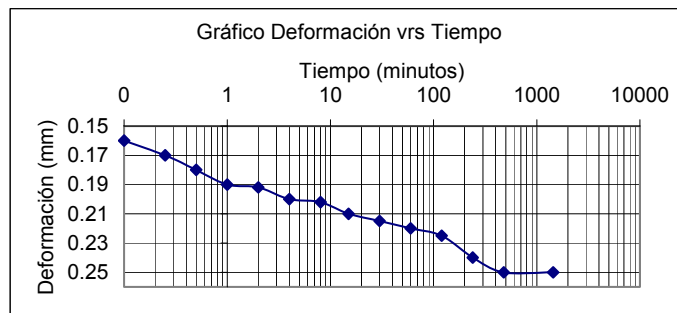


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

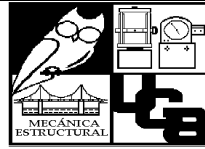


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	50 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1876	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
9-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1876.0	0.000	19.077	0.00
	0.10	1860.0	0.160	18.927	0.32
	0.25	1859.0	0.170	18.917	0.50
	0.50	1858.0	0.180	18.907	0.71
	1	1857.0	0.190	18.897	1.00
	2	1856.8	0.192	18.895	1.41
	4	1856.0	0.200	18.887	2.00
	8	1855.8	0.202	18.885	2.83
	15	1855.0	0.210	18.877	3.87
	30	1854.5	0.215	18.872	5.48
10-07-09 HORA: 9:00 A.M	60	1854.0	0.220	18.867	7.75
	120	1853.5	0.225	18.862	10.95
	240	1852.0	0.240	18.847	15.49
	480	1851.0	0.250	18.837	21.91
	1440	1851.0	0.250	18.837	37.95

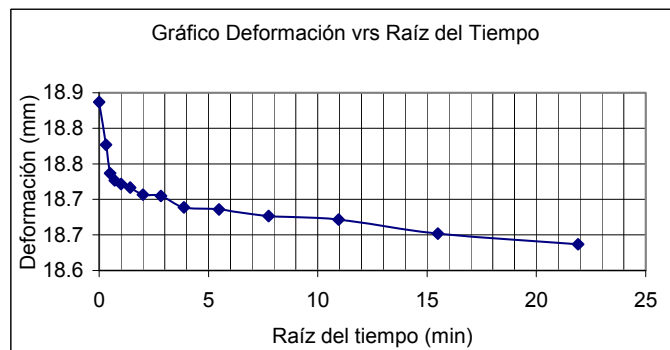
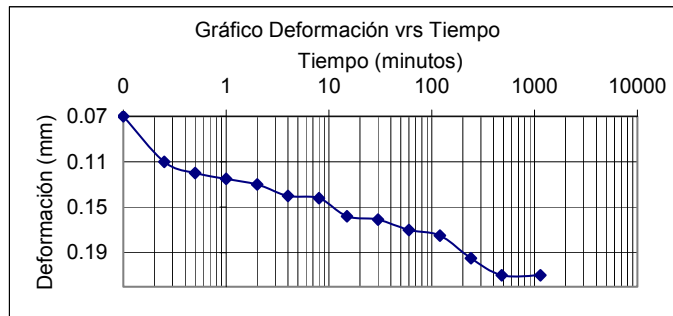


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	100 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1851	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
10-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1851.0	0.000	18.837	0.00
	0.10	1844.0	0.070	18.777	0.32
	0.25	1840.0	0.110	18.737	0.50
	0.50	1839.0	0.120	18.727	0.71
	1	1838.5	0.125	18.722	1.00
	2	1838.0	0.130	18.717	1.41
	4	1837.0	0.140	18.707	2.00
	8	1836.8	0.142	18.705	2.83
	15	1835.2	0.158	18.689	3.87
	30	1834.9	0.161	18.686	5.48
	60	1834.0	0.170	18.677	7.75
	120	1833.5	0.175	18.672	10.95
	240	1831.5	0.195	18.652	15.49
480	1830.0	0.210	18.637	21.91	
11-07-09 HORA: 9:00 A.M	1140	1830.0	0.210	18.637	33.76

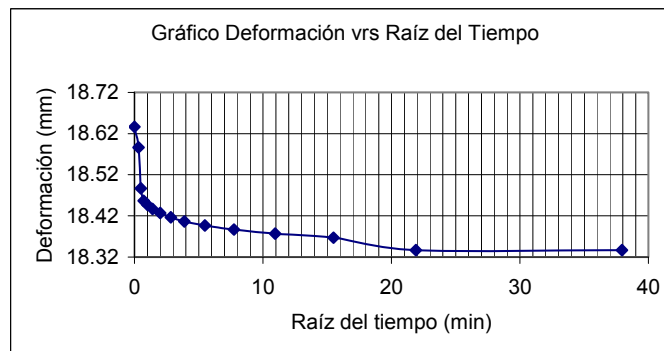
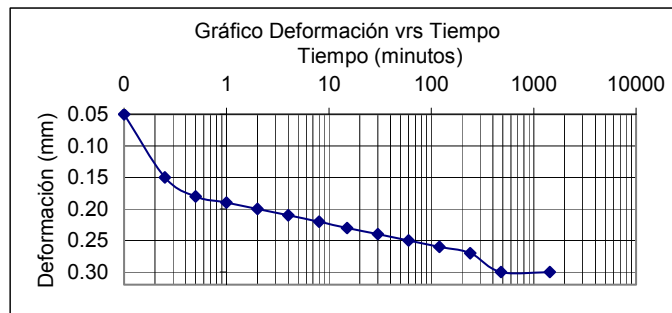


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



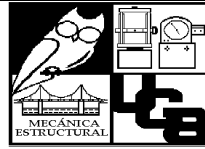
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	200kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1830	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
11-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1830.0	0.000	18.637	0.00
	0.10	1825.0	0.050	18.587	0.32
	0.25	1815.0	0.150	18.487	0.50
	0.50	1812.0	0.180	18.457	0.71
	1	1811.0	0.190	18.447	1.00
	2	1810.0	0.200	18.437	1.41
	4	1809.0	0.210	18.427	2.00
	8	1808.0	0.220	18.417	2.83
	15	1807.0	0.230	18.407	3.87
	30	1806.0	0.240	18.397	5.48
13-07-09 HORA: 9:00 A.M	60	1805.0	0.250	18.387	7.75
	120	1804.0	0.260	18.377	10.95
	240	1803.0	0.270	18.367	15.49
	480	1800.0	0.300	18.337	21.91
	1440	1800.0	0.300	18.337	37.95



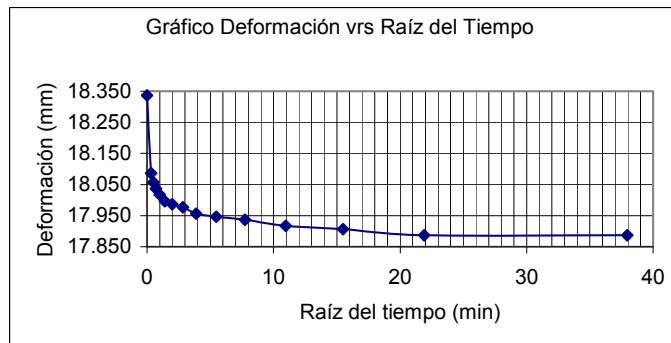
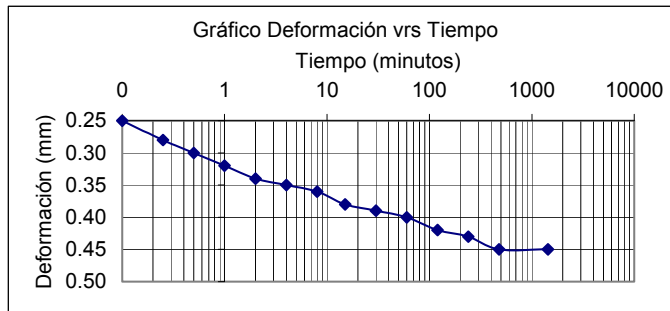
OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

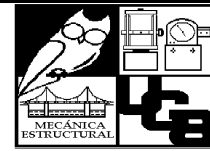


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	400kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1800	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
13-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1800.0	0.000	18.337	0.00
	0.10	1775.0	0.250	18.087	0.32
	0.25	1772.0	0.280	18.057	0.50
	0.50	1770.0	0.300	18.037	0.71
	1	1768.0	0.320	18.017	1.00
	2	1766.0	0.340	17.997	1.41
	4	1765.0	0.350	17.987	2.00
	8	1764.0	0.360	17.977	2.83
	15	1762.0	0.380	17.957	3.87
	30	1761.0	0.390	17.947	5.48
	60	1760.0	0.400	17.937	7.75
	120	1758.0	0.420	17.917	10.95
	240	1757.0	0.430	17.907	15.49
480	1755.0	0.450	17.887	21.91	
14-07-09 HORA: 9:00 A.M	1440	1755.0	0.450	17.887	37.95

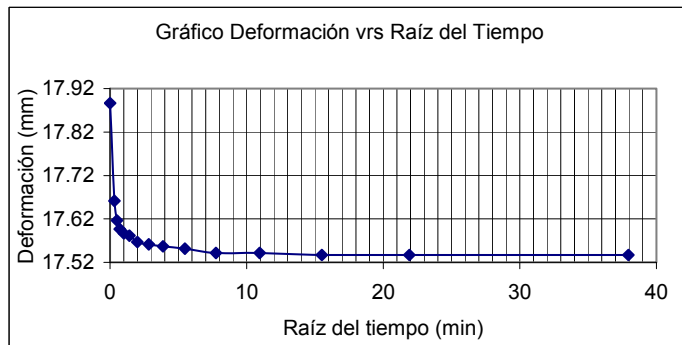
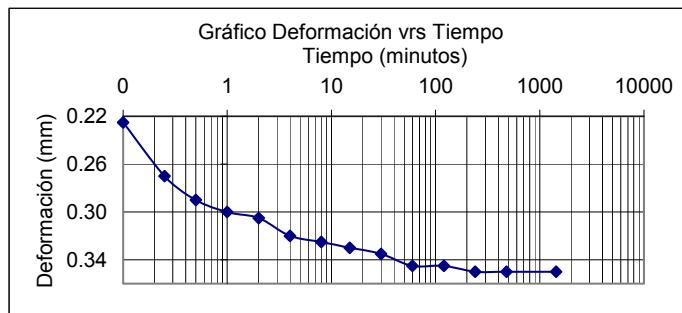


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

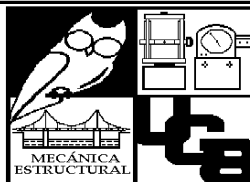


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	800kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1755	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
14-07-09 HORA: 9:00 A.M	0.00	1755.0	0.000	17.887	0.00
	0.10	1732.5	0.225	17.662	0.32
	0.25	1728.0	0.270	17.617	0.50
	0.50	1726.0	0.290	17.597	0.71
	1	1725.0	0.300	17.587	1.00
	2	1724.5	0.305	17.582	1.41
	4	1723.0	0.320	17.567	2.00
	8	1722.5	0.325	17.562	2.83
	15	1722.0	0.330	17.557	3.87
	30	1721.5	0.335	17.552	5.48
15-07-09 HORA: 9:00 A.M	60	1720.5	0.345	17.542	7.75
	120	1720.5	0.345	17.542	10.95
	240	1720.0	0.350	17.537	15.49
	480	1720.0	0.350	17.537	21.91
	1440	1720.0	0.350	17.537	37.95

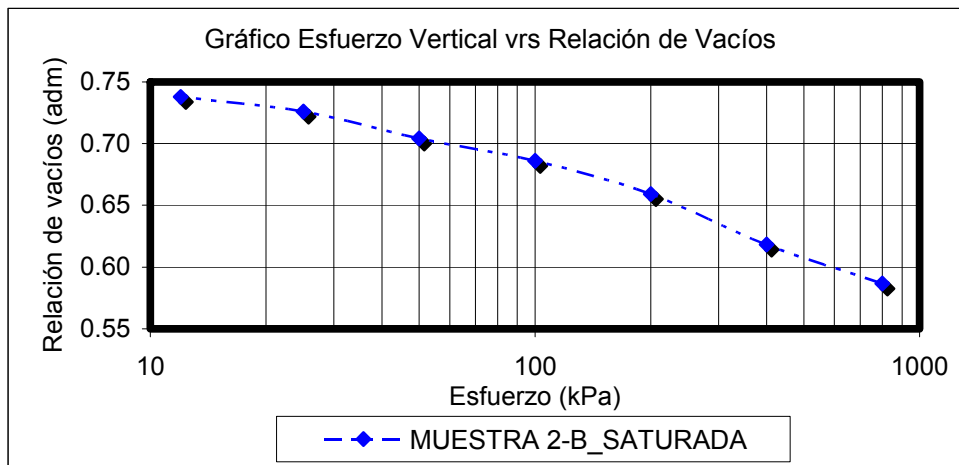


OBSERVACIONES:

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**

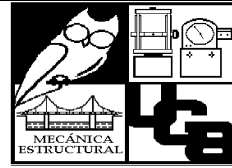


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.			
Muestra:	2-B	Estado del ensayo:	Saturado	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	17.89	17.54	0.62	0.59
400	18.34	17.89	0.66	0.62
200	18.64	18.34	0.69	0.66
100	18.84	18.64	0.70	0.69
50	19.08	18.84	0.73	0.70
25	19.21	19.08	0.74	0.73
12	19.32	19.21	0.75	0.74

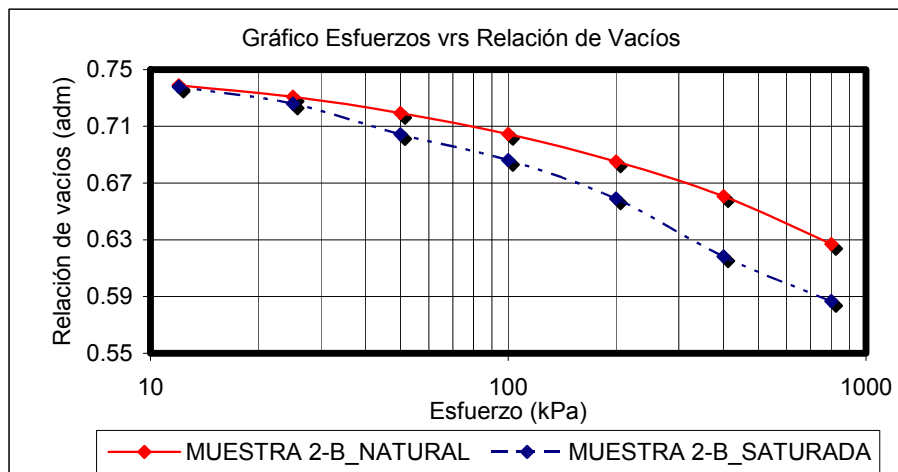


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA**



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96			
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.			
Estado del ensayo:	Natural	Muestra:	2-B	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	18.69	18.31	0.66	0.63
400	18.96	18.69	0.69	0.66
200	19.18	18.96	0.70	0.69
100	19.35	19.18	0.72	0.70
50	19.48	19.35	0.73	0.72
25	19.57	19.48	0.74	0.73
12	19.69	19.57	0.75	0.74
Estado del ensayo:	Saturada	Muestra:	2-B	
Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
800	17.89	17.54	0.62	0.59
400	18.34	17.89	0.66	0.62
200	18.64	18.34	0.69	0.66
100	18.84	18.64	0.70	0.69
50	19.08	18.84	0.73	0.70
25	19.21	19.08	0.74	0.73
12	19.32	19.21	0.75	0.74

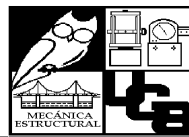


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Método de Prueba Estándar para la Medición del Potencial de Colapso del Suelo, ASTM D 5333-92
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 1-A COIGNIMBRITAS	
Diámetro del anillo 1	6.34	cm
Diámetro del anillo 2	6.31	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	6.32	cm
Altura del anillo 1	1.97	cm
Altura del anillo 2	1.97	cm
Altura promedio, $H_0$	1.97	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	143.02	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	31.42	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	61.84	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi}=W_{anillo+shi}-W_{anillo}$	72.42	g
Gravedad específica, $G_s$	2.42	adimensional
Densidad húmeda	1.17	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	25.16	23.59
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	41.38	42.23
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	39.08	39.64
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	13.92	16.05
Peso del agua (g), $W_w$	2.30	2.59
Contenido de humedad (%), w	16.52	16.14
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	16.3	
Precisión	Cumple	

**Contenido de humedad final**

Peso de tara	44.30	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	205.16	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	90.26	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	177.10	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	62.20	g
Contenido de humedad final, $w_f$	45.11	%

**Grado de saturación antes del ensayo**

$S_0=100*(W_{shi}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_0-H_s))$	28.28	%
--	-------	---

**Grado de saturación después del ensayo**

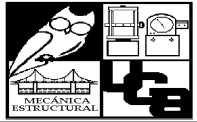
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_f-H_s))$	99.20	%
--	-------	---

Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.01	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s = W_{ss}/(G_s*\rho_w)$	25.70	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s = V_s/A$	0.82	cm

**Indice de Colapsabilidad**

Relación de vacíos en el estado natural de la muestra $e_0$	1.41	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa antes de saturar $e_1$ :	1.33	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa después de saturar $e_2$	1.21	Adimensional
Indice de Colapsabilidad (Ic)	4.98	%
Clasificación del Índice de Colapsabilidad	Moderado	

**f) MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO DEL SUELO ASTM D 5333-92**

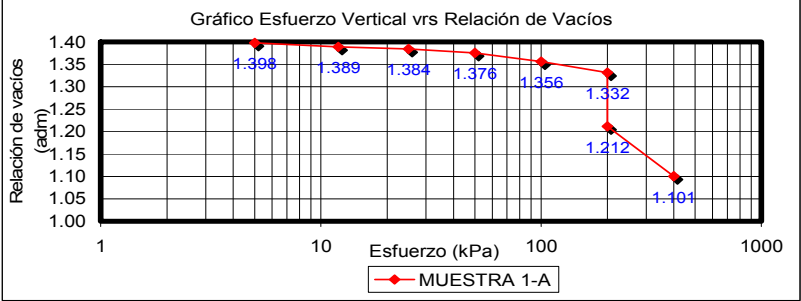
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA</b> 						
Ensayo:	Método de Prueba Estándar para la Medición del Potencial de Colapso del Suelo, ASTM D 5333-92					
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.	Muestra:	1-A			
Fecha de realización:	15/07/2009	Hora:	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	600	8:00 A.M	0.01			
Presión (kPa)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)		Altura de la muestra (mm)		
5	$L_i$	600	$\delta_i$	0.000	$H_i$	19.685
	$L_f$	593.0	$\delta_f$	0.070	$H_f$	19.615
12	$L_i$	593.0	$\delta_i$	0.070	$H_i$	19.615
	$L_f$	586.0	$\delta_f$	0.140	$H_f$	19.545
25	$L_i$	586.0	$\delta_i$	0.140	$H_i$	19.545
	$L_f$	582.0	$\delta_f$	0.180	$H_f$	19.505
50	$L_i$	582.0	$\delta_i$	0.180	$H_i$	19.505
	$L_f$	575.0	$\delta_f$	0.250	$H_f$	19.435
100	$L_i$	575.0	$\delta_i$	0.250	$H_i$	19.435
	$L_f$	559.0	$\delta_f$	0.410	$H_f$	19.275
200 (Antes de la saturacion)	$L_i$	559.0	$\delta_i$	0.410	$H_i$	19.275
	$L_f$	539.0	$\delta_f$	0.610	$H_f$	19.075
200 (Muestra Saturada)	$L_i$	539.0	$\delta_i$	0.610	$H_i$	19.075
	$L_f$	441.0	$\delta_f$	1.590	$H_f$	18.095
400	$L_i$	441.0	$\delta_i$	1.590	$H_i$	18.095
	$L_f$	350.0	$\delta_f$	2.500	$H_f$	17.185

Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
400	18.095	17.185	1.212	1.101
200	19.075	18.095	1.332	1.212
200	19.275	19.075	1.356	1.332
100	19.435	19.275	1.376	1.356
50	19.505	19.435	1.384	1.376
25	19.545	19.505	1.389	1.384
12	19.615	19.545	1.398	1.389
5	19.685	19.615	1.406	1.398

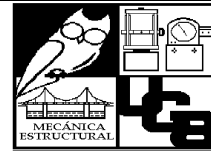
  

Gráfico Esfuerzo Vertical vs Relación de Vacíos

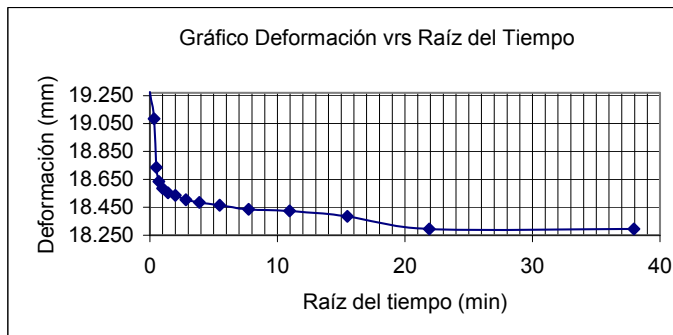
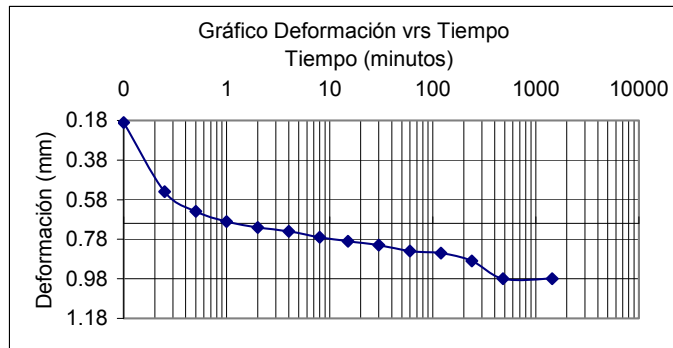


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

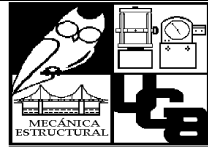


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	200 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	539		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
15-07-09 HORA:1:00 P.M	0.00	539.0	0.000	19.275	0.00
	0.10	520.0	0.190	19.085	0.32
	0.25	485.0	0.540	18.735	0.50
	0.50	475.0	0.640	18.635	0.71
	1	470.0	0.690	18.585	1.00
	2	467.0	0.720	18.555	1.41
	4	465.0	0.740	18.535	2.00
	8	462.0	0.770	18.505	2.83
	15	460.0	0.790	18.485	3.87
	30	458.0	0.810	18.465	5.48
	60	455.0	0.840	18.435	7.75
	120	454.0	0.850	18.425	10.95
	240	450.0	0.890	18.385	15.49
	480	441.0	0.980	18.295	21.91
16-07-09 HORA:1:00 P.M	1440	441.0	0.980	18.295	37.95

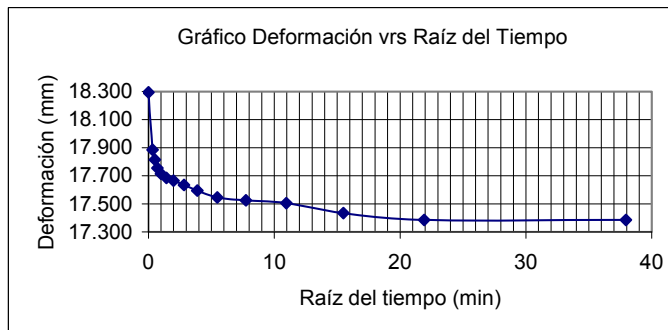
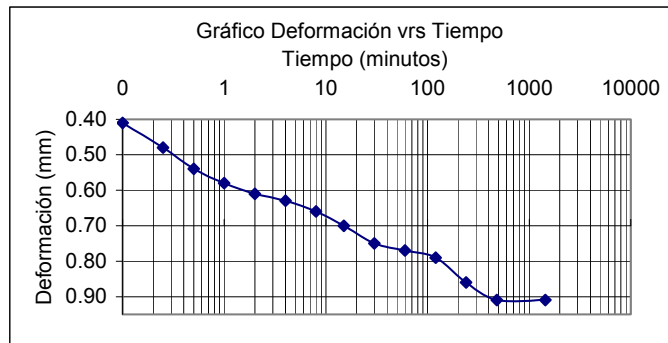


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	400 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	441	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
16-07-09 HORA:1:00 P.M	0.00	441.0	0.000	18.295	0.00
	0.10	400.0	0.410	17.885	0.32
	0.25	393.0	0.480	17.815	0.50
	0.50	387.0	0.540	17.755	0.71
	1	383.0	0.580	17.715	1.00
	2	380.0	0.610	17.685	1.41
	4	378.0	0.630	17.665	2.00
	8	375.0	0.660	17.635	2.83
	15	371.0	0.700	17.595	3.87
	30	366.0	0.750	17.545	5.48
	60	364.0	0.770	17.525	7.75
	120	362.0	0.790	17.505	10.95
	240	355.0	0.860	17.435	15.49
	480	350.0	0.910	17.385	21.91
17-07-09 HORA:1:00 P.M	1440	350.0	0.910	17.385	37.95

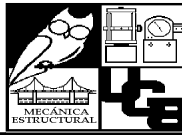


OBSERVACIONES:

---



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Método de Prueba Estándar para la Medición del Potencial de Colapso del Suelo, ASTM D 5333-92
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 1-B IGNIMBRITAS	
Diámetro del anillo 1	5.04	cm
Diámetro del anillo 2	5.03	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	5.04	cm
Altura del anillo 1	1.93	cm
Altura del anillo 2	1.93	cm
Altura promedio, $H_0$	1.93	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	108.00	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	19.94	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	38.51	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi} = W_{anillo+shi} - W_{anillo}$	45.50	g
Gravedad específica, $G_s$	2.42	adimensional
Densidad húmeda	1.18	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	24.38	25.09
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	42.45	40.15
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	41.66	39.48
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	17.28	14.39
Peso del agua (g), $W_w$	0.79	0.67
Contenido de humedad (%), $w$	4.57	4.66
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	4.6	
Precisión	Cumple	

**Contenido de humedad final**

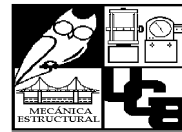
Peso de tara	44.81	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	164.69	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	57.38	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	150.82	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	43.51	g
Contenido de humedad final, $w_f$	31.88	%

<b>Grado de saturación antes del ensayo</b>	9.69	%
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_0- H_s))$		
<b>Grado de saturación después del ensayo</b>	93.92	%
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_f- H_s))$		
Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.13	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s = W_{ss}/(G_s*\rho_w)$	17.98	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s = V_s/A$	0.90	cm

**Indice de Colapsabilidad**

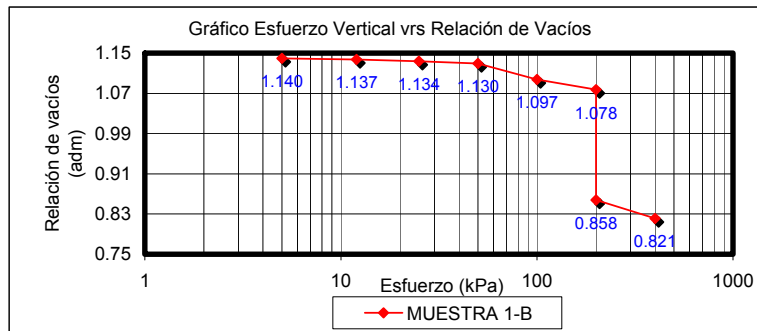
Relación de vacíos en el estado natural de la muestra $e_0$	1.14	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa antes de saturar $e_1$	1.08	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa después de saturar $e_2$	0.86	Adimensional
Indice de Colapsabilidad (Ic)	10.25	%
Clasificación del Indece de Colapsabilidad	Severo	

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



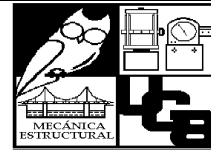
Ensayo:	Método de Prueba Estándar para la Medición del Potencial de Colapso del Suelo, ASTM D 5333-92					
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.		Muestra:	1-B		
Fecha de realización:	15/07/2009	Hora:	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1900	8:00 A.M	0.01			
Presión (kPa)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]		Deformación (mm)		Altura de la muestra (mm)	
5	$L_i$	1900	$\bar{\delta}_i$	0.000	$H_i$	19.317
	$L_f$	1898.0	$\bar{\delta}_f$	0.020	$H_f$	19.297
12	$L_i$	1898.0	$\bar{\delta}_i$	0.020	$H_i$	19.297
	$L_f$	1896.0	$\bar{\delta}_f$	0.040	$H_f$	19.277
25	$L_i$	1896.0	$\bar{\delta}_i$	0.040	$H_i$	19.277
	$L_f$	1893.0	$\bar{\delta}_f$	0.070	$H_f$	19.247
50	$L_i$	1893.0	$\bar{\delta}_i$	0.070	$H_i$	19.247
	$L_f$	1889.0	$\bar{\delta}_f$	0.110	$H_f$	19.207
100	$L_i$	1889.0	$\bar{\delta}_i$	0.110	$H_i$	19.207
	$L_f$	1860.0	$\bar{\delta}_f$	0.400	$H_f$	18.917
200 (Antes de la saturacion)	$L_i$	1860.0	$\bar{\delta}_i$	0.400	$H_i$	18.917
	$L_f$	1842.0	$\bar{\delta}_f$	0.580	$H_f$	18.737
200 (Muestra Saturada)	$L_i$	1842.0	$\bar{\delta}_i$	0.580	$H_i$	18.737
	$L_f$	1644.0	$\bar{\delta}_f$	2.560	$H_f$	16.757
400	$L_i$	1644.0	$\bar{\delta}_i$	2.560	$H_i$	16.757
	$L_f$	1611.0	$\bar{\delta}_f$	2.890	$H_f$	16.427

Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	inicial	efinal
400	16.757	16.427	0.858	0.821
200	18.737	16.757	1.078	0.858
200	18.917	18.737	1.097	1.078
100	19.207	18.917	1.130	1.097
50	19.247	19.207	1.134	1.130
25	19.277	19.247	1.137	1.134
12	19.297	19.277	1.140	1.137
5	19.317	19.297	1.142	1.140

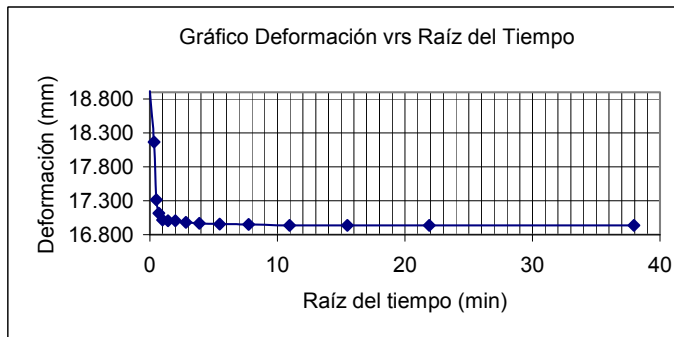
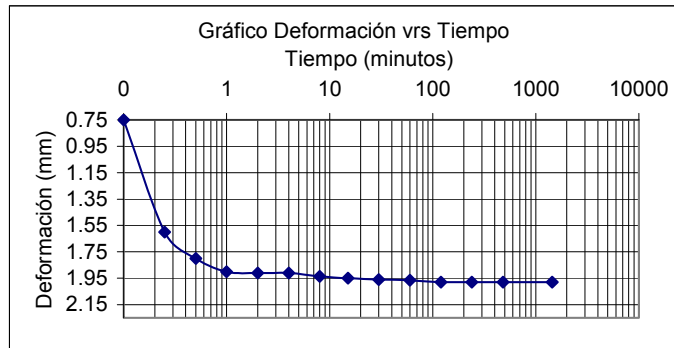


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA

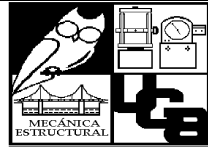


Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	200 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	1842		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
15-07-09 HORA:1:00 P.M	0.00	1842.0	0.000	18.917	0.00
	0.10	1767.0	0.750	18.167	0.32
	0.25	1682.0	1.600	17.317	0.50
	0.50	1662.0	1.800	17.117	0.71
	1	1652.0	1.900	17.017	1.00
	2	1651.0	1.910	17.007	1.41
	4	1651.0	1.910	17.007	2.00
	8	1648.5	1.935	16.982	2.83
	15	1647.0	1.950	16.967	3.87
	30	1646.0	1.960	16.957	5.48
	60	1645.5	1.965	16.952	7.75
	120	1644.0	1.980	16.937	10.95
	240	1644.0	1.980	16.937	15.49
	480	1644.0	1.980	16.937	21.91
16-07-09 HORA:1:00 P.M	1440	1644.0	1.980	16.937	37.95

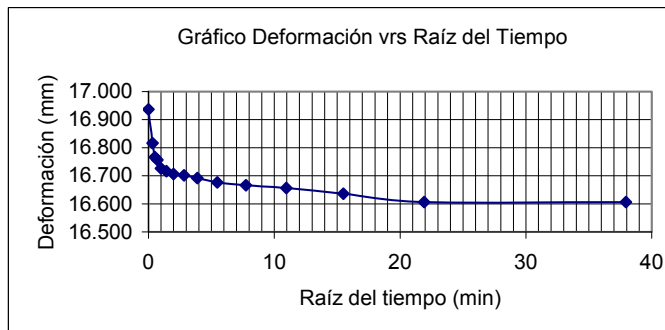
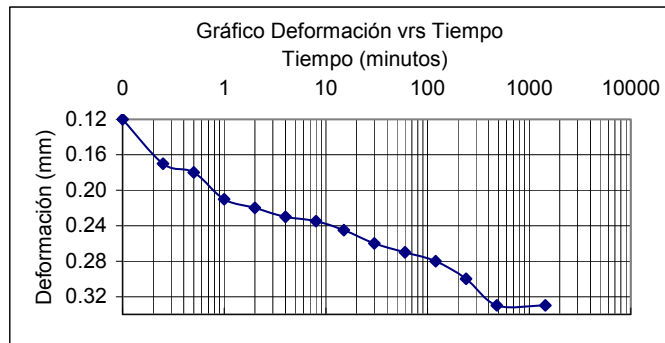


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



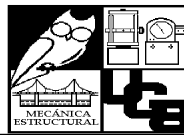
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de San Martín, a 490m de la residencial Los Almendros.				
Presión:	400 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1644	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
16-07-09 HORA: 1:00 P.M	0.00	1644.0	0.000	16.937	0.00
	0.10	1632.0	0.120	16.817	0.32
	0.25	1627.0	0.170	16.767	0.50
	0.50	1626.0	0.180	16.757	0.71
	1	1623.0	0.210	16.727	1.00
	2	1622.0	0.220	16.717	1.41
	4	1621.0	0.230	16.707	2.00
	8	1620.5	0.235	16.702	2.83
	15	1619.5	0.245	16.692	3.87
	30	1618.0	0.260	16.677	5.48
	60	1617.0	0.270	16.667	7.75
17-07-09 HORA: 1:00 P.M	120	1616.0	0.280	16.657	10.95
	240	1614.0	0.300	16.637	15.49
	480	1611.0	0.330	16.607	21.91
	1440	1611.0	0.330	16.607	37.95



OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Método de Prueba Estándar para la Medición del Potencial de Colapso del Suelo, ASTM D 5333-92
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 2-A COIGNIMBRITAS	
Diámetro del anillo 1	6.34	cm
Diámetro del anillo 2	6.31	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	6.32	cm
Altura del anillo 1	1.97	cm
Altura del anillo 2	1.97	cm
Altura promedio, $H_0$	1.97	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	153.98	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	31.42	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	61.84	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi} = W_{anillo+shi} - W_{anillo}$	83.38	g
Gravedad específica, $G_s$	2.42	adimensional
Densidad humeda	1.35	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	25.16	23.59
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	50.80	50.92
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	47.37	47.26
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	22.21	23.67
Peso del agua (g), $W_w$	3.43	3.66
Contenido de humedad (%), $w$	15.44	15.46
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	15.5	
Precisión	Cumple	

**Contenido de humedad final**

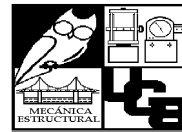
Peso de tara	44.44	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	70.60	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	209.20	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	94.16	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	187.24	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	72.20	g
Contenido de humedad final, $w_f$	30.42	%

<b>Grado de saturación antes del ensayo</b>	34.93	%
$S_0=100*(W_{shi}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_0-H_s))$		
<b>Grado de saturación después del ensayo</b>	91.63	%
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_f-H_s))$		
Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.17	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s = W_{ss}/(G_s*\rho_w)$	29.83	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s = V_s/A$	0.95	cm

**Indice de Colapsabilidad**

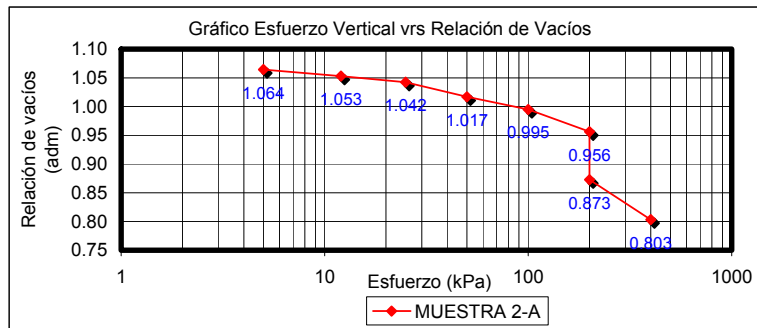
Relación de vacíos en el estado natural de la muestra $e_0$	1.07	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa antes de saturar $e_1$ :	0.96	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa después de saturar $e_2$	0.87	Adimensional
Indice de Colapsabilidad (Ie)	4.01	%
Clasificación del Índice de Colapsabilidad	Moderada	

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



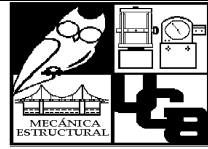
Ensayo:	Método de Prueba Estándar para la Medición del Potencial de Colapso del Suelo, ASTM D 5333-92					
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango.		Muestra:	2-A		
Fecha de realización:	20/07/2009	Hora:	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	900	8:00 A.M	0.01			
Presión (kPa)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]		Deformación (mm)		Altura de la muestra (mm)	
5	$L_i$	900	$\bar{\delta}_i$	0.000	$H_i$	19.685
	$L_f$	892.0	$\bar{\delta}_f$	0.080	$H_f$	19.605
12	$L_i$	892.0	$\bar{\delta}_i$	0.080	$H_i$	19.605
	$L_f$	881.0	$\bar{\delta}_f$	0.190	$H_f$	19.495
25	$L_i$	881.0	$\bar{\delta}_i$	0.190	$H_i$	19.495
	$L_f$	871.0	$\bar{\delta}_f$	0.290	$H_f$	19.395
50	$L_i$	871.0	$\bar{\delta}_i$	0.290	$H_i$	19.395
	$L_f$	847.0	$\bar{\delta}_f$	0.530	$H_f$	19.155
100	$L_i$	847.0	$\bar{\delta}_i$	0.530	$H_i$	19.155
	$L_f$	826.0	$\bar{\delta}_f$	0.740	$H_f$	18.945
200 (Antes de la saturacion)	$L_i$	826.0	$\bar{\delta}_i$	0.740	$H_i$	18.945
	$L_f$	789.0	$\bar{\delta}_f$	1.110	$H_f$	18.575
200 (Muestra Saturada)	$L_i$	789.0	$\bar{\delta}_i$	1.110	$H_i$	18.575
	$L_f$	710.0	$\bar{\delta}_f$	1.900	$H_f$	17.785
400	$L_i$	710.0	$\bar{\delta}_i$	1.900	$H_i$	17.785
	$L_f$	644.0	$\bar{\delta}_f$	2.560	$H_f$	17.125

Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	einicial	efinal
400	17.785	17.125	0.873	0.803
200	18.575	17.785	0.956	0.873
200	18.945	18.575	0.995	0.956
100	19.155	18.945	1.017	0.995
50	19.395	19.155	1.042	1.017
25	19.495	19.395	1.053	1.042
12	19.605	19.495	1.064	1.053
5	19.685	19.605	1.073	1.064

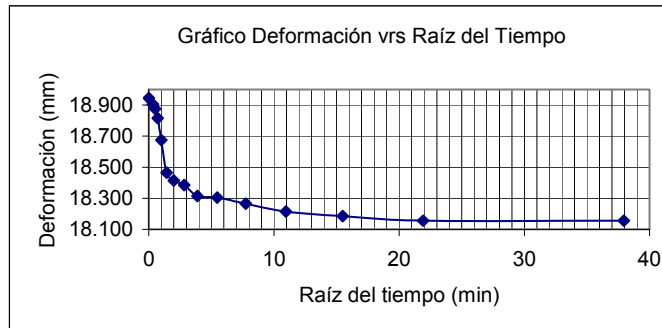
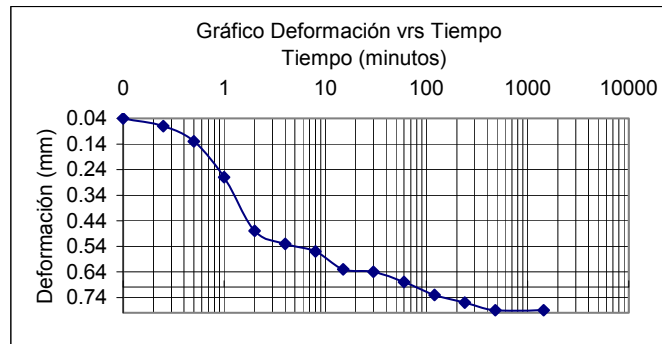


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



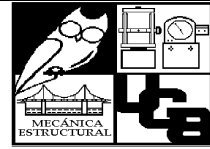
Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	200 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	789		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
20-07-09 HORA:1:00 P.M	0.00	789.0	0.000	18.945	0.00
	0.10	785.0	0.040	18.905	0.32
	0.25	782.0	0.070	18.875	0.50
	0.50	776.0	0.130	18.815	0.71
	1	762.0	0.270	18.675	1.00
	2	741.0	0.480	18.465	1.41
	4	736.0	0.530	18.415	2.00
	8	733.0	0.560	18.385	2.83
	15	726.0	0.630	18.315	3.87
	30	725.0	0.640	18.305	5.48
	60	721.0	0.680	18.265	7.75
	120	716.0	0.730	18.215	10.95
	240	713.0	0.760	18.185	15.49
480	710.0	0.790	18.155	21.91	
21-07-09 HORA:1:00 P.M	1440	710.0	0.790	18.155	37.95



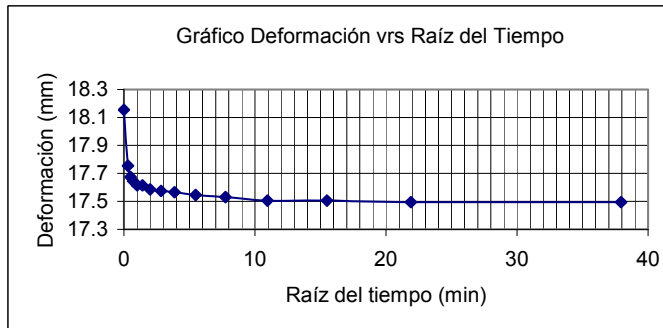
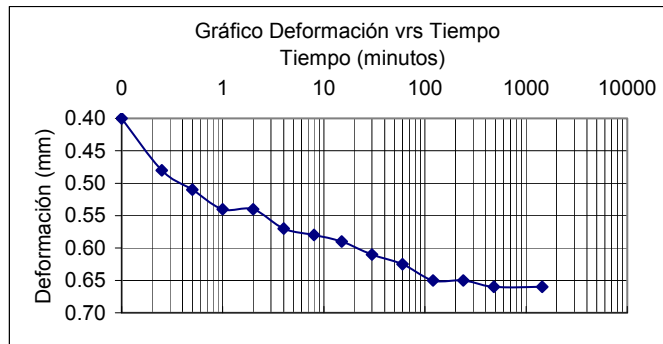
OBSERVACIONES:

---

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	400 kPa		Precisión del deformímetro ( mm/div)		
Lectura inicial:	710		0.01		
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
21-07-09 HORA:1:00 P.M	0.00	710.0	0.000	18.155	0.00
	0.10	670.0	0.400	17.755	0.32
	0.25	662.0	0.480	17.675	0.50
	0.50	659.0	0.510	17.645	0.71
	1	656.0	0.540	17.615	1.00
	2	656.0	0.540	17.615	1.41
	4	653.0	0.570	17.585	2.00
	8	652.0	0.580	17.575	2.83
	15	651.0	0.590	17.565	3.87
	30	649.0	0.610	17.545	5.48
	60	647.5	0.625	17.530	7.75
	120	645.0	0.650	17.505	10.95
	240	645.0	0.650	17.505	15.49
	480	644.0	0.660	17.495	21.91
22-07-09 HORA:1:00 P.M	1440	644.0	0.660	17.495	37.95

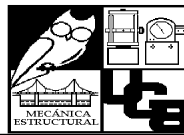


OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_



LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Método de Prueba Estándar para la Medición del Potencial de Colapso del Suelo, ASTM D 5333-92
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.

**DATOS DE ENSAYO**

Tipo de Muestra	Muestra 2-B IGIMBRITAS	
Diámetro del anillo 1	5.04	cm
Diámetro del anillo 2	5.03	cm
Diámetro del anillo $D_{prom}$	5.04	cm
Altura del anillo 1	1.93	cm
Altura del anillo 2	1.93	cm
Altura promedio, $H_0$	1.93	cm
Peso del anillo, $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del espécimen húmedo + anillo, $W_{anillo+sh}$	120.18	g
Área, $A=\pi/4*(D_{prom})^2$	19.94	cm <sup>2</sup>
Volumen inicial de la muestra, $V_0=A*H_0$	38.51	cm <sup>3</sup>
Peso del suelo húmedo inicial $W_{shi} = W_{anillo+shi} - W_{anillo}$	57.68	g
Gravedad específica, $G_s$	2.42	adimensional
Densidad humeda	1.50	g/cm <sup>3</sup>

**Contenido de humedad inicial**

# Tara	1	2
Peso de la tara (g), $W_t$	24.30	25.09
Peso de tara +suelo húmedo (g), $W_{t+sh}$	38.72	44.03
Peso de tara + suelo seco (g), $W_{t+ss}$	37.23	42.06
Peso del suelo seco (g), $W_{ss}$	12.93	16.97
Peso del agua (g), $W_w$	1.49	1.97
Contenido de humedad (%), $w$	11.52	11.61
Humedad promedio (%), $w_{prom}$	11.6	
Precisión	Cumple	

**Contenido de humedad final**

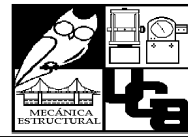
Peso de tara	44.81	g
Peso del anillo $W_{anillo}$	62.50	g
Peso del anillo + suelo húmedo final + tara , $W_{anillo+shf+tara}$	171.09	g
Peso del suelo húmedo final $W_{shf}=W_{anillo+shf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	63.78	g
Peso del anillo + suelo seco final + tara, $W_{anillo+ssf+tara}$	158.99	g
Peso del suelo seco final, $W_{ssf}=W_{anillo+ssf+tara}-W_{anillo}-W_{tara}$	51.68	g
Contenido de humedad final, $w_f$	23.41	%

<b>Grado de saturación antes del ensayo</b>	34.98	%
$S_0=100*(W_{shi}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_0-H_s))$		
<b>Grado de saturación después del ensayo</b>	79.71	%
$S_0=100*(W_{shf}-W_{ssf})/(A*\rho_w*(H_f-H_s))$		
Densidad seca , $\rho_d = W_{ss}/V_0$	1.34	g/cm <sup>3</sup>
Volumen de sólidos, $V_s = W_{ss}/(G_s*\rho_w)$	21.36	cm <sup>3</sup>
Altura equivalente de sólidos, $H_s = V_s/A$	1.07	cm

**Indice de Colapsabilidad**

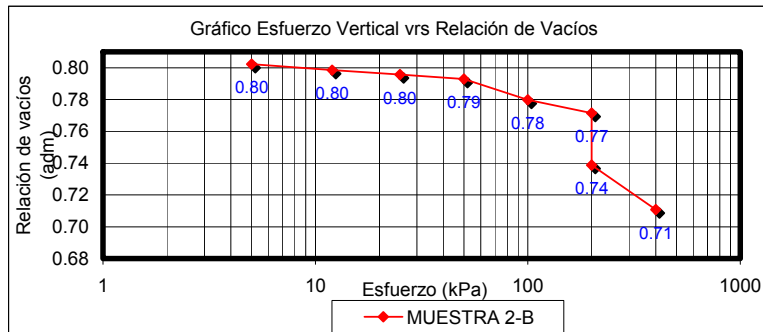
Relación de vacíos en el estado natural de la muestra $e_0$	0.80	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa antes de saturar $e_1$ :	0.77	Adimensional
Relación de vacíos para un esfuerzo de 200 kPa después de saturar $e_2$	0.74	Adimensional
Indice de Colapsabilidad (Ic)	1.81	%
Clasificación del Índice de Colapsabilidad	Moderada	

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



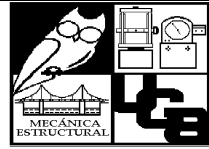
Ensayo:	Método de Prueba Estándar para la Medición del Potencial de Colapso del Suelo, ASTM D 5333-92					
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango.		Muestra:	2-B		
Fecha de realización:	20/07/2009	Hora:	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	2000	8:00 A.M	0.01			
Presión (kPa)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]		Deformación (mm)		Altura de la muestra (mm)	
5	L <sub>i</sub>	2000	δ <sub>i</sub>	0.000	H <sub>i</sub>	19.317
	L <sub>f</sub>	1999.0	δ <sub>f</sub>	0.010	H <sub>f</sub>	19.307
12	L <sub>i</sub>	1999.0	δ <sub>i</sub>	0.010	H <sub>i</sub>	19.307
	L <sub>f</sub>	1995.0	δ <sub>f</sub>	0.050	H <sub>f</sub>	19.267
25	L <sub>i</sub>	1995.0	δ <sub>i</sub>	0.050	H <sub>i</sub>	19.267
	L <sub>f</sub>	1992.0	δ <sub>f</sub>	0.080	H <sub>f</sub>	19.237
50	L <sub>i</sub>	1992.0	δ <sub>i</sub>	0.080	H <sub>i</sub>	19.237
	L <sub>f</sub>	1989.0	δ <sub>f</sub>	0.110	H <sub>f</sub>	19.207
100	L <sub>i</sub>	1989.0	δ <sub>i</sub>	0.110	H <sub>i</sub>	19.207
	L <sub>f</sub>	1975.0	δ <sub>f</sub>	0.250	H <sub>f</sub>	19.067
200 (Antes de la saturacion)	L <sub>i</sub>	1975.0	δ <sub>i</sub>	0.250	H <sub>i</sub>	19.067
	L <sub>f</sub>	1966.0	δ <sub>f</sub>	0.340	H <sub>f</sub>	18.977
200 (Muestra Saturada)	L <sub>i</sub>	1966.0	δ <sub>i</sub>	0.340	H <sub>i</sub>	18.977
	L <sub>f</sub>	1931.0	δ <sub>f</sub>	0.690	H <sub>f</sub>	18.627
400	L <sub>i</sub>	1931.0	δ <sub>i</sub>	0.690	H <sub>i</sub>	18.627
	L <sub>f</sub>	1901.0	δ <sub>f</sub>	0.990	H <sub>f</sub>	18.327

Presión (kPa)	Altura inicial (mm)	Altura final (mm)	ei inicial	ei final
400	18.627	18.327	0.739	0.711
200	18.977	18.627	0.771	0.739
200	19.067	18.977	0.780	0.771
100	19.207	19.067	0.793	0.780
50	19.237	19.207	0.796	0.793
25	19.267	19.237	0.799	0.796
12	19.307	19.267	0.802	0.799
5	19.317	19.307	0.803	0.802

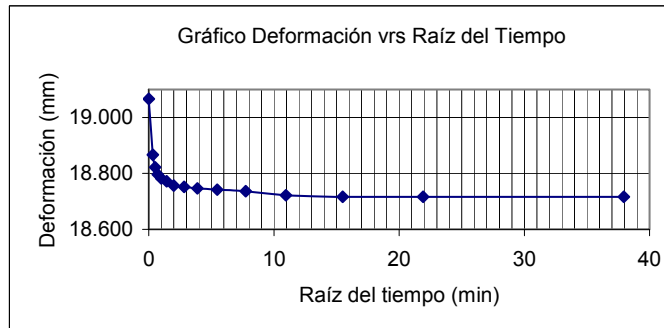
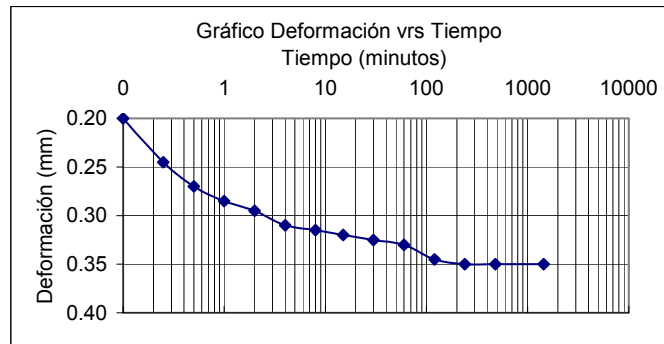


OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	200 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1966	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
20-07-09 HORA:1:00 P.M	0.00	1966.0	0.000	19.067	0.00
	0.10	1946.0	0.200	18.867	0.32
	0.25	1941.5	0.245	18.822	0.50
	0.50	1939.0	0.270	18.797	0.71
	1	1937.5	0.285	18.782	1.00
	2	1936.5	0.295	18.772	1.41
	4	1935.0	0.310	18.757	2.00
	8	1934.5	0.315	18.752	2.83
	15	1934.0	0.320	18.747	3.87
	30	1933.5	0.325	18.742	5.48
	60	1933.0	0.330	18.737	7.75
	120	1931.5	0.345	18.722	10.95
	240	1931.0	0.350	18.717	15.49
480	1931.0	0.350	18.717	21.91	
21-07-09 HORA:1:00 P.M	1440	1931.0	0.350	18.717	37.95

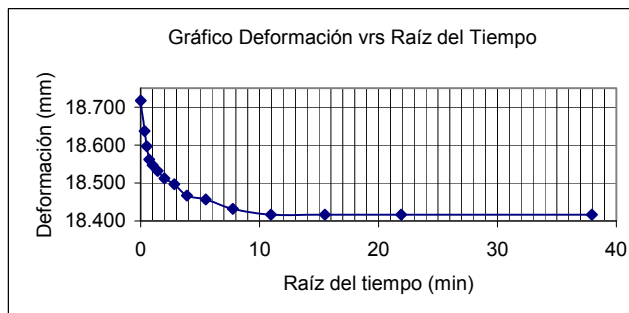


OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA ESTRUCTURAL UCA



Ensayo:	Ensayo de Consolidación Unidimensional , ASTM D 2435-96				
Ubicación:	Autopista San Salvador - San Miguel (Carretera de Oro), en el municipio de Soyapango, en las cercanías de la urbanización Guayacán y a 750m del cementerio Parque Memorial Los Cipreses.				
Presión:	400 kPa	Precisión del deformímetro ( mm/div)			
Lectura inicial:	1931	0.01			
Fecha	Tiempo (min)	Lectura del deformímetro (div) [0.01 mm/div]	Deformación (mm)	Altura de la muestra (mm)	Raíz del tiempo (min)
21-07-09 HORA:1:00 P.M	0.00	1931.0	0.000	18.717	0.00
	0.10	1923.0	0.080	18.637	0.32
	0.25	1919.0	0.120	18.597	0.50
	0.50	1915.5	0.155	18.562	0.71
	1	1914.0	0.170	18.547	1.00
	2	1912.5	0.185	18.532	1.41
	4	1910.5	0.205	18.512	2.00
	8	1909.0	0.220	18.497	2.83
	15	1906.0	0.250	18.467	3.87
	30	1905.0	0.260	18.457	5.48
	60	1902.5	0.285	18.432	7.75
	120	1901.0	0.300	18.417	10.95
	240	1901.0	0.300	18.417	15.49
22-07-09 HORA:1:00 P.M	480	1901.0	0.300	18.417	21.91
	1440	1901.0	0.300	18.417	37.95



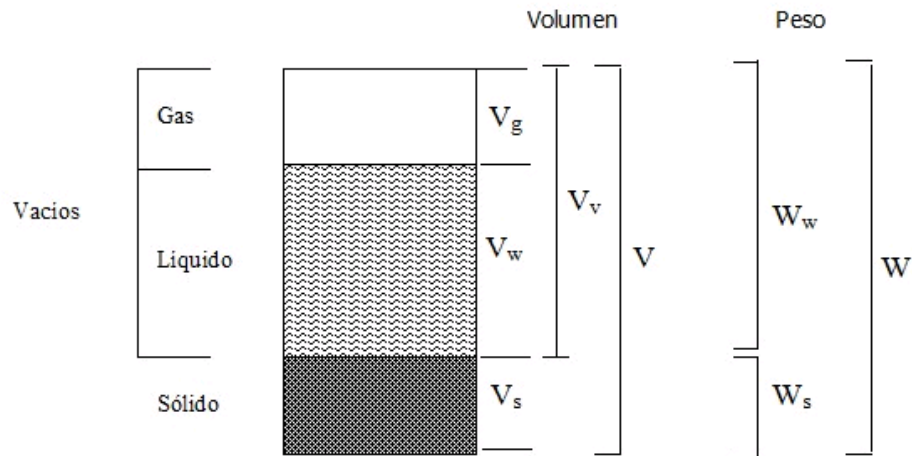
OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_



**ANEXO B**  
**ADICIONALES A PRUEBAS DE LABORATORIO**



## Esquema de las fases constitutivas de una muestra de suelo.



### Fases del suelo

Fase sólida: Partículas minerales, incluyendo la capa de agua adsorbida.

Fase líquida: Agua libre, a veces con sales disueltas.

Fase gaseosa: Aire, a veces con gases y vapores.

#### Volúmenes:

$V$ : Volumen total

$V_v$ : Volumen vacíos

$V_s$ : Volumen de sólidos

$V_g$ : Volumen de gases

$V_w$ : Volumen de agua

#### Pesos:

$W$ : Peso total

$W_g$ : Peso de gases (aproximadamente = 0)

$W_w$ : Peso de agua

### Propiedades índices

#### Relaciones volumétricas y gravimétricas

Permiten definir cuantitativamente las propiedades de un suelo, sus condiciones y su comportamiento físico y mecánico.



### Volumétricas:

- Relación de vacíos

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_w + V_a}{V_s}$$

- Porosidad

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100 = \frac{V_w + V_a}{V_w + V_a + V_s}$$

- Grado de saturación

$$s = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

- Relación entre e y n

$$n = \frac{e}{e+1} \quad e = \frac{n}{n+1}$$

### Gravimétricas:

Relaciones de la masa o el peso:

- Humedad.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Relaciones del peso y volumen:

- Peso específico relativo de los sólidos o gravedad específica.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V\gamma_w}$$

- Peso específico seco.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

- Peso específico o volumétrico (peso específico húmedo).

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

- Peso específico de los sólidos.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

- Peso específico del agua.

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} \quad \gamma_w = 9.81 \text{ kN} / \text{m}^3$$

Relación de masa y volumen:

- Densidad total.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

- Densidad seca del suelo.

$$\rho_d = \frac{M_s}{V}$$

- Densidad de los sólidos.

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

- Densidad de agua

$$\rho_w = \frac{M_w}{V_w} = 1Mg / m^3 = 1000kg / m^3$$

Relación de densidad y peso específico:

$$\gamma = \rho \times g \quad g = 9.81m / s^2 \quad \gamma = 9.81 \times \rho$$

### **Consolidación Unidimensional.**

Parámetros representativos de la compresibilidad:

- Coeficiente de compresibilidad.

$$a_v = -\frac{\delta_e}{\delta\sigma'}$$

- Coeficiente de variación volumétrica.

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e_i}$$

El valor de  $e_i$  es el correspondiente a la relación de vacíos al inicio de cada incremento de carga  $\delta\sigma'$ .

- Índice de compresión ( $C_c$ ): Es la pendiente del tramo virgen de la curva de compresibilidad.
- Índice de recompresión ( $C_r$ ): Es igual a la pendiente de la línea de recompresión de la curva de compresibilidad.

#### Cálculo de presión de Preconsolidación:

Para el cálculo de la presión de consolidación se utilizó el método de Casagrande (1936) el cual sugirió una simple construcción de una gráfica para determinar las presiones de Preconsolidación  $\sigma'_c$  a partir de la gráfica de laboratorio  $e$ -log  $\sigma'$ . El procedimiento es el siguiente:

1. Por observación visual, establezca un punto  $a$  en donde la gráfica  $e$ -log  $\sigma'$  tenga un radio de curvatura mínimo.
2. Dibuje una línea horizontal  $ab$ .
3. Dibuje la línea  $ac$  tangente en  $a$ .
4. dibuje la línea  $ad$ , que es la bisectriz del ángulo  $bac$ .
5. Proyecte la porción recta  $gh$  de la gráfica  $e$ -log  $\sigma'$  hacia atrás para intersecar  $ad$  en  $f$ . La abscisa del punto  $f$  es la presión de preconsolidación  $\sigma'_c$ .

#### Cálculo de permeabilidad:

Según Head [1988:p.705] define que el valor correspondiente al 50% del grado de consolidación de un limo puede tomarse como el valor correspondiente a la lectura inicial. Aragón et al [1999: p.146 y 147] proponen que para los suelos que poseen mayor capacidad de drenaje que los limos, no se puede hacer la suposición de Head para determinar el grado de consolidación de la primera lectura, y es por ello que se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

Para el cálculo del grado de consolidación de la primera lectura de laboratorio se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

1. Se toma la última lectura de la etapa de carga anterior ( $L_0$ ) como el valor correspondiente al 0% del grado de consolidación de la muestra (a excepción del primer incremento de esfuerzos en el cual este valor es cero).
2. Se considera que la última lectura de incremento de esfuerzo ( $L_f$ ) es el valor al 100% del grado de consolidación de la muestra.
3. Se considera que para la primera lectura de laboratorio ( $L_0$  para  $t = 0.1$  min), el grado de consolidación de la muestra es:

$$U(\%) = 100 - \left( \frac{L_f - L_0'}{L_f - L_0} \right) \times 100$$

4. Una vez calculado el valor correspondiente al grado de consolidación U (%), se realiza una interpolación lineal con la tabla 6.2 Braja Das B [2001: p.179] de variación del factor del tiempo con el grado de consolidación para obtener el valor de  $T_v$ .
5. El valor  $C_v$  se calcula tomando a  $t=0.1$  min,  $H= 0.97$  cm, y el valor de  $T_v$  obtenido para cada incremento de carga.

### **Caja de corte.**

Determinación de las deformaciones horizontales y verticales.

Lectura vertical \* 0.01mm/ div = Deformación vertical.

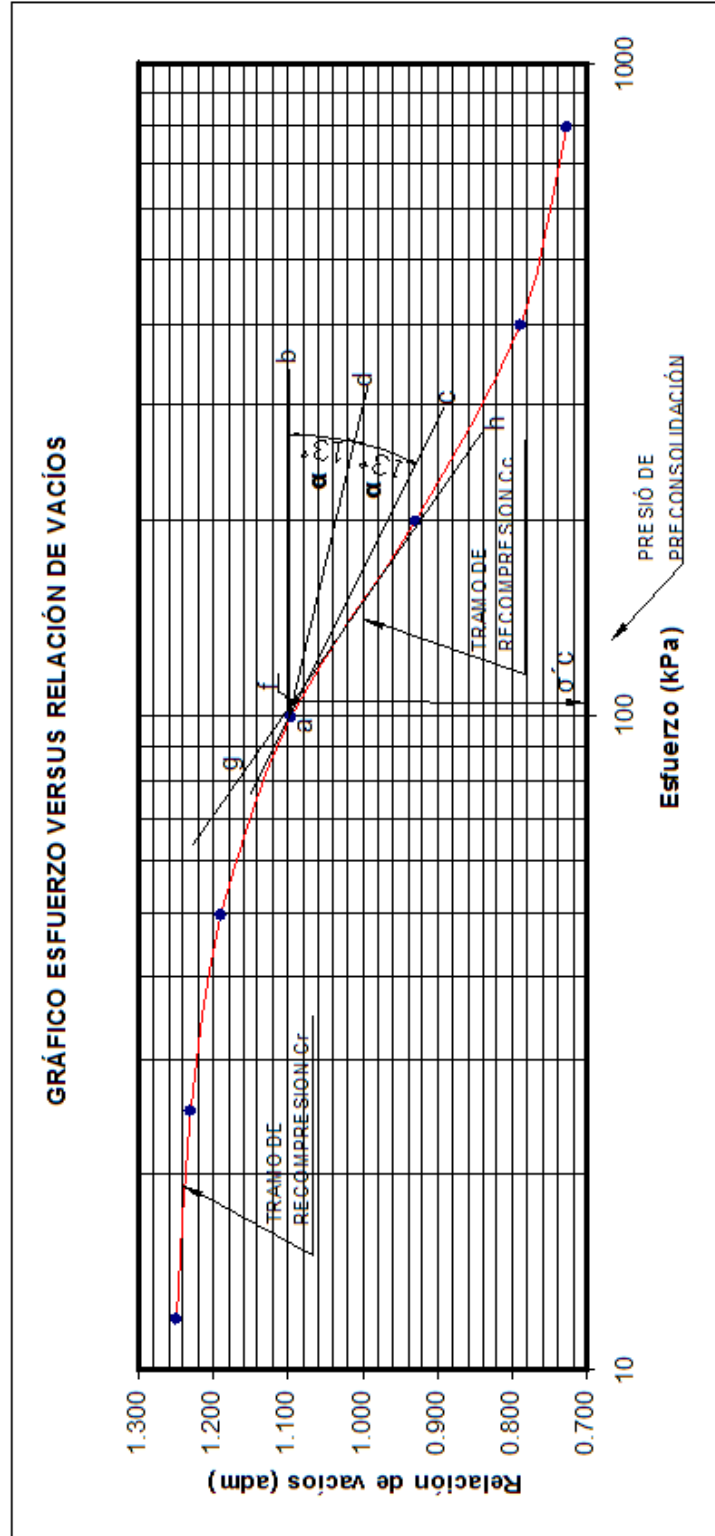
Lectura horizontal \* 0.01 mm/div = Deformación horizontal.

Determinación de carga.

Lectura del anillo de corte \* 0.002 KN/div = Carga

Ecuación de la línea promedio obtenida para los resultados experimentales.

$$\zeta(\sigma) = c + \sigma' (\tan \emptyset)$$



Procedimiento gráfico para determinar la presión de preconsolidación Adaptado de Braja M. Das [2001:p. 160].

Tabla 6.2 variación del factor de tiempo con el grado de consolidación. Adaptado de Braja M. Das [2001:p. 179].

U(%)	Tv	U(%)	Tv	U(%)	Tv
0	0.000	34	0.091	67	0.364
1	0.000	35	0.096	68	0.377
2	0.000	36	0.102	69	0.390
3	0.001	37	0.108	70	0.403
4	0.001	38	0.113	71	0.417
5	0.002	39	0.119	72	0.431
6	0.003	40	0.126	73	0.446
7	0.004	41	0.132	74	0.461
8	0.005	42	0.139	75	0.477
9	0.006	43	0.145	76	0.493
10	0.008	44	0.152	77	0.511
11	0.010	45	0.159	78	0.529
12	0.011	46	0.166	79	0.547
13	0.013	47	0.173	80	0.567
14	0.015	48	0.181	81	0.588
15	0.018	49	0.189	82	0.610
16	0.020	50	0.196	83	0.633
17	0.023	51	0.204	84	0.658
18	0.025	52	0.212	85	0.684
19	0.028	53	0.221	86	0.712
20	0.031	54	0.229	87	0.742
21	0.035	55	0.238	88	0.774
22	0.038	56	0.246	89	0.809
23	0.042	57	0.255	90	0.848
24	0.045	58	0.264	91	0.891
25	0.049	59	0.273	92	0.938
26	0.053	60	0.283	93	0.993
27	0.057	60	0.287	94	1.055
28	0.062	61	0.297	95	1.129
29	0.066	62	0.307	96	1.219
30	0.071	63	0.318	97	1.336
31	0.075	64	0.329	98	1.500
32	0.080	65	0.340	99	1.781
33	0.086	66	0.352	100	∞

ANEXO C  
COMPARACIÓN DE CAMBIO EN ZONA DE  
ESTUDIO MEDIANTE ORTOFOTOS





## Situación o cambios en zona de estudio, comparación mediante ortofoto.

Conocer y preveer los posibles cambios que se presentan en la geomorfología de los ríos y quebradas, debe ser una prioridad para toda entidad que esté interesada en realizar obras de construcción en las riveras de estos, debido a que los diversos cambios que se presentan, producen grandes variaciones en estos; como el cambio de trayectoria del cauce, la generación de meandros, la desestabilización de las laderas, etc. También se debe conocer el comportamiento de taludes, iniciando por identificar cuáles son los depósitos de suelo por los que están compuestos y de esa manera hacer los estudios necesarios para poder determinar el comportamiento que tendrá con el tiempo debido a las cargas a las cuales estarán sometidos.

En este apartado se muestran los cambios que se han presentado en algunos puntos de la zona de estudio, durante un periodo de 6 años (2002-2008). La figura C-1 muestra una ortofoto, de 2002, en donde se observan las condiciones en las que se encontraba la zona de estudio en ese año, luego en la figura C-2, vemos una imagen de la misma zona, para el año 2008, en la cual se puede apreciar la diferencia en el incremento de urbanizaciones (urbanización Altavista).

Los cambios más relevantes que se muestran en las imágenes C-3 y C-4, son: Generación de meandros, cambio de dirección del cauce de quebradas, degradación de taludes, etc.

Las figuras C-5 y C-6 muestran otro punto de la zona de estudio. Los cambios más relevantes que esta imagen presenta son: La formación de un cárcava, nuevos asentamientos poblacionales y la construcción de la obra de mitigación en dicha cárcava, entre otros.

En las figuras C-7 y C-8, una de las variaciones más visibles que se observa es el cambio de dirección del cauce en un tramo del río las cañas, el cual inicialmente presentaba un meandro y luego con el tiempo, se fue cerrando, hasta unir el cauce por la parte más angosta del meandro. También en este periodo se puede observar la construcción del parque memorial Los Cipreses.

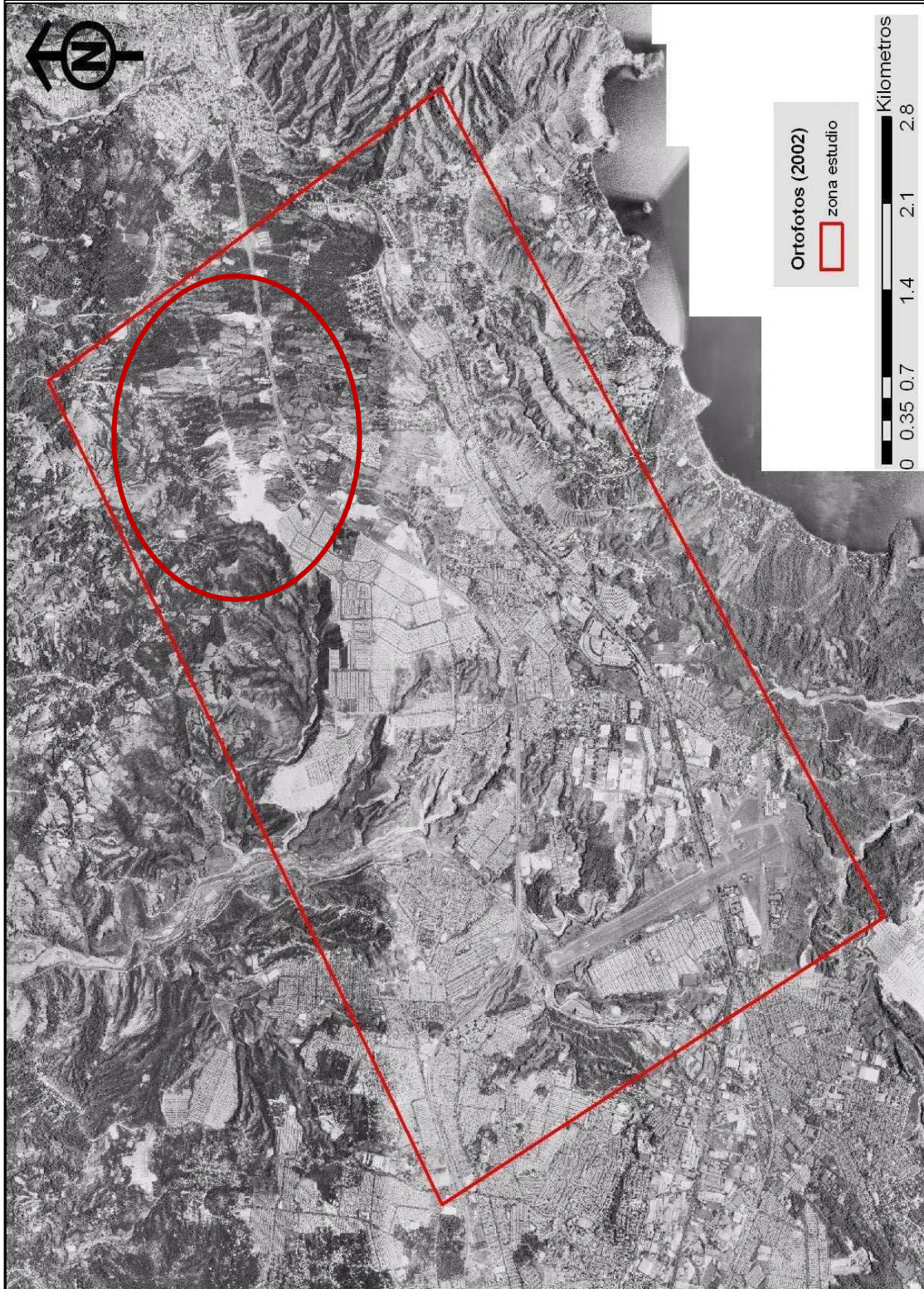


Figura C.1. Ortofoto de la zona de estudio [OPAMSS, 2002].





Figura C-2. . Quickbird de la zona de estudio [OPAMSS, 2008].



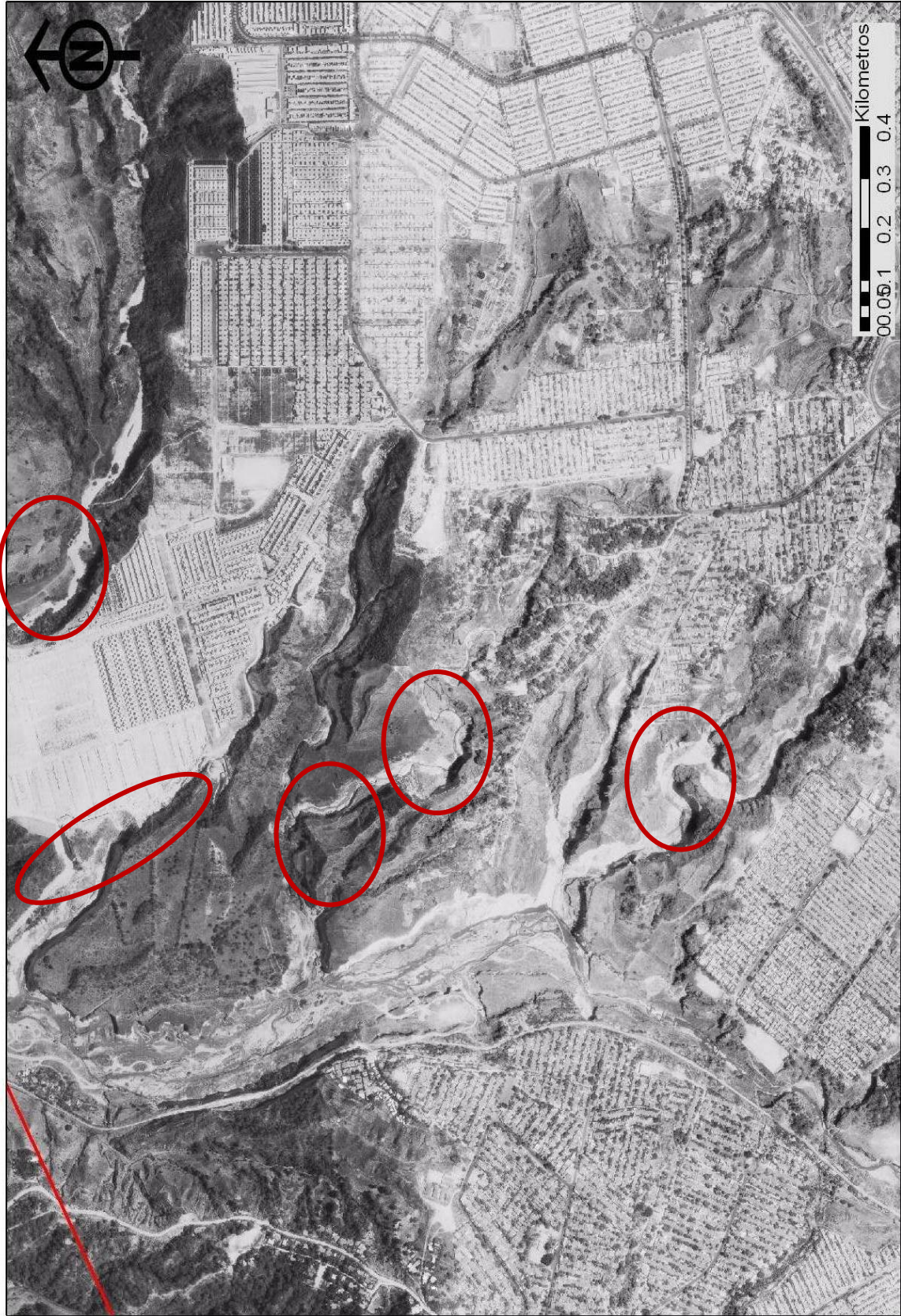


Figura C.3. Ortofoto de la zona del río Las Cañas entre Cumbres de San Bartolo y la urbanización Bosques del Río [OPAMSS, 2002].





FiguraC.4. Quickbird de la zona del río Las Cañas entre cumbres de San Bartolo y la urbanización Bosques del Río [OPAMSS, 2008].



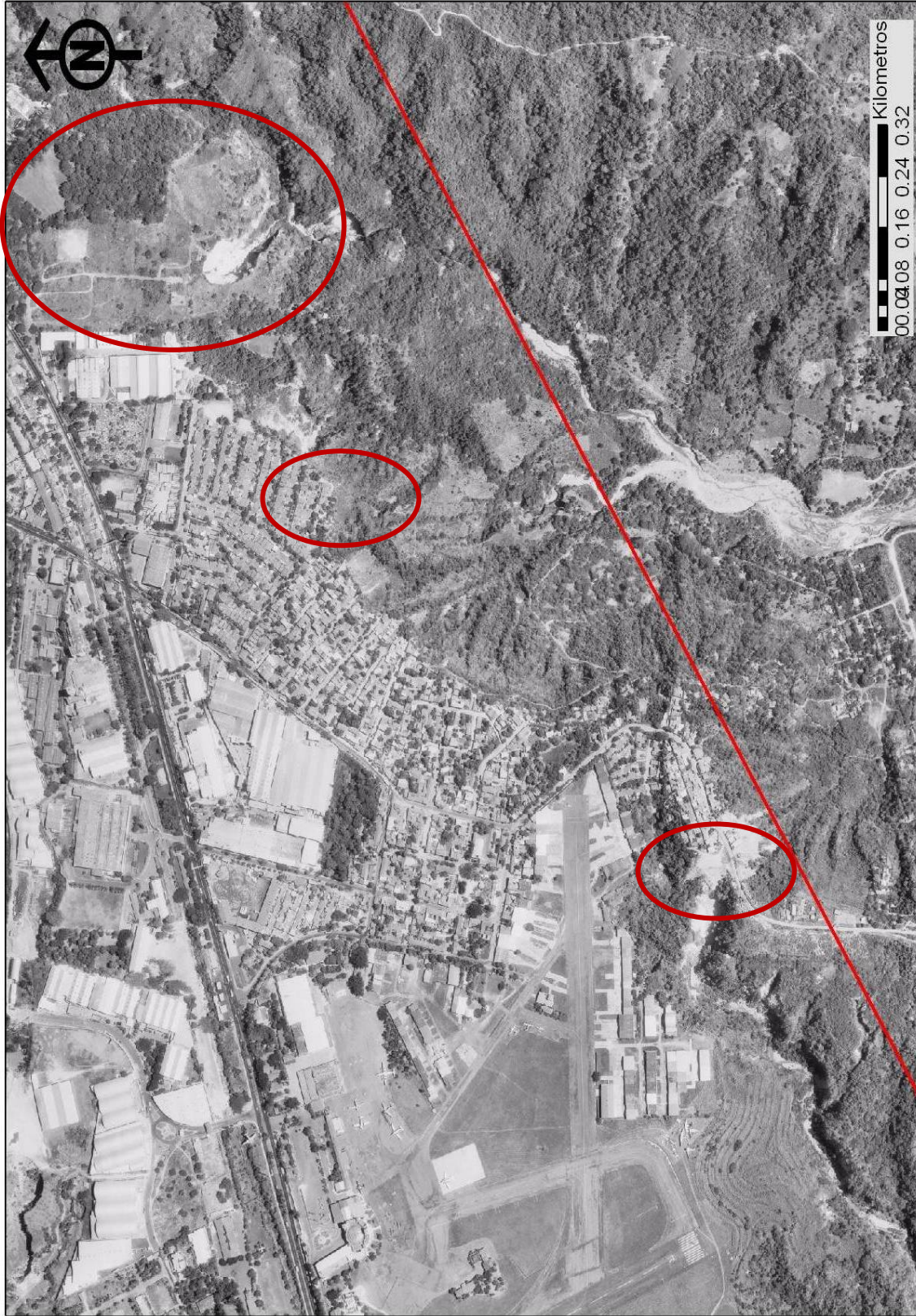


Figura C.5. Ortofoto, colonias Llano Verde, Quiteño, Escalante y aeropuerto de Ilopango [OPAMSS, 2002].



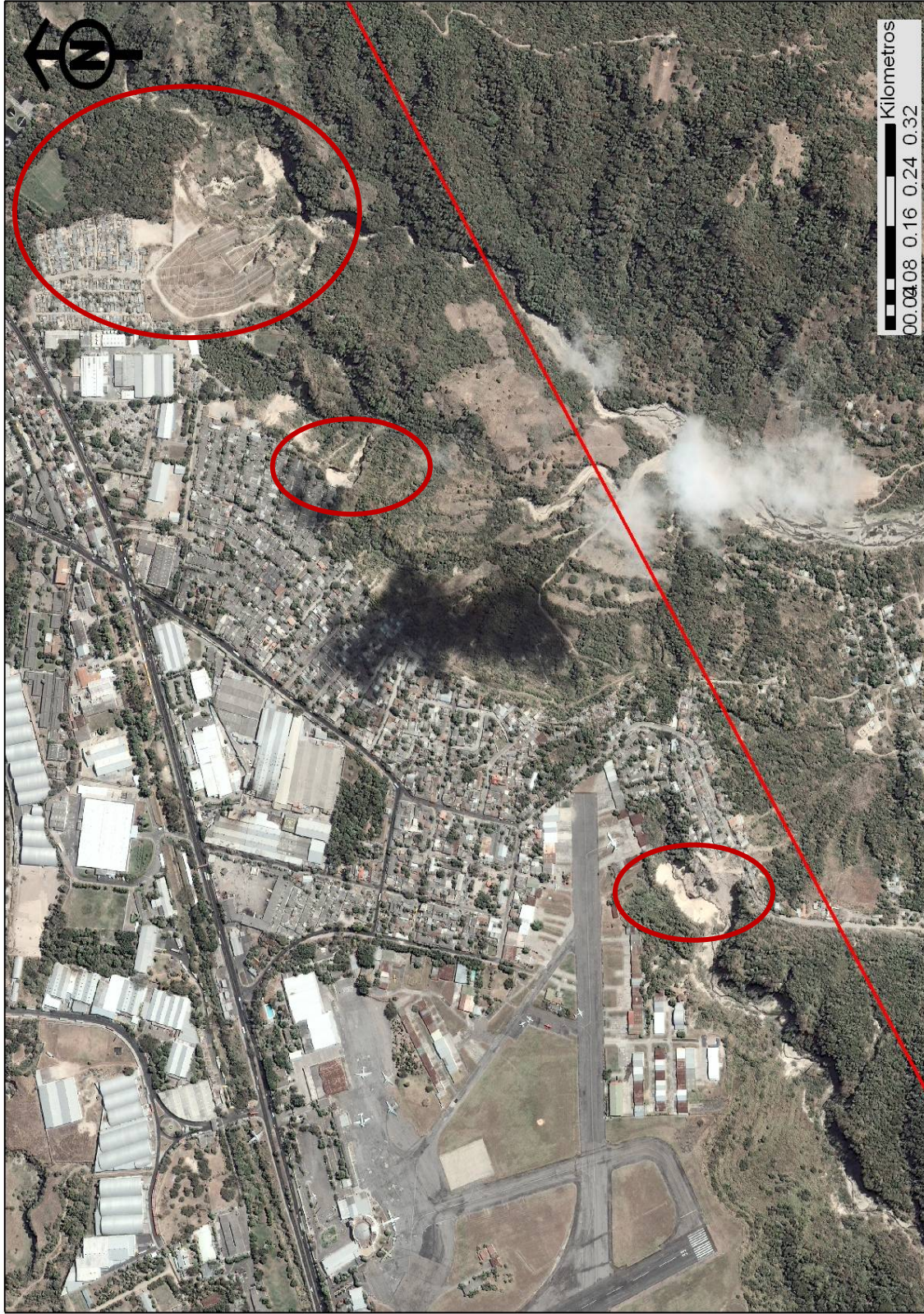


Figura C.6. Quickbird, colonias Llano Verde, Quiteño, Escalante y aeropuerto de Ilopongo [OPAMSS, 2008].



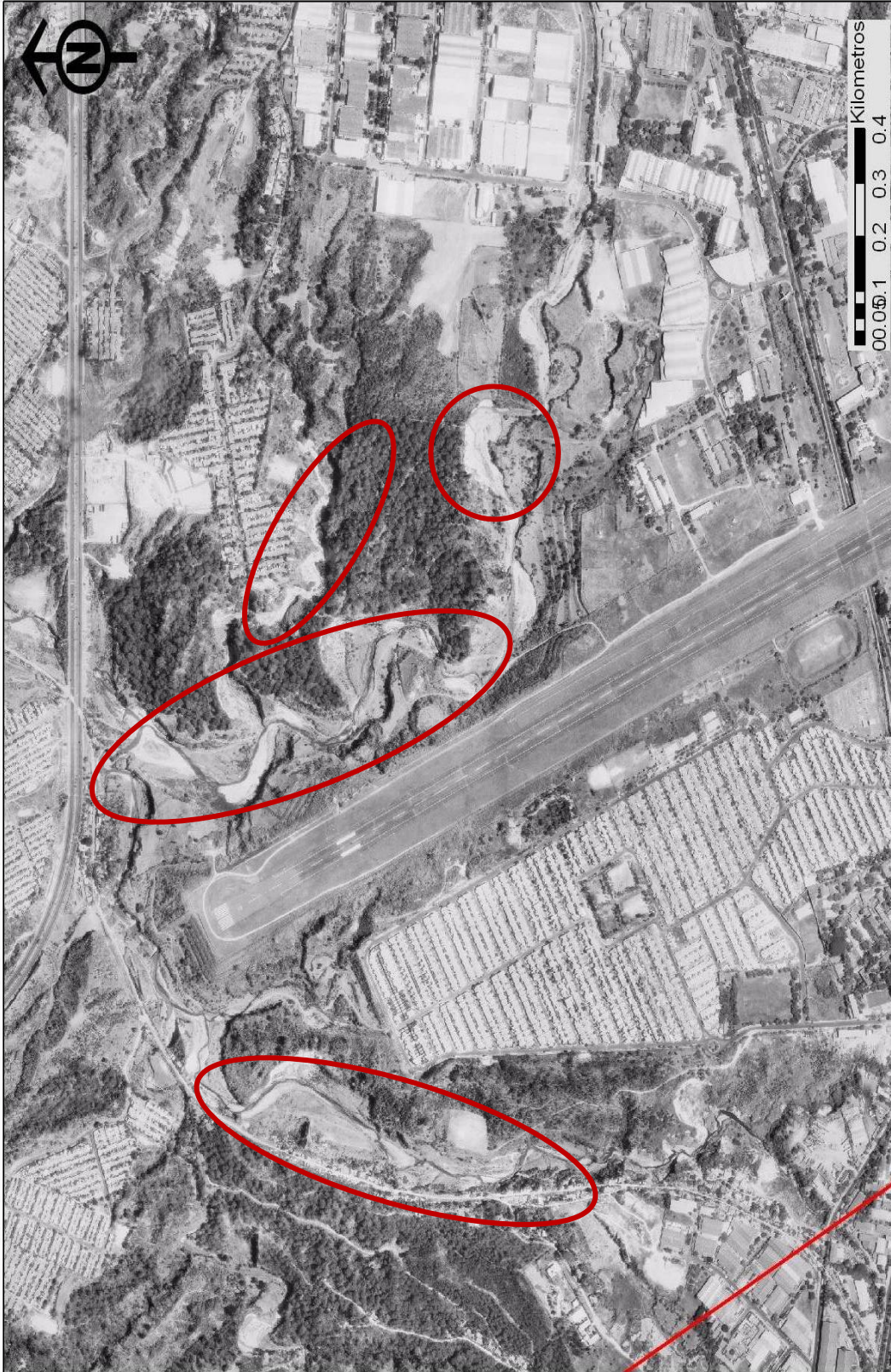


Figura C.7. Ortofoto, zona de colonia Bosques de La Paz, aeropuerto y cementerio Los Cipreses, en Ilopingo [OPAMSS, 2002].





Figura C.8. Quickbird, zona de colonia Bosques de La Paz, aeropuerto y cementerio Los Cipreses, en Ilopingo [OPAMSS, 2008].

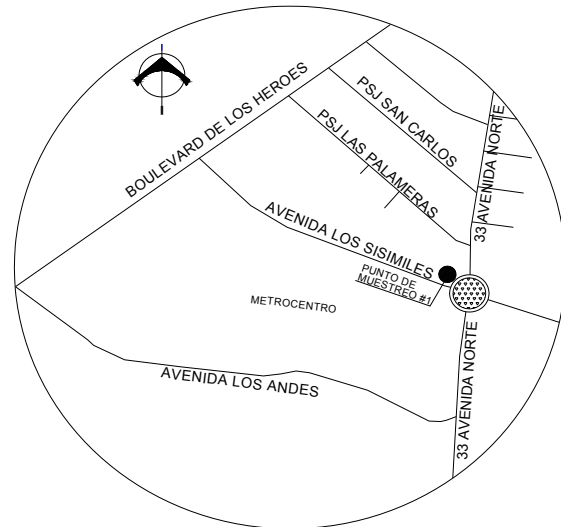


ANEXO D  
PUNTOS DE MONITOREOS





## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 1

Fecha: 15-05-2009.

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreos para determinar el comportamiento del talud de TBJ.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación

Tipo de estructura: Corte en talud, sin ningún revestimiento.

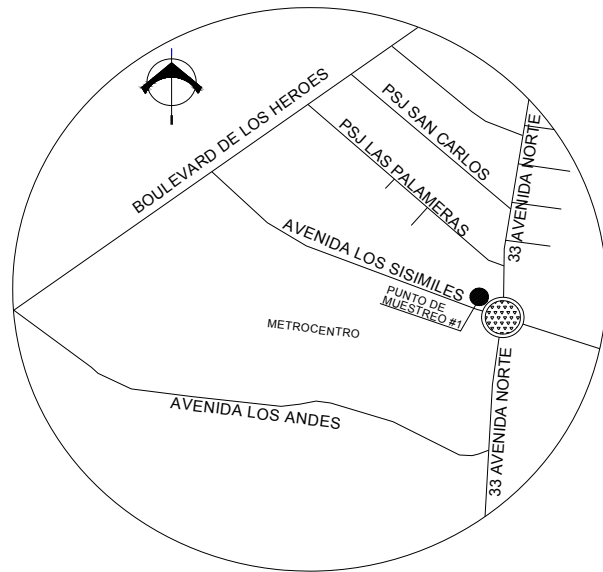
Dirección exacta: Intersección Avenida los Sisimiles y 33 Av. Norte, San Salvador.

Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 42' 21.96", Longitud: 89°12' 30.42"

Descripción de la Estructura: Corte en talud, sin ningún revestimiento, con ángulo de inclinación de 90°, altura de H= 5.4 m, compuesto por dos estratos de la TBJ, unidad F en el pie del talud y unidad G en la parte superior.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo: Presenta fallas en formas de láminas paralelas a la cara del talud producidas por la inclusión de raíces a su estructura de suelo. En la base del talud presenta problemas de erosión ocasionadas por precipitaciones pasadas.

## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 1

Fecha: 17-07-2009.

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitores para determinar el comportamiento del talud de TBJ.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación

Tipo de estructura Corte en talud, sin ningun revestimiento.

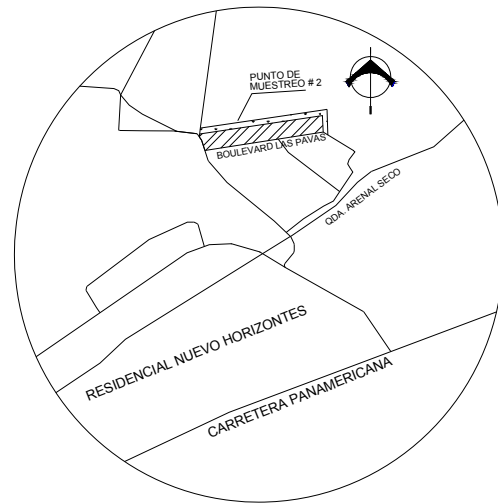
Dirección exacta : Intersección Avenida los Sisimiles y 33 Av. Norte, San Salvador.

Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 42' 21.96", Longitud: 89°12' 30.42"

Descripción de la Estructura: Corte en talud, sin ningún revestimiento, con ángulo de inclinación de 90°, altura de H= 5.4 m, compuesto por dos estratos de la TBJ, unidad F en el pie del talud y unidad G en la parte superior.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo: El cambio más notable que presento este punto fue el crecimiento de raíces, generando una mayora abertura en el plano de falla que aumento de 2cm.

## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 2

Fecha: 15-05-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo : Recubrimiento vetiver.

Dirección exacta : Boulevard Las Pavas, Residencial Nuevo Horizontes, Ilopango

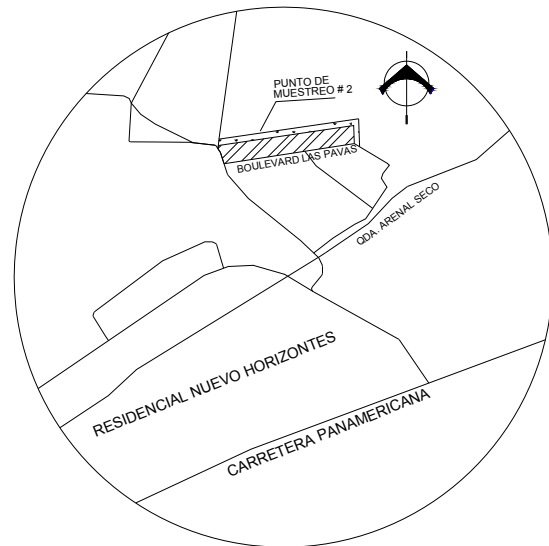
Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 43' 2.91", Longitud: 89° 5' 7.10"

Descripción de la Estructura: Sistema de taludes de H= 2.5 m en forma de terrazas revestido con Vetiver y un sistema de drenaje de canales abiertos.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo: Los taludes presentan erosión producido por la poca vegetación y la mala adaptación del vetiver. En el sistema de drenajes de canales abiertos hay acumulación de sedimentos.



## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 2

Fecha: 17-07-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo : Recubrimiento vetiver.

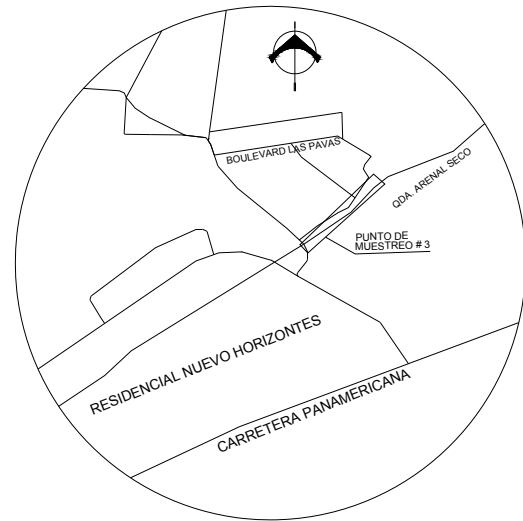
Dirección exacta : Boulevard Las Pavas, Residencial Nuevo Horizontes, Ilopango

Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 43' 2.91", Longitud: 89° 5' 7.10"

Descripción de la Estructura: Sistema de taludes de H= 2.5 m en forma de terrazas revestido con Vetiver y un sistema de drenaje de canales abiertos.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo. Esta obra presentó un alto grado de erosión debido a la escorrentía superficial, acumulación de sedimentos en el fondo de las canaletas y poco crecimiento del vetiver lo cual refleja la falta de mantenimiento de esta estructura.

## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 3

Fecha: 15-05-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo de estructura: Estructura flexible a base de Gaviones.

Dirección exacta : Residencial Nuevo Horizontes, Qda, Arenal Seco, Ilopango

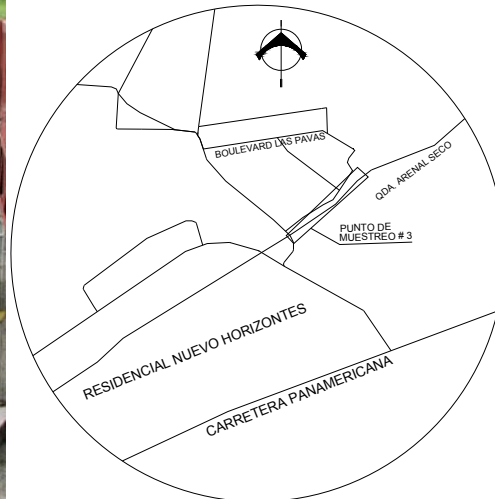
Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 42' 57.79", Longitud: 89° 5' 6.88"

Descripción de la Estructura: Sistema estructural Compuesto por Gaviones, el cual protege las paredes de la sección transversal de la Qda. Arenal seco en una Longitud L= 100 m.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo:

La estructura presenta acumulación de sedimentos, desechos sólidos en la base de los gaviones y vegetación abundante en las mallas.

## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 3

Fecha: 17-07-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo de estructura: Estructura flexible a base de Gaviones.

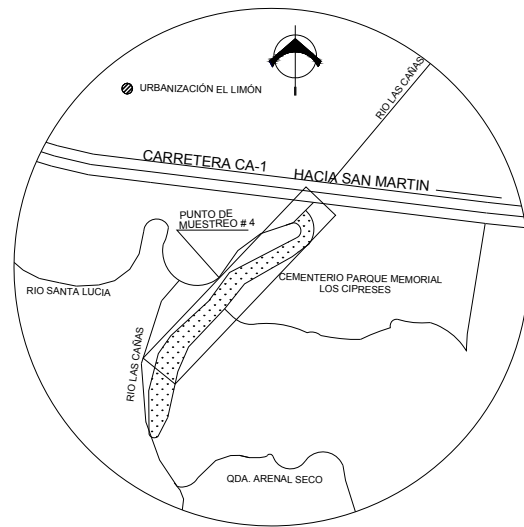
Dirección exacta : Residencial Nuevo Horizontes, Qda, Arenal Seco, Ilopango

Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 42' 57.79", Longitud: 89° 5' 6.88"

Descripción de la Estructura: Sistema estructural Compuesto por Gaviones, el cual protege las paredes de la sección transversal de la Qda. Arenal seco en una Longitud L= 100 m.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo: Este punto no mostró cambios significativos durante el periodo de monitoreo.

## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 4

Fecha: 8-05-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo de estructura : Estructura flexible, a base de gaviones

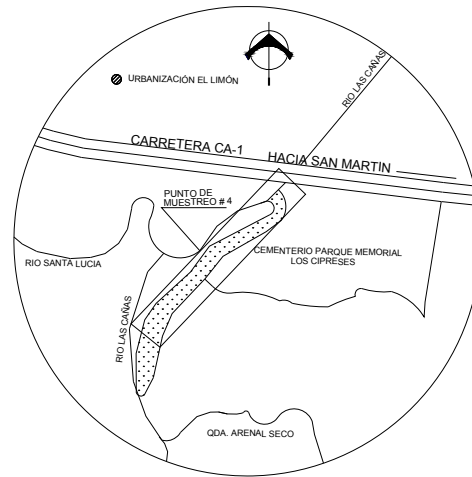
Dirección exacta : Carretera CA-1, Río las Cañas, a un costado del Cementerio Parque Memorial Los Cipreses, Ilopango.

Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 42' 36.57", Longitud: 89° 7' 15.66"

Descripción de la Estructura: Talud H= 15 m compuesto por un sistema estructural de Gaviones en la base con altura H= 3.5 m, revestido con vetiver y un sistema de drenaje de canales abiertos.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo: La base de la estructura presenta acumulación de sedimentos y desechos solidos causado por el fuerza de arrastre del cause. Los caudales de los ríos Santa Lucia, y Las cañas, Qda. Arenal Seco chocan contra la estructura de gaviones produciendo un empuje pasivo en este. Los sistemas de drenajes, el revestimiento de vetiver muestran la falta de mantenimiento.

## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 4

Fecha: 15-05-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo de estructura : Estructura flexible, a base de gaviones

Dirección exacta : Carretera CA-1, Río las Cañas, a un costado del Cementerio Parque Memorial Los Cipreses, Ilopango.

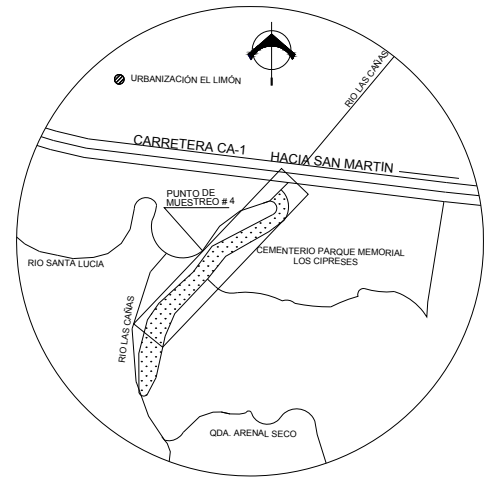
Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 42' 36.57", Longitud: 89° 7' 15.66"

Descripción de la Estructura: Talud H= 15 m compuesto por un sistema estructural de Gaviones en la base con altura H= 3.5 m, revestido con vetiver y un sistema de drenaje de canales abiertos.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo: Los estructura flexible de gaviones que protegían al talud del cause del río, fueron arrancados por la crecida de caudales producida por las lluvias torrenciales en horas de la madrugada. Posteriormente el talud fue erosionado lateralmente aproximadamente unos 2.5m. El propietario del cementerio Parque Memorial Los Cipreses empiezan trabajos de reconstrucción de los gaviones.



## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 4

Fecha: 22-05-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo de estructura : Estructura flexible, a base de gaviones

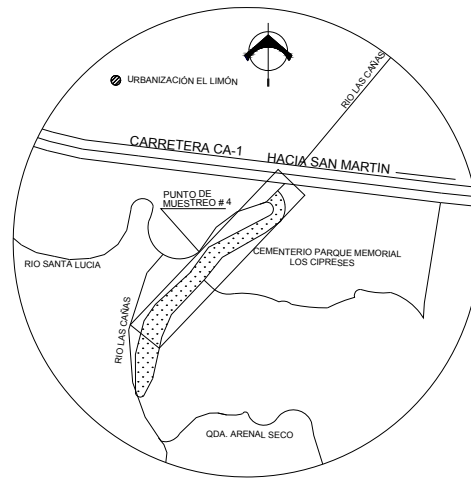
Dirección exacta : Carretera CA-1, Río las Cañas, a un costado del Cementerio Parque Memorial Los Cipreses, Ilopango.

Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 42' 36.57", Longitud: 89° 7' 15.66"

Descripción de la Estructura: Talud H= 15 m compuesto por un sistema estructural de Gaviones en la base con altura H= 3.5 m, revestido con vetiver y un sistema de drenaje de canales abiertos.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo: Se han continuado los trabajos de reconstrucción de los gaviones sin ningún diseño previo, estudio Geotécnico e hidrológico y control de calidad en los procesos constructivos. Se observa que la estructura de gaviones presenta asentamientos.

## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 4

Fecha: 17-07-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo de estructura : Estructura flexible, a base de gaviones

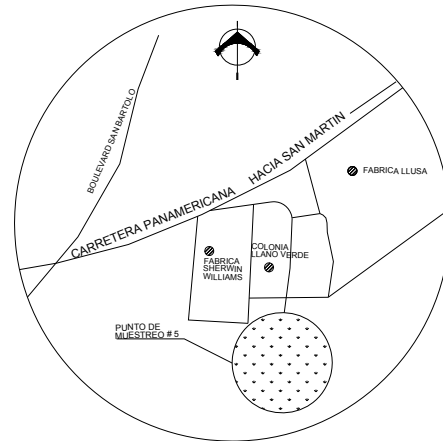
Dirección exacta : Carretera CA-1, Río las Cañas, a un costado del Cementerio Parque Memorial Los Cipreses, Ilopango.

Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 42' 36.57", Longitud: 89° 7' 15.66"

Descripción de la Estructura: Talud H= 15 m compuesto por un sistema estructural de Gaviones en la base con altura H= 3.5 m, revestido con vetiver y un sistema de drenaje de canales abiertos.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo: Los procesos de reconstrucción de los gaviones y relleno del talud han terminado, la estructura de gaviones presentan asentamientos diferenciales lo que a provocado el acomodamiento de toda la sección nueva de gaviones.

## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 5

Fecha: 29-05-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo de estructura: Sistemas de taludes en forma de terrazas escalonada.

Dirección exacta : km. 11 Carretera Panamericana a oriente, Colonia Llano Verde atrás de la Fabrica Sherwin Williams, Ilopango

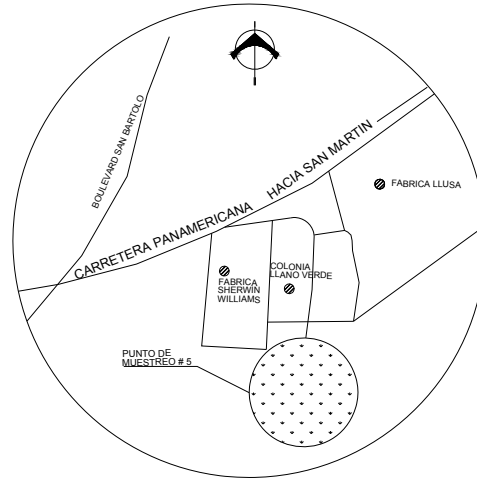
Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 41' 53.34", Longitud: 89° 6' 5.12"

Descripción de la Estructura: Sistema de taludes Con ángulo de inclinación de 45° en forma de terrazas escalonadas H= 60 m, los taludes están revestidos con vetiver a cada 1 - 0.5 m y con un sistema de drenajes de canales abierto.

Observaciones realizadas en visita de monitoreo: La estructura no presenta problemas de erosión o socavación, en el sistema de drenaje no se observa acumulación de basura o sedimentos.



## MONITOREO DE ESTRUCTURAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN



### PUNTO DE MONITOREO 5

Fecha: 17-07-09

Monitoreo hecho por: Estudiantes de la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

Proyecto: Monitoreo para determinar el comportamiento de la estructura de protección.

Finalidad del proyecto: Trabajo de graduación.

Tipo de estructura: Sistemas de taludes en forma de terrazas escalonada.

Dirección exacta : km. 11 Carretera Panamericana a oriente, Colonia Llano Verde atrás de la Fabrica Sherwin Williams, Ilopango

Coordenada Geodésicas: Latitud: 13° 41' 53.34", Longitud: 89° 6' 5.12"

Descripción de la Estructura: Sistema de taludes Con ángulo de inclinación de 45° en forma de terrazas escalonadas H= 60 m, los taludes están revestidos con vetiver a cada 1 - 0.5 m y con un sistema de drenajes de canales abierto.

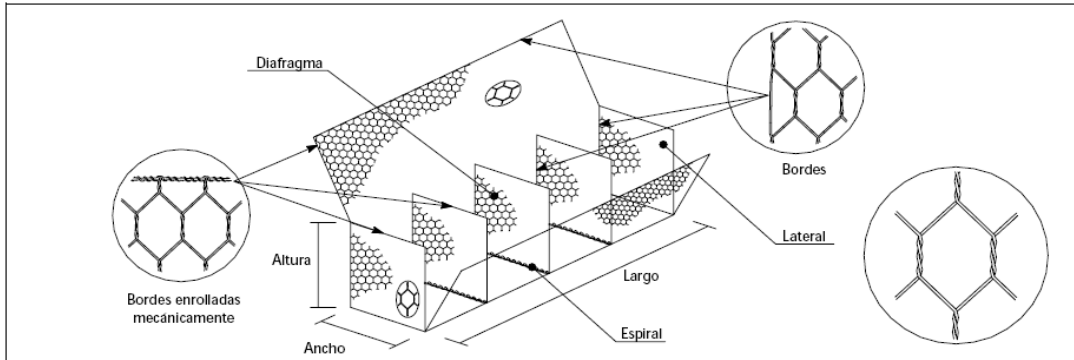
Observaciones realizadas en visita de monitoreo: Esta obra presenta un buen comportamiento, ya que durante el periodo de monitoreo no ha presentado problemas, esto se atribuye al mantenimiento constante que esta recibe antes y después de la estación lluviosa.

ANEXO E  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



# Gavión Caja

en malla hexagonal de doble torsión tipo 10x12  $\phi$  2,7 mm Galfan®



## 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión caja y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A856M-98, clase 80, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galfan® en la superficie de los alambres es de 244 g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

## 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17 055 00.

Las dimensiones de la red serán del tipo 10x12.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la red debe ser de 2,7mm y de 3,4 mm para los bordes.

### BORDES ENROLLADOS MECÁNICAMENTE

Todos los bordes libres del gavión caja, incluso el lado superior de las laterales y de los diafragmas, deben ser enrollados mecánicamente en vuelta de un alambre de diámetro mayor, en este caso de 3,4 mm, para que la red no se desarme y adquiera mayor resistencia.

La conexión entre el alambre del borde enrollado mecánicamente y la red debe tener una resistencia mínima de 14,8 kN/m.

## 3) CARACTERÍSTICAS DEL GAVIÓN CAJA

Cada gavión caja con largo mayor que 1,50 m debe ser dividido en celdas por diafragmas colocados a cada metro.

El lado inferior de las laterales debe ser fijado al paño de base, durante la fabricación, a través del entrelazamiento de sus puntas libres alrededor del alambre de borde.

El lado inferior de los diafragmas debe ser cosido al paño de base, durante la fabricación, con una espiral de alambre de diámetro de 2,2 mm.

### Dimensiones estándar:

Largo	1,50 m	2,00 m	3,00 m	4,00 m
Ancho	1,00 m			
Altura	0,50 m	1,00 m		

## 4) AMARRE Y ATIRANTAMIENTO

Con los gaviones caja debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atirantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los gaviones caja provistos, es de 8% para los de 1,00 m de altura y de 6% para los de 0,50 m.

## 5) TOLERANCIAS

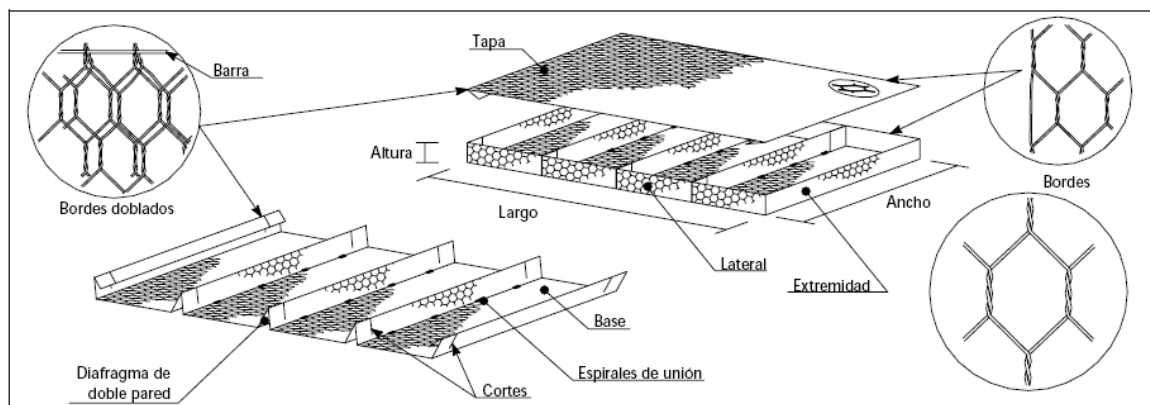
Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm$  2,5%.

Se admite una tolerancia en el largo del gavión caja de  $\pm$  3% y, en la altura y ancho, de  $\pm$  5%.

# Colchón Reno

## Especificaciones Técnicas

en malla hexagonal de doble torsión tipo 6x8  $\phi$  2,2 mm



### 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del colchón Reno y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y NB 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del colchón Reno y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM 856-98, clase 80, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galvan® en la superficie de los alambres es de 244g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

### 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17055 00.

Las dimensiones de la malla serán del tipo 6x8.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la malla debe ser de 2,0 mm y de 2,4 mm para los bordes.

### 3) CARACTERÍSTICAS DEL COLCHÓN RENO

Base, paredes laterales, diafragmas y paredes de las extremidades del colchón Reno son formadas a partir de un único paño de red.

Cada diafragma de pared doble, formado a partir de dobladuras en el paño de base, debe presentar, en su parte inferior, cuatro espirales de unión en alambre de diámetro 2,0 mm.

Los diafragmas de pared doble deben estar colocados a cada metro del largo del colchón Reno.

Para facilitar el montaje del colchón Reno, la base debe ser cortada, durante el proceso de fabricación, en los diafragmas y en sus laterales.

La tapa también es fabricada en un único paño de red.

Para que las mallas libres de las extremidades de la base y de la tapa del colchón Reno adquieran mayor resistencia, deberá ser insertado un alambre de diámetro 3,0 mm entre todas las torsiones de las terceras mallas a partir de los bordes libres. Las mallas de las extremidades que sobren deben ser dobladas, durante la fabricación, en vuelta de este alambre.

### Dimensiones estándar:

Largo 3,00 m 4,00 m 5,00 m 6,00 m  
Ancho 2,00 m  
Altura 0,17 m 0,23 m 0,30 m

### 4) AMARRE Y ATIRANTAMIENTO

Con los colchones Reno debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atirantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los colchones Reno provistos, es de 5%.

### 5) TOLERANCIAS

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm$  2,5%.

Se admite una tolerancia en el largo y en el ancho del colchón Reno de  $\pm$  3% y, en la altura, de  $\pm$  2,5 cm.

### GAVIONES CENTRO

Distribuidor aut. de Maccaferri de Argentina SA  
Depósito: Río Paraná 1354 Tel: 0351-4553781  
e-mail: gavionescentro@tutopia.com  
www.gaviones-centro.netfirms.com

**MACCAFERRI**  
AMÉRICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

Garantía del Sistema de Calidad  
Certificación interna de producción, administración y asistencia técnica de acuerdo a Norma ISO 9002

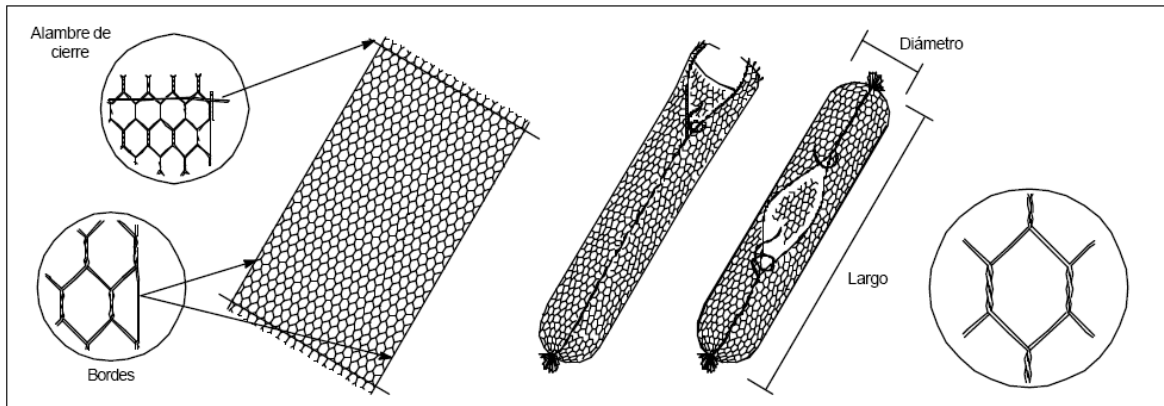


Oct. 2001

# Gavión Saco

## Especificaciones Técnicas

en malla hexagonal de doble torsión tipo 8x10 Ø 2,4 mm plastificado



### 1) ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión saco y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones NBR 8964, ASTM A641M-98 y 709-00, esto es, el alambre deberá tener una tensión de ruptura media de 38 a 48 kg/mm<sup>2</sup>.

### REVESTIMIENTO DEL ALAMBRE

Todo el alambre utilizado en la fabricación del gavión saco y en las operaciones de amarre y atirantamiento durante su construcción, debe ser revestido con aleación zinc-5% aluminio (Zn 5 Al MM) de acuerdo con las especificaciones de la ASTM A856-98, clase 80, esto es: la cantidad mínima de revestimiento Galvan en la superficie de los alambres es de 244 g/m<sup>2</sup>.

El revestimiento de zinc debe adherir al alambre de tal forma que, después del alambre haber sido enrollado 15 veces por minuto alrededor de un mandril, cuyo diámetro sea igual a 3 veces el del alambre, no pueda ser escamado o quebrado o removido con el pasar del dedo, de acuerdo con la especificación de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red.

### ELONGACIÓN DEL ALAMBRE

La elongación no deberá ser menor que 12%, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 8964 y de la ASTM A641M-98.

Los ensayos deben ser hechos antes de la fabricación de la red, sobre una muestra de alambre de 30 cm de largo.

### 2) RED

La red debe ser en malla hexagonal de doble torsión, obtenida entrelazando los alambres por tres veces media vuelta, de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514, NB 710-00 y NP 17 055 00.

Las dimensiones de la malla serán del tipo 8x10.

El diámetro del alambre utilizado en la fabricación de la malla debe ser de 2,4 mm y de 3,0 mm para los bordes.

### 3) CARACTERÍSTICAS DEL GAVIÓN SACO

Los gaviones saco son constituidos de un único paño de red.

Para cerrar las extremidades del gavión saco deberá ser insertado, durante la fabricación, un alambre de 3,4 mm de diámetro a ser colocado alternadamente entre las penúltimas mallas de los bordes libres.

Dimensiones estándar:  
Largo 2,00 m 3,00 m  
Diám. 0,65 m

### 4) AMARRE Y ATIRANTAMIENTO

Con los gaviones saco debe ser provista una cantidad suficiente de alambre para amarre y atirantamiento.

Este alambre debe tener diámetro 2,2 mm y su cantidad, en relación al peso de los gaviones saco provisto, es de 2%.

### 5) TOLERANCIAS

Se admite una tolerancia en el diámetro del alambre zincado de  $\pm 2,5\%$ .

Se admite una tolerancia en el largo del gavión saco de  $\pm 3\%$ .

### 6) RECUBRIMIENTO PLÁSTICO


El alambre zincado deberá ser recubierto con una camada de compuesto termoplástico a base de PVC, con características iniciales de acuerdo con las especificaciones de la NBR 10514 y de la ASTM 975, esto es:

Espesor mínimo: 0,40 mm;  
Masa específica: 1,30 a 1,35 kg/dm<sup>3</sup>;  
Dureza: 50 a 60 Shore D;  
Resistencia a tracción: mayor que 210 kg/cm<sup>2</sup>;  
Elongación de ruptura: mayor que 250%;  
Temp. de fragilidad: menor que -9°C.




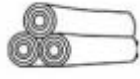
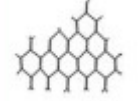

## GEOSINTETICOS

GEOSINTETICOS: Se designa genéricamente a toda aquella gama de productos manufacturados destinados a realzar las propiedades requeridas del suelo de construcción, o bien a reemplazarlo.

Principales familias.

		Gavión    Geotextil Geocelda    Hidrosiembra Geodrén    Malla de triple torsión Geomalla    Tubería de polietileno Geomembrana lisa y corrugada.
GGR	GEOMALLA	UNIAXIAL (UNIDIRECCIONAL)
		BIAXIAL (BIDIRECCIONAL)
GMB	GEOMEMBRANA	HDPE (POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD)
		LDPE (POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD)
		PP (POLIPROPILENO)
		PVC (POLICLORURO DE VINILO)
GTX	GEOTEXTIL	TEJIDO DE POLIESTER
		TEJIDO DE POLIPROPILENO
		TEJIDO POLIESTER POLIPROPILENO
GVN	GAVION	MALLA DE ACERO
		MALLA DE ACERO CUBIERTO CON PVC
		MALLA DE POLIPROPILENO
GMT	GEOMANTA	FIBRAS DE PAJA
		FIBRA DE COCO
		FIBRAS SINTETICAS
		FIBRAS NATURALES SINTETICAS
GCD	GEODREN	CON UNA CARA DE GEOTEXTIL
		CON DOS CARAS DE GEOTEXTIL
		CON UNA CARA DE GEOTEXTIL Y OTRA DE GEOMEMBRANA.
		EN FORMA DE TUBO
TUB	TUBERIA	CORRUGADA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.
		LISA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.



			<p>Gavión Geotextil  Geocelda Hidrosiembra  Geodrén Malla de triple torsión  Geomalla Tubería de polietileno  Geomembrana lisa y corrugada.</p>
	GGR	GEOMALLA BIAXIAL	Estabilización de suelos blandos, incremento en capacidad de carga en suelos, refuerzo de base y sub-base y refuerzo de cimentaciones.
	GGR	GEOMALLA UNIAXIAL	Refuerzo de muros y taludes estabilizados mecánicamente, refuerzo de terraplenes y rampas de acceso e incremento de altura para bordos y canales.
	GMB	GEOMEMBRANA HDPE, VLDPE,LLDPE	Cubierta de celdas de confinamiento (rellenos sanitarios), recubrimiento de canales, tanques y depósitos, protección secundaria en tanques de almacenamiento y abatimiento de aguas freáticas (túneles y cementaciones).
	GMB	GEOMEMBRANA DE PVC	Cubierta de lagos artificiales, almacenamiento de agua (reservorios, olas, cisternas), tanques de acuicultura e impermeabilización de azotea.
	GTX	GEOTEXTIL NO TEJIDO	Puertos, aeropuertos, autopista, obras pluviales y fluviales, protección de membrana, drenaje y filtración.
	GTX	GEOTEXTIL TEJIDO	Refuerzo de terraplenes, refuerzo de muros y taludes, refuerzo de suelos con baja capacidad de carga y refuerzo de cementaciones.
	GVN	GAVION	Muros y taludes, control de erosión pluvial y fluvial, sobre elevación de bordes, obras portuarias.
	GGG	MALLA EXAGONAL	Reencarpetamiento, control de caídas en autopista, control de erosión, refuerzo de pavimentos flexibles.
	GMT	GEOMANTA	Revestimiento vegetal en taludes, protección permanente contra la erosión, revestimiento de canales y reservorios y control de erosión en taludes.
	GCD	GEODREN	Muros de contención, losa de cimentación, estacionamientos subterráneos, campos deportivos (root garden).
	GCE	GEOCELDA	Control de erosión y vegetación en cortes y talud, paisajismo, jardinería.
	TUB	TUBERIAS DE POLIETILENO	Tubería corrugada pluvial, corrugada sanitaria, corrugada eléctrica, lisa de conducción de agua, lisa para conducción de gas.



