

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS
DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS,
MECÁNICAS Y QUÍMICAS DE IGNIMBRITAS Y SU
ESTUDIO COMPARATIVO DEL DETERIORO UTILIZANDO
MICRORECUBRIMIENTOS INORGÁNICOS.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

JOSE FILEMON GOMEZ LARA.

ASESOR DR. JOSE CARLOS RUBIO AVALOS.

MORELIA, MICHOACAN, MEXICO, OCTUBRE DEL 2006.



U.M.S.N.H.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
www.umich.mx

Desarrollado en el
Centro de Cómputo Universitario
Diseño y Fotografía
C. G. Nepita Villalaz



DEDICATORIA

Primeramente a **DIOS** que me permitió terminar mi carrera y por darme tantas bendiciones.

A MIS PADRES:

Flemón Gómez Huerta y Maria Lara Maya por su apoyo incondicional que me brindaron para que realizara mis estudios y sobre todo por darme la vida.

A MIS HERMANOS:

Alejandro, Juvenal, Eliseo, Nancy y Ernesto

A MIS ABUELOS:

Maternos: José Lara (†) y Sara Maya (†)

Paternos: Marcos Gómez (†) y Elodia Huerta

A TODOS MIS TIOS Y PRIMOS:

En especial a mis tías Raquel Lara, Ma. Concepción Lara y Celia Gomez.

A MIS PADRINOS:

Rubén Martínez y Salvador Maya

A MIS AMIGOS:

De la Primaria, Secundaria, Preparatorio, Los de la Licenciatura y a todos los que e conocido en la sociedad.

En especial a el Sr. José Granados y su familia



AGRADECIMIENTOS.

A LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO Y A LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, a través de su departamento de Materiales, por la infraestructura y apoyo en recursos humanos facilitados para la realización de este trabajo de investigación.

Al Proyecto de investigación **PROMEP de la Subsecretaría de Educación Superior “Síntesis y caracterización de concretos reforzados con fibras y polímeros”** 2005 – 2007. Otorgado al PTC 128.

Al Proyecto de investigación **12.11 “Síntesis y caracterización Físico-química de cementos híbridos: Orgánico – Inorgánico e Inorgánico – Inorgánico”** aprobado por la **coordinación de la investigación científica de la UMSNH.**, 2005 – 2008.

Al **Centro de Ciencias de la Materia Condensada de la Universidad Nacional Autónoma de México**, por su colaboración en la caracterización microestructural.

Al **Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del I. P. N. unidad Querétaro**, por su colaboración en la caracterización microestructural.

A la **Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán**, Jefe del departamento de Materiales por el apoyo brindado para la realización de este trabajo de investigación y por su colaboración en el mismo.

Al **M. A. Wilfrido Martínez Molina**, por su colaboración en los presentes proyectos de investigación.

Al **Dr. José Carlos Rubio Avalos**, por el apoyo su gran colaboración como investigador y parte medular de esta tesis, así como el apoyo como persona al saber orientar mi inquietud para la investigación en nuevos materiales para la construcción.



Al **Dr. Alejandro Manzano Ramírez**, por su colaboración en los proyecto de investigación 12.11 “SINTESIS Y CARACTERIZACION FISCOQUIMICA DE CEMENTOS HIBRIDOS ORGANICO – INORGANICO E INORGANICO – INORGANICO” Y DEL PROYECTO “CONCRETOS REFORZADOS CON FIBRAS Y POLIMEROS”.

Al **Dr. Miguel Avalos Borja**, por su colaboración en los proyectos de investigación 12.11 “SINTESIS Y CARACTERIZACION FISCOQUIMICA DE CEMENTOS HIBRIDOS ORGANICO – INORGANICO E INORGANICO – INORGANICO” Y DEL PROYECTO “CONCRETOS REFORZADOS CON FIBRAS Y POLIMEROS”.

Al **Técnico Académico Jesús Zauno Zamudio**, por su asesoramiento técnico en las pruebas realizadas.

Al **Pasante de Ing. Manuel Quintero Márquez**, por su ayuda durante toda la Realización de Tesis.

A los auxiliares de investigación del **CINVESTAV unidad Querétaro**, **J.E. Urbina-Álvarez** y **M.A. Hernández-Landaverde**, por su apoyo y asistencia en la caracterización microestructural de este trabajo de investigación.

Al auxiliar de investigación **I. Gradilla del CCMC-UNAM**, Por su apoyo y asistencia en la caracterización microestructural de este trabajo de investigación.



INDICE.

RESUMEN.....	5
OBJETIVO.....	7
1.- INTRODUCCIÓN.....	8
2.- ESTADO DEL ARTE.....	11
2.1.- Petrografía.....	11
2.2.- Algunos minerales típicos de las rocas.....	11
2.3.- Clasificación de las rocas.....	16
2.4.- Ignimbritas.....	21
2.5.- El deterioro y la conservación de materiales porosos de construcción en monumentos.....	28
3.- LOCALIZACIÓN DEL BANCO.....	41
3.1. Bancos de las diferentes ignimbritas.....	41
4.- CUBICACIÓN POR TONOS DE CANTERA (ESTRATIGRAFÍA).....	46
4.1.- cubicación por tonos de ignimbrita.....	46
5.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS IGNIMBRITAS POR TONOS (30 ESPECIMENES POR TONO).....	47
5.1.- Humedad actual.....	47
5.2.- Humedad de absorción.....	48
5.3.- Gravedad específica.....	50
5.4.- Densidad en picnómetro.....	52
5.5.- Densidad con medidas de vernier.....	53



6.-PROPIEDADES MECÁNICAS DE IGNIMBRITA POR TONOS (30 ESPECIMENES POR TONO).....	55
6.1.- Compresión simple paralela al plano de falla (kg./cm ²).....	55
6.2.- Compresión simple perpendicular al plano de falla (kg. / cm ²).....	57
6.3.- Prueba de flexión paralela en seco A.S.T.M. C 880.....	59
6.4.- Prueba de flexión perpendicular seco A.S.T.M. C 880.....	59
6.5.- Prueba de flexión paralela en saturado A.S.T.M. C 880.....	60
6.6.- Prueba de flexión perpendicular saturado A.S.T.M. C 880.....	61
6.7.- Prueba de modulo de ruptura paralela en seco A.S.T.M. C 99.....	62
6.8.- Prueba de modulo de ruptura perpendicular en seco A.S.T.M. C 99.....	64
6.9.- Prueba de modulo de ruptura paralela saturado A.S.T.M. C 99.....	65
6.10.- Prueba de modulo de ruptura perpendicular en saturado A.S.T.M. C 99.....	66
7.- MICRO RECUBRIMIENTOS INORGÁNICOS.....	67
7.1.- Diseño de la solución del recubrimiento.....	67
7.2.- Baja viscosidad.....	67
8.-CARACTERIZACION MICROESTRUCTURAL POR MEDIO DE MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.....	71
8.1.-Definiciones generales.....	71
8.2.-Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).....	72



9.- ANALISIS DE LA DURABILIDAD DE LAS IGNIMBRITAS.....	73
9.1.- Método de prueba estándar para la evaluación de la durabilidad de la roca por medio del control de la erosión de las condiciones de mojado secado. A.S.T.M. D 5313.....	73
9.2.- Método de prueba estándar para la evaluación de la durabilidad de la roca por medio de erosión controlada bajo condiciones de congelación y deshielo. A.S.T.M. D 5312.....	79
9.3.- Método de prueba estándar para evaluar la durabilidad de una losa de roca por medio de ciclos de ataque utilizando sulfato de sodio o sulfato de magnesio A.S.T.M. D 5240.....	84
9.4.- Prueba de intemperismo natural.....	89
10.- RESULTADOS Y DISCUSION DE LAS PROPIEDADES FISICAS.....	93
10.1.- Humedad actual.....	93
10.1.- Humedad de absorción.....	101
10.2.- Gravedad específica.....	109
10.3.- densidad en picnómetro.....	116
10.4.- densidad con medidas de vernier.....	125
11.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LAS PROPIEDADES MECANICAS.....	133
11.1.- Compresión simple paralela al plano de falla(kg./cm ²).....	133
11.2.- Compresión simple perpendicular al plano de falla (kg. / cm ²).....	138
11.3.- Prueba de flexión paralela en seco.....	143
11.4.- Prueba de flexión perpendicular seco.....	148
11.5.- Prueba de flexión paralela en saturado.....	152
11.6.- prueba de flexión perpendicular saturado.....	156



11.7.- Prueba de modulo de ruptura paralela en seco.....	160
11.8.- Prueba de modulo de ruptura perpendicular en seco.....	165
11.9.- Prueba de modulo de ruptura paralela saturado.....	169
11.10.-Prueba de modulo de ruptura perpendicular saturado en (kg./cm²).....	173
12.- RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS ESTUDIOS DE DURABILIDAD....	176
12.1.-Prueba de mojado y secado.....	176
12.2.-prueba de congelación.....	181
12.3.-prueba de sulfato.....	185
12.4.-prueba de intemperismo.....	186
13.-RESULTADOS Y DISCUSION DE LAS PROPIEDADES MICROESTRUCTURALES POR MEDIO DE MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.....	190
13.1.- Microscopia de una ignimbrita natural.....	190
13.2.- Microscopia de una ignimbrita natural recubierta a una capa.....	193
13.3.- Microscopia de una ignimbrita natural recubierta a dos capas.....	196
14.- CONCLUSIONES Y TENDENCIAS FUTURAS Y APLICACIONES.....	199
15.- REFERENCIAS.....	201
16.- ANEXOS.....	203



RESUMEN

Las ignimbritas son rocas provenientes de flujos piroclásticos ampliamente utilizadas en la industria de la construcción y en la reparación de monumentos históricos. Por sus características de color, veteado, resistencia mecánica, durabilidad, facilidad de moldeo y laminado así como por su belleza es ampliamente utilizada en detalles arquitectónicos.

Las ignimbritas comúnmente llamadas “canteras” han sido un material selecto de construcción desde tiempos antiguos y continúa siendo un material predilecto por las propiedades físicas, mecánicas y químicas que tiene. Sin embargo, en México a nivel industrial, se carece de una identificación de sus propiedades físicas, mecánicas y químicas, más aún de la forma de conservarla o incrementar sus propiedades y su durabilidad. Las pequeñas empresas de explotación de ignimbritas distribuidas en la república mexicana carecen de infraestructura tecnológica y científica, recursos humanos capacitados, maquinaria adecuada por lo que se tiene una baja o nula competitividad en el mercado internacional. Los países desarrollados como: Italia, Portugal, Egipto al contar con una calidad elevada de infraestructura tecnológica y científica así como de recursos humanos altamente calificados son altamente competitivos en la calidad y en la productividad por lo cual reducen sus costos de operación teniendo por consecuencia más utilidades en menos tiempo.

En México a la presente fecha se continúa trabajando con conocimientos empíricos y con equipo rústico y escaso, afectando incluso la salud de los trabajadores de las canteras, enfermedades como silicosis, asma, etc. También de una manera menos frecuente por la escasez de equipos y por falta de conocimientos de seguridad industrial se presentan accidentes laborales causando lesiones menores y algunas pérdidas de vidas humanas.

Por lo que la Secretaría de Economía ha estado promoviendo apoyos técnicos y financiamientos al micro empresarios de éste giro para realizar modernización de sus equipos y de su industria e incrementar el nivel de conocimientos que actualmente se tienen dentro del rubro. Todo lo anterior con la finalidad de aumentar la calidad y la productividad de las empresas y por lo tanto aumentar su competitividad a nivel nacional e internacional. Buscando generar de esta manera, un incremento y una generación de más y nuevos empleos y mejorar el nivel económico y social del país.

Por lo tanto, conociendo las carencias anteriormente mencionadas, el presente trabajo de investigación pretende contribuir a un conocimiento más profundo de las características de las ignimbritas, específicamente de algunos bancos regionales, localizados en el estado de Querétaro y del estado de México. Se determinaron sus propiedades físicas, mecánicas de los diferentes bancos y se realizaron estudios de



durabilidad de algunos bancos. Se desarrolló y se implementó un recubrimiento inorgánico de bajo costo para su protección de la roca contra diversos agentes químicos (sulfatos y sales diversas) y organismos biológicos (hongos, fungi, etc.).

El recubrimiento inorgánico desarrollado además de ser evaluado por medios químicos, naturales y biológicos, se le realizó su caracterización micro estructural por medio de técnicas avanzadas y especializadas de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB), Espectroscopia de Dispersión de Energía (EDS) y estudios preliminares de difracción de rayos “x” (DRX).

Por medio de estas técnicas analíticas se determinó la morfología de las muestras analizadas, se realizó un acercamiento micro estructural para determinar las causas de las fallas en las rocas porosas de construcción y la forma de incrementar su durabilidad. También se pudo observar la cantidad de penetración en los poros de la roca y determinar el número de recubrimientos óptimos para proteger a la roca de los ataques e incrementar su durabilidad y prevenir su envejecimiento natural.

El trabajo fue realizado siguiendo estándares de evaluación internacionales (American Society for Testing Materials, A.S.T.M.) y los resultados aquí obtenidos aplican solo y exclusivamente para los bancos estudiados. Los resultados obtenidos fueron presentados en el Symposium 13, Novel Building Materials and Technologies del XV International Materials Research Congreso 2006, J.F. Gómez-Lara et al. 2006, celebrado del 20 al 24 de Agosto del 2006 en Cancún, Quintana Roo, México.



OBJETIVO

El objetivo de la presente tesis fue evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de algunos bancos de ignimbritas del estado de Querétaro y del estado de México y realizar un estudio comparativo del deterioro utilizando micro recubrimientos inorgánicos.

Este estudio fue realizado siguiendo los estándares internacionales del American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.).

El análisis del recubrimiento inorgánico fue realizado por medio de Microscopia Electrónica de Barrido con la finalidad de realizar el estudio a nivel micro estructural y poder comprender con más claridad los fenómenos de deterioro o durabilidad así como sus propiedades de las ignimbritas (canteras).



1.-INTRODUCCION.

Piedra Cantera es una roca de tipo volcánico. No obstante, nunca nos hemos detenido verdaderamente a observar de que está hecha esta roca. ¿Qué es lo que le da ese diferente tono? ¿Cuál es su origen? y ¿Porqué tantas variaciones de sus propiedades físicas como la dureza, su color natural o su cohesión en cada localidad tradicionalmente conocida? La respuesta no es solo una, ni es sencilla, pero tampoco imposible de conocer. Todas sus variaciones se deben precisamente al tipo de volcanismo explosivo y a sus constituyentes en el momento de su formación. En realidad la actividad volcánica es un importante proceso de construcción en la superficie terráquea; puede originarse nuevas montañas en forma de conos volcánicos, así como nuevas capas rocosas al difundirse la lava y las cenizas. Un volcán es, básicamente, una chimenea o fisura en la corteza terráquea a través de la cual es expulsado el magma, consistente en roca fundida, partículas sólidas y gases. Los volcanes son la prueba más evidente de que el interior de la Tierra tiene una temperatura extremadamente alta. El nombre general aplicado a la roca que se origina como material fundido a gran profundidad bajo la superficie, es el de roca ígnea. Cuando las rocas ígneas son expulsadas y se enfrían en la superficie, como ocurre por ejemplo con las lavas basálticas, reciben el nombre de extrusivas. Aquellas que, como el granito, se solidifican bajo el suelo, se denominan intrusivas. Las rocas son agregados de diversos minerales, aunque, en ocasiones, pueden estar formadas por un único mineral. Las rocas se pueden formar de muy diversas maneras y a distintas profundidades. Una vez formadas, afloran. Se les encuentra por toda la superficie terrestre.

La Piedra de Cantera puede ser comúnmente denominada como piedra pómez, toba riolítica o como riolita, sin embargo, de acuerdo a sus características petrográficas, el término más preciso corresponde al de una ignimbrita y mejor aún al de una ignimbrita riolítica.

Una ignimbrita es un cuerpo rocoso constituido principalmente por material piroclástico -fragmentos incandescentes- generados por un tipo de erupción volcánica muy energética y violenta que expulsa el material hasta lugares muy lejanos a través del aire y que sucesivamente se depositan en tierra firme consolidándose con formas y estructuras muy heterogéneas¹.

Algunos autores definen a la ignimbrita de la siguiente manera:

“Roca volcánica silícea formada por partículas volcánicas de tamaño fino y abundancia de vidrio, que son expulsadas en fumarolas del interior de la Tierra, y depositadas en la superficie en estratos gruesos y masivos, cubriendo grandes extensiones de terreno.”



Las canteras han sido y son ampliamente utilizadas por su estética para fines arquitectónicos y algunos ejemplos se muestran en las siguientes imágenes:



Fig. 1 Fuente de ignimbrita (Cantera) utilizando el recubrimiento inorgánico, J.F. Gómez-Lara et. al 2006.



Fig. 2 Fuentes de ignimbrita (Cantera) J.F. Gómez-Lara et. al 2006.



Fig. 3 columnas de ignimbrita (Cantera) J.F. Gómez-Lara et. al 2006



Fig. 4 Piso Marterinado de ignimbrita (Cantera) J.F. Gómez-Lara et. al 2006

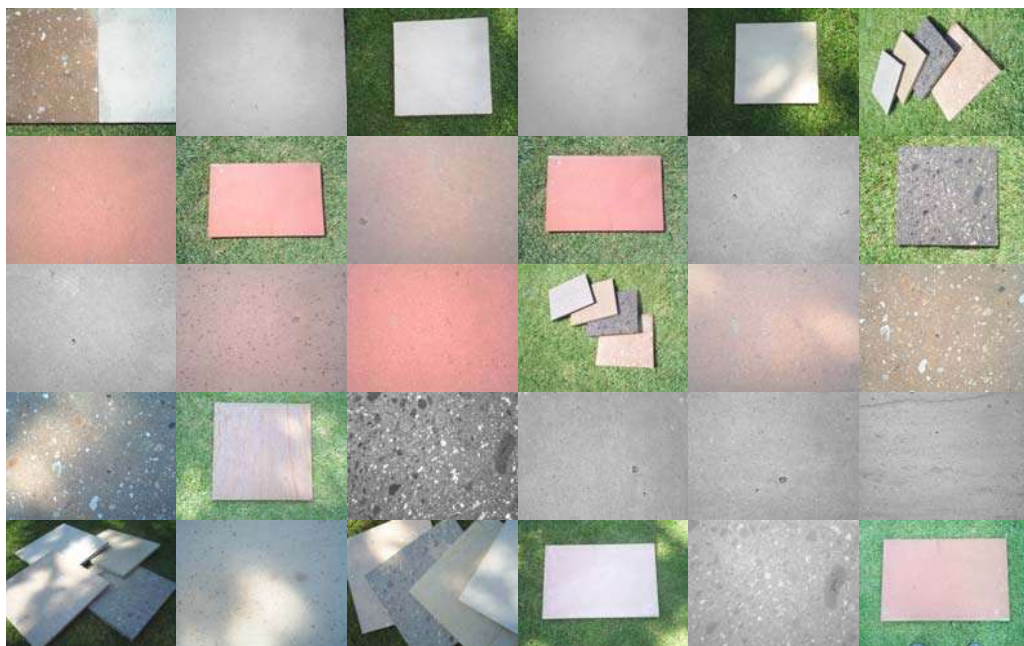


Fig. 5 Piso Laminado de ignimbrita (Cantera) J.F. Gómez-Lara et. al 2006

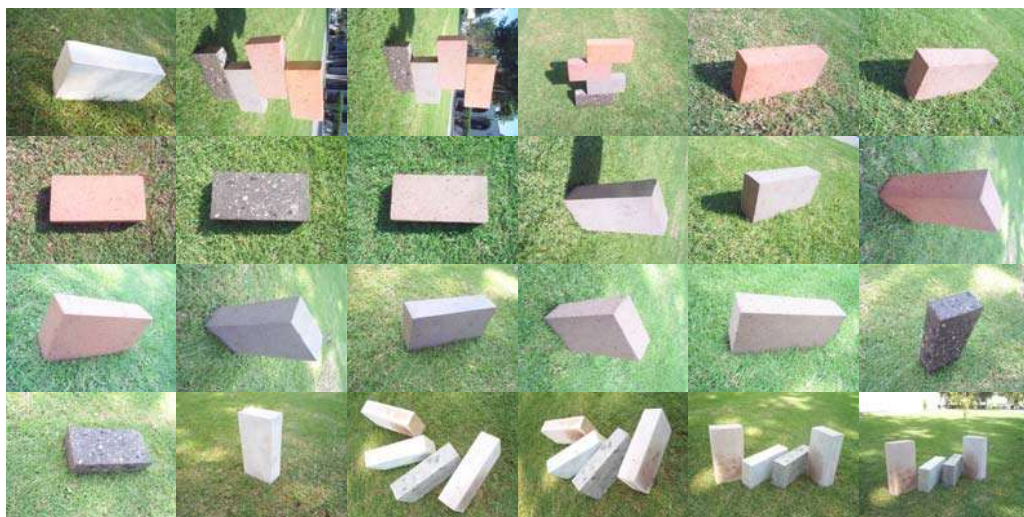


Fig. 6 Tabiques de ignimbrita (Cantera) J.F. Gómez-Lara et. al 2006



2.-ESTADO DEL ARTE.

2.1. PETROGRAFÍA.

Es un término más amplio que connota el lado filosófico del estudio de la roca e incluye tanto a la petrografía como a la petrogénesis. A la petrología atañe también la aplicación de los principios de la físico-química a los materiales térreos de ocurrencia natural.

Es la disciplina geológica que estudia la roca, material natural y sólido constituido por minerales.

La petrografía es una ciencia interpretativa en gran parte teórica, y en realidad es un extenso campo de la geología. Su objeto final debería ser una contribución al conocimiento de los detalles del desarrollo, la evolución y la historia de la tierra.

La litología, o estudio de las piedras, emplea el conocimiento obtenido de las exposiciones en el campo o de las muestras de mano, y sus denominaciones es casi un sinónimo de la petrología.

Se sabe que la roca está formada por conjuntos minerales definidos que constituyen la corteza de la tierra. En la mente popular una roca es un objeto sólido, duro; en la petrografía, sin embargo, la palabra “roca” se utiliza frecuentemente sin hacer referencia a la dureza ni a la cohesión del material. Los mantos de arena suelta y de cenizas volcánicas deben ser incluidos como unidades de la corteza terrestre precisamente al igual que las rocas en el sentido científico de la palabra como la arenisca, la toba (ceniza volcánica lapidificada) y el granito.

2.2. ALGUNOS MINERALES TÍPICOS DE LAS ROCAS.

2.2.1. Estructura de los silicatos.

Más del 90 % de la corteza terrestre está formado por silicatos estos comprenden especies también conocidas como el cuarzo, los feldespatos, los piroxenos, los anfíboles y micas. El tetraedro es una unidad fundamental de todas las estructuras de los silicatos y está constituida por un ión silicio situado en el centro y iones de oxígeno en las cuatro esquinas.



Se encuentran 6 grupos principales de silicatos en orden de condensación o polimerización creciente que son:

1. Nesosilicatos (gr. Nesos, isla) grupo separado de SiO_4 en los cuales los tetraedros no están encadenados directamente entre si sino que están unidos por intermedio de cationes.
2. Sorosilicatos (gr. Sopor, hermana), Si_2O_7 pueden considerarse como una condensación de dos tetraedros de sílice. Que están unidos por un oxígeno común que sirve como ion puente.
3. Ciclosilicatos (gr. kyrlos, anillo), estructuras de anillos, Si_6O_{18} , en los cuales los grupos SiO_4 , no son independientes, sino que están unidos por iones de oxígeno comunes dispuestos en la forma de un anillo.
4. Inosilicatos (gr. is, inos, músculo; pl, tejido fibroso). A) Estructuras de cadena sencilla, Si_2O_6 , esta formado por el enlace de tetraedros, esquina con esquina, en una cadena sin fin, compartiendo cada tetraedro un oxígeno con su vecino. Las cadenas fuertes están dispuestas paralelas al eje vertical de los minerales y unidas por los lados por cationes metálicos; B) Estructuras de cadena doble, Si_4O_{11} están formadas por dos cadenas sencillas, unidas lado a lado una reacción Si:O de 4:11 las cadenas están dispuestas al eje vertical de los minerales y unidas lateral mente por cationes.
5. Filosilicatos (gr. phyllon, lámina u hoja), estructuras de hoja o de lámina, Si_4O_{10} , se origina cuando los tetraedros están unidos a sus vecinos por tres esquinas y se extienden indefinidamente sobre un plano como una red hexagonal. Estas estructuras es típica de las micas, las cloritas y otros minerales laminados, como el talco y los minerales arcillosos, y es directamente responsable de su simetría pseudo hexagonal y del crucero basal perfecto, el cual corre paralelo a las hojas.
6. Tectosilicatos (gr tekton, esqueleto o armazón), de esqueleto tridimensional, SiO_2 , en los cuales cada tetraedro está unido a su vecino por las cuatro esquinas, de modo que cada oxígeno es común a dos tetraedros. El cuarzo, SiO_2 es de este tipo, consistiendo el tetraedro únicamente en iones de silicio y oxígeno. Los tectosilicatos forman la mas grande y, probablemente, la mas importante de las 6 divisiones estructurales entre los silicatos, incluyendo los feldespatos, los feldespatoides, las escapolitas, las zeolitas, etc².



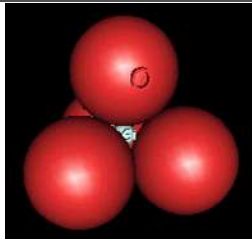
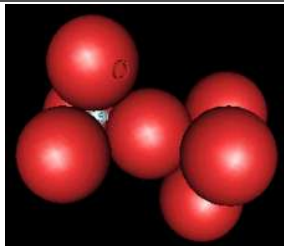
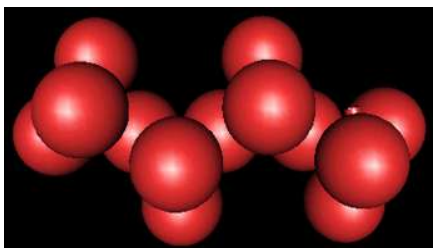
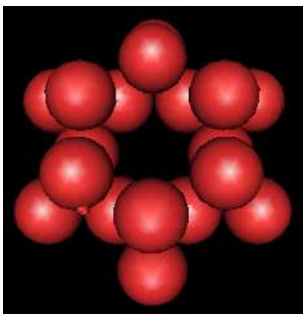
2.2.2.-Silicatos.

Los silicatos son un grupo de compuestos cerámicos muy importantes, por su gran aplicación industrial, bajo coste, diversidad y por su abundancia en la naturaleza (aproximadamente el 75% de la corteza terrestre está constituida por ellos). Muchos de los materiales más importantes en ingeniería están basados en la sílice, comenzando por materiales de construcción como el cemento Portland, ladrillos, tejas, vidrios y esmaltes vítreos. Los refractarios, que son materiales resistentes a altas temperaturas e imprescindibles, por tanto, en muchos equipos y procesos industriales como el de la obtención del acero, también están formados a partir de silicatos. Todo esto sin olvidar su amplia presencia como aisladores eléctricos, fibras de vidrio para refuerzo, cerámicas tradicionales y elementos de aparatos químicos.

El ión SiO_4^{4-} (ver modelo tridimensional adjunto) es la unidad básica estructural de los silicatos. En esta, y según la ecuación de Pauling, el enlace Si-O es, aproximadamente, mitad iónico y mitad covalente. Además, la relación de radios $r_{\text{Si}^{4+}}/r_{\text{O}^{2-}}$ es 0.29, lo que supone coordinación tetraédrica. Los iones oxígenos ocupan los vértices de un tetraedro, situándose el catión Si^{4+} en el centro del mismo. La alta carga relativa del ión Si^{4+} comparada con su pequeño tamaño hace que se creen grandes fuerzas en el interior del tetraedro, y que las unidades SiO_4^{4-} se unan generalmente vértice con vértice y no arista con arista.(7)

Los tetraedros SiO_4^{4-} pueden unirse unos a otros de manera que compartan uno o varios de los iones oxígenos, formando entonces diferentes tipos de silicatos, que se suelen clasificar en función del número de iones oxígeno compartidos (ver tabla adjunta). Las nuevas unidades estructurales formadas se van a unir unas con otras, no directamente, sino a través de cationes como el Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} o $\text{Al}_2(\text{OH})_4^{2+}$ formando enlaces de tipo iónico. Esto hace que la proporción de enlace iónico que hay en el silicato sea mayor que la covalente, y por eso se han incluido en este grupo de materiales, con predominio, de "Enlace iónico"³.



	DENOMINACIÓN	RADICAL	GEOMETRÍA UNIDAD ESTRUCTURAL
0	ISLA	SiO_4^{4-}	
1	DOBLE ISLA	$\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$	
2	CADENA SIMPLE	SiO_3^{2-}	
	ANILLO		



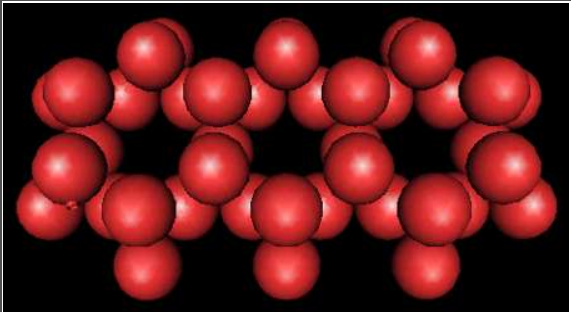
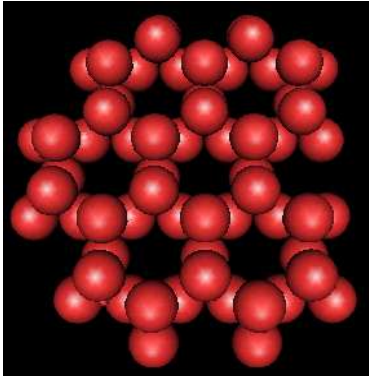
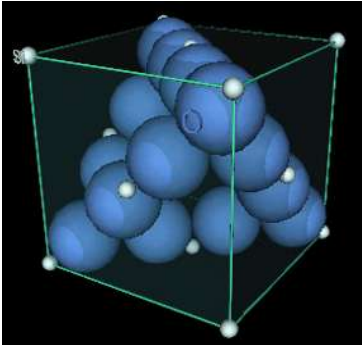
$2\frac{1}{2}$	CADENA DOBLE	$\text{Si}_4\text{O}_{11}^{6-}$	
3	LAMINAR Ó PLANAR	$\text{Si}_2\text{O}_5^{2-}$	
4	EN RED	SiO_2	

Fig. 7 Modelos atómicos de los diferentes tetraedros de silicio.

2.2.3. Grupo del olivino.

Es un complejo de sustitución cuya composición varía desde la forsterita, Mg_2SiO_4 hasta la fayalita, Fe_2SiO_4 y cristaliza en el sistema ortorrómbico. Esta formado por tetraedros independientes de SiO_4 , y los iones de Mg y de Fe se encuentran entre grupos irregulares de seis oxígenos.

Los únicos minerales de olivino formadores de rocas comunes son los compuestos ricos en magnesio, aun que uno lleva cal, la monticelita, se encuentra en las rocas calcáreas metamorfozadas y ha sido registrada también en rocas ígneas máficas.



2.2.4. Grupo de los piroxenos.

Forman un grupo de minerales de silicato complejos íntimamente relacionados por sus estructuras cristalinas, sus propiedades físicas y su composición química. Estructuralmente constan de cadenas infinitas de tetraedros de SiO_4 enlazados lateralmente entre sí por iones metálicos, tales como Mg y Ca, los cuales están unidos al oxígeno pero no directamente al silicio.

2.2.5. Grupo de los anfíboles.

Los anfíboles pueden ser considerados en función de cinco series: la antofita, la cummingtonita-granerita, la tremolita-actinolita, el anfíbol aluminoso y el anfíbol sodico. Todas estas relacionadas por sus propiedades cristalográficas y físicas y por su composición química, y caen tanto en el sistema ortorrómbico como en el monoclinico. La estructura es típica de los tetraedros de SiO_4 en la cadena doble enlazados a un oxígeno.

2.2.6. Grupo de la sílice.

La sílice se presenta en la naturaleza como seis minerales distintos: el cuarzo, la calcedonia, el ópalo, la tridimita, la cristobalita y la lechatelierita (vidrio de sílice) de estos el cuarzo es muy común; la tridimita y la cristobalita se encuentran ampliamente distribuidas en las rocas volcánicas

2.2.7. Grupo de los feldespatos.

El nombre de los feldespatos significa cristal del campo es dado a tres moléculas minerales distintas, así como a sus disoluciones sólidas e intercrecimientos. Estos constituyen más del 50 % de toda la roca ígnea. Están íntimamente relacionados en su forma y en sus propiedades físicas. La fisico-química de los feldespatos, su interacción, sus relaciones con otros minerales y su modo de ocurrencia son de mayor importancia en el estudio de la petrología.

Los feldespatos de potasio difieren poco en apariencia de la plagioclasa, pero puede hacerse una distinción fácil por el método de Gabriel y Cox. Durante aproximadamente 5 minutos se expone la superficie de la roca a la acción de vapores de ácido fluorhídrico, y luego se sumerge en una solución fuerte de cobaltinitrito de sodio. Sobre el feldespato de potasio, se forma una película de color amarillo oro de cobaltinitrito de potasio, mientras que la plagioclasa no adopta ningún color. La determinación precisa de feldespatos debe de hacerse por pruebas ópticas, método de rayos x y análisis químico cuantitativo.

2.3. CLASIFICACION DE LAS ROCAS.

En nuestro alrededor encontramos rocas; estas rocas son agregados minerales. La petrografía consiste en algo más que los estudios fisico-químicos de los materiales



terrestres. Para la mayoría de los geólogos, el principal interés de la roca radica en el registro que revelan a cerca del ambiente geológico en el tiempo en el que se agregaron los minerales para formarlas. Los geólogos han clasificado a las rocas en tres que son: ígneas, Sedimentarias, y Metamórficas.

2.3.1. Las rocas sedimentarias (L. Sedimentum, asentamiento).

Se formaron por la acumulación de sedimentos que se consolidaron en rocas duras, firmes estratificadas. Los sedimentos pueden estar integrados por fragmentos de rocas de diferentes tamaños, minerales resistentes, resto de organismos y productos de acción química o de evaporación o mezclas de estos. La disgregación mecánica de la rocas ya formadas producen fragmentos de roca suelta y granos minerales; la descomposición química produce residuos y materiales en disolución. Los minerales sueltos y las partículas de roca son transportados por el agua, el viento y el hielo a las hondonadas o depresiones donde se depositan en un nuevo orden. La materia soluble es precipitada por la actividad de organismos. Algunas de las partículas sedimentarias han pasado por muchos periodos de cambios y sedimentación.

2.3.2. Las rocas metamórficas (gr. Meta + morphe, cambio de forma).

Abarcan aquellos conjuntos minerales que han sufrido ajustes estructurales y mineralógicos a ciertas condiciones físicas o químicas, o combinaciones de ellas impuestas por la profundidad. La presión, la energía térmica o el calor, y los fluidos químicamente activos pueden todo haber intervenido en el cambio de una roca originalmente ígnea o sedimentaria en roca metamórfica. Las rocas metamórficas deben haberse formado por la transformación de otras rocas debajo de la superficie de la tierra.

2.3.3 LAS ROCAS ÍGNEAS (L ignis, Fuego).

2.3.3.1. Rocas volcánicas y plutónicas.

Sentido del Los magmas son masas de material fundido de las cuales provienen las rocas ígneas. Son peculiaridades temporales dentro de la corteza de la tierra, evidente mente no hay una capa continua de magma fundido debajo de la corteza sólida, por que a gran profundidad, la temperatura de la roca, debido a la energía geotérmica interna de la tierra, es superior al punto de fusión. Otras opiniones para explicar la fusión como la energía de radiactividad geotérmica acumulada, o el calor generado por la deformación de la corteza.



El magma fundido, como cualquier otro material fundido y sujeto a presión, tiende a moverse hacia el área de presión mínima el movimiento es por ello dominante hacia arriba, el movimiento puede ser producido por el alivio de presión ocasionado por las fuerzas, por deformación de la corteza o del movimiento vertical de esta que tienda a expulsar el magma hacia fuera o bien el magma puede fundir la roca suprayacente y esta tome su camino hacia fuera, ayudado por la presión de gas existente en su seno. En su movimiento hacia arriba, el magma puede ser expulsado por erupción sobre la superficie a través de grietas o de aberturas volcánicas.

Dando origen a las rocas volcánicas. También deben existir magmas locales dentro de la corteza en las regiones de actividad volcánica y solidificada sin ser expulsados como corrientes de lava o formando volcanes, en contraste con los alrededores volcánicos o superficiales, los magmas pueden solidificarse a profundidad formando las rocas plutónicas, con sus características distintivas. El magma en su movimiento ascendente, puede despegar a manera de palanca, bloques de roca. La roca plutónica expuesta a la superficie de la tierra cristalizó a profundidades de 1 y 19 km.

2.3.3.2 Textura y estructuras de la roca ígnea.

Las texturas y las estructuras son enteramente tan importantes como los minerales por eso mismo se describen tres términos para explicar la textura y la estructura.

Grado de cristalización.

Una roca compuesta totalmente por cristales ha alcanzado el mas alto grado de cristalización, y se dice que es Holocristalina; cuando esta formada por vidrio en su totalidad, se le llama Holohialina, y cuando la roca se compone de una mezcla de cristales y vidrio se a usado el termino Mero cristalina. La textura Holocristalina es característica de las rocas plutónicas; la Mero cristalina es aquellas que se han solidificado en la superficie o cerca de ellas, las rocas holohialianas son las menos abundantes, pero ocurren con frecuencia como lavas como diques o como formaciones marginales de los cuerpos de roca. La rapidez de enfriamiento y la viscosidad del magma son los factores determinantes de los que depende el grado de cristalización o de cristalinidad.

Tamaño de grano

En las rocas ígneas el tamaño de los cristales varia desde dimensiones submicroscopicas hasta los cristales “gigantes”, que pueden medirse en metros, como los de cuarzo y feldespatos. Si los cristales son visibles a simple vista o con ayuda de una lente de nano se dice que la roca es Fané rica. Por otra parte, si los cristales individuales no pueden ser reconocidos por una lente se dice que es Afanítica. Las rocas afaníticas pueden ser macrocristalinas, meros cristalinos, criptocristalinos o vítreos. Las rocas fané ricas pueden distinguirse como de grano grueso cuando los cristales tienen un tamaño medio mayor de 5 mm de diámetro; como de diámetro medio cuando dicho tamaño es de 1 a 5



mm y el grano fino cuando es menor de 1mm. El tamaño de los cristales depende de la rapidez de enfriamiento y de la viscosidad del magma.

Forma de los cristales.

La forma de los elementos constitutivos de la roca se describe con referencia al desarrollo de las caras de los cristales, y en consecuencia a la forma del cristal. Si el cristal esta perfectamente terminado por las caras propias de su especie se dice que es euhedral. Si en cambio el cristal no posee sus caras propias, se utiliza el termino anhedral. Los cristales de olivino en basalto son comúnmente redondeados, mientras que los de cuarzo en lavas sílicas son en muchos casos no solo redondeadas sino que se encuentran engastados profundamente.

Características de las rocas volcánicas

Cuando el magma expulsado hasta la superficie de la tierra se enfría rápidamente, y su viscosidad tiene a aumentar en forma correspondiente debido a la perdida de agua y gas. Tales condiciones favorecen a la formación no solamente de vidrio sino de ciertos minerales característicos de la roca volcánica estos minerales son: la tridimita y la cristobalita, el feldespatopotasico de alta temperatura, sanidina etc. Muchas rocas volcánicas se caracterizan por su estructura vesicular esta expresión se refiere a la roca con burbujas atrapadas, las que pueden ser de forma de almendra, redondeadas, elipsoidales o aun tabulares. Estas se deben a la expansión del vapor de agua o de otros gases de la lava, y su forma al movimiento del gas en la lava todavía liquida. Escoria es un término que se aplica a la lava basáltica, en la cual las vesículas o oquedades dejadas por el gas son numerosas y de forma irregular. La piedra pómez es una lava silica con aspectos de espuma que se produce en una etapa extrema del escape de gases. Muchas rocas volcánicas muestran una tendencia al alineamiento paralelo o sub paralelo de los divisos elementos en la trama. Esto se debe al movimiento o corriente que tiene lugar en la lava aun liquida a la característica se le llama estructura fluidal o de corriente. Una de las peculiaridades mas características y comunes de las rocas volcánicas es la estructura porfiritica. Este término describe ciertas rocas egipcias, muy usadas en los tiempos antiguos como piedras ornamentales y de construcción que tienen cristales grandes y prominentes en una matriz de grano fino y de color rojiza oscuros².

2.3.3.3 Composición mineralógica de las rocas ígneas.



Las rocas están compuestas de minerales, por lo tanto el estudio de las rocas requiere un conocimiento previo de los minerales formadores de las rocas. Aun que se conocen 1700 minerales, aproximadamente 50 de ellos son minerales formadores de roca, de los cuales 30 son los mas comunes. Una característica de las rocas ígneas es el muy pequeño número de minerales de que están compuestas. Por esta razón las investigaciones de las rocas ígneas requieren de la determinación de unos cuantos minerales comunes solamente como son: ciertos óxidos, titanatos, fosfatos, y otros silicatos, pueden estar presentes en cantidades pequeñas, pero no son de mucha importancia para determinar la composición microscópica de las rocas.

Es claro que entre los diversos minerales formadores de rocas ígneas, los feldespatos solo representan, aproximadamente el 60%; el cuarzo y los piroxenos, alrededor de 12% cada uno mientras que todos los demás minerales son de mucha menor importancia.

2.3.3.4. Roca ígneas extrusivas.

Andesita-Toba intermedia. Unidad constituida por rocas volcánicas intermedias. La andesita es de textura porfirítica mero cristalina de color gris a negro, de estructura masiva con intercalaciones de tobas de textura piro elástica de color café oscuro al microscopio las tobas muestran una composición mineralógicas de andesina y como minerales accesorios biotita, apatito, piroxenos alterados a clorita y e matita secundaria, además fragmentos de roca ígneas oxidadas en una matriz victria cloritizada, también con vetillas de calcita.

2.3.3.5. Toba acida.

Unidad constituida por tobas de textura líticas y cristalinas. Presentan tonos rosados a gris claro, los líticos de 2 a 15 mm de diámetro, son de rocas acidas e intermedias y vidrio acido, pseudo-estratificada y también masiva; localmente presentan oquedades de 1.5 cm. debidas al intemperismo. Hacia la cima esta unidad es de composición dacitica con una mineralogía de cuarzo, oligclasa, fragmentos de rocas extrusivas acidas e intermedias, y vidrio acido en una matriz victria, con minerales accesorios tales como augita y biotita; lo líticos tiene hasta 5 cm. de diámetro. Su color varia de gris a rojo ladrillo localmente con intemperismo esferoidal, su morfología es de cerros, lomas amesatadas esta unidad cubre a unidades cretácicas, al conglomerado del terciario inferior y subyace a areniscas del terciario superior.

2.3.3.6 Riolita.

Unidad volcánica constituida por derrames rioliticos con estructura fluidal y textura fluidal y textura porfirítica holocristalina; al microscopio nos muestra una mineralogía de cuarzo con golfos de corrosión, sanidina, como mineral accesorio clorita y secundario epidota, hematina y arcillas. En algunos puntos se clasifica como riolita sodica y en otros se



encuentra asociada a derrames de obsidiana además localmente se presentan vitrofidios riodacíticos.

2.3.3.7. Andesita.

Unidad volcánica constituida por derrames andesíticos de textura porfirica mero cristalina de color gris a café con tonos rojizos y oscuros; su composición mineralógica es de andesina generalmente zoneada y como minerales accesorios: augita, enstatita, biotita, hornblenda y apatito, también pigeonita y circón frecuentemente los accesorios se encuentran cloritizados u oxidados.

Por su origen calcoalcalino presentan diferenciación en su composición a andesita basáltica conteniendo labradorita es frecuente observarla con disyunción. La unidad cubre en discordancia a rocas sedimentarias clásticas del terciario superior, y es característica del evento volcánico del plio-Cuaternario. La expresión morfológica es de aparatos volcánicos y cerros de moderada pendiente. Aflora principalmente en la parte sur oriente y esporádicamente en la parte norte de la zona⁴.

2.4. IGNIMBRITAS.

La piedra cantera puede ser comúnmente denominada como piedra pómez, toba riolítica o como riolita, sin embargo, de acuerdo a sus características petrográficas, el termino mas preciso corresponde al de una ignimbrita y mejor al de aun el de una ignimbrita riolítica.

Las diferencias entre flujo de lava y un evento con explosiones volcánicas se refiere esencialmente a el tipo de actividad volcánica o peligro de un volcán, dado que las destrucciones volcánicas más importantes en la historia del hombre se deben a erosiones similares a la que suponemos dio formación a la ignimbrita.

Las diferentes variedades de la piedra cantera es un factor que podemos agregar en relación al control de la variedad de la piedra cantera en cada localidad consiste en identificar interpretar su posible lejanía o bien la cercanía de la fuente de origen de dicho material, es decir de la hipotética caldera volcánica de la cual se derivaron todos los materiales los productos lejanos serán cada ves mas finos y también mas heterogéneos. En otras palabras y sintetizando, las variaciones de la piedra cantera se deben a una composición inicial aleatoria en el momento de la explosión volcánica, a el nivel de transporte are al que hayan hecho y el proceso de solidificación que se llevo acabo en cada localidad. Algunos problemas y alternativas actuales de la piedra de cantera: Probablemente el principal problema que enfrenta en la actualidad el sector o persona que requiera de la piedra de cantera como materia prima es la escasez del mismo material y en algunos casos a la irregularidad de su producción o existencia en el mercado; se podría pensar que este problema sea debido a la desaparición del material, debido al echo que el centros de las ciudades fueron construidos con ignimbrita que había en zona muy cercanas a zona urbanas.



Otro aparente problema y que en realidad podría ser una alternativa que diera un resurgimiento a la cantera es su utilización con la finalidad de restauración de monumentos.

Los principales daños que han sufrido los monumentos son:

- Consumo heterogéneo de los pavimentos y banquetas (problemas de abrasión).
- Separación física de vesículas o minerales, que con el tiempo dejan huecos en los muros de diferentes palacios y de las mismas catedrales.
- Uso inapropiado de materiales en zona estructurales. Que da como consecuencia la destrucción gradual de columnas o muros estructurales.
- Intemperismo natural de mamposterías o monumentos debido a la presencia de materiales históricos o de restauración demasiado suave o parcialmente de vitrificado.

Análisis comparativo de diferentes técnicas de extracción de canteras de rocas ornamentales.

La evaluación de un potencial yacimiento de rocas ornamentales o dimensionable se basa en el valor estético de la roca y de sus cualidades físicas (principalmente la porosidad, resistencia al desgaste y a la compresión), de la homogeneidad del probable yacimiento y, de las condiciones de estructurales del macizo rocoso.

Estos dos últimos aspectos permiten obtener una idea de las dimensiones y de la calidad de la calidad de los bloques que pueden ser extraídos. Así los parámetros mencionados en conjunción con un estudio de mercado, deben llevar a la definición de un sistema de explotación adecuado a las características de la roca y del sitio de explotación.

De una manera general la explotación de un yacimiento debe cubrir los siguientes aspectos.

A).- Estudio de mercado. Interés estético y cualidades físicas del material, pruebas de trabajo de la piedra.

B).- Características del yacimiento. Localización de sitios favorables en función de su homogeneidad (volumen de recursos) y de las condiciones estructurales (reserva), adaptación de los métodos de explotación a las condiciones geológicas del macizo rocoso, optimización de las técnicas de extracción.

C).- Ingeniería de la cantera definición del sistema adecuado.

Es fundamental considerar:



La infraestructura de la zona de explotación (topografía, vías de acceso, impacto ambiental). La importancia de las discontinuidades estructurales y de su localización sobre el rendimiento-cantera (dimensiones y forma de bloques); La influencia de las características físicas de las rocas sobre el rendimiento-bloque (calidad del bloque).

El sistema de explotación comprende las siguientes fases principales:

1. apertura de corredores de explotación.
2. determinación de la orientación óptima de frentes.
3. avance; corte de bloques primarios (máximo tamaño posible).
4. corte de bloque secundario (tamaño de bloque comercializable).

Se puede combinar diferentes técnicas de extracción por los métodos utilizados existen 5 métodos principales para la explotación de canteras; al explosivo, con cable diamantado, a la flama, con cortadoras y al chorro de agua con alta presión. A estas técnicas se agrega la extracción manual, que es la más común en canteras artesanales como lo son la mayor parte de las explotaciones de México.

2.4.1 Explosivos.

Esta técnica parte del hecho de que durante la detonación, la onda de choque es seguida por la liberación de gases calientes y de que toda la energía puede ser controlada para evitar la formación de microfisuras. Así en la zona anular próxima al barrenado, la roca es pulverizada por la onda de choque y en las zonas subsecuentes, esta es sometida a tracción; lo que genera fracturas radiales para realizar superficies de corte que conformen bloques regulares, se busca dirigir la onda de choque y evitar la generación de fracturas radiales de ahí el nombre de la técnica que es voladura dirigida o voladura suave, la técnica se basa en el principio de que cuando dos barrenos son suficientemente próximos, la acumulación de la fuerza de las ondas de tracción sobrepasa la resistencia de la roca y, una fisura desarrollada en el plano de los dos barrenos.

La acción del gas forma un papel importante en el proceso de corte, debido a que la presión ayuda a la propagación de la fisura sin afectar a la masa rocosa. Para dirigir la energía de la detonación existen varias alternativas: la presencia de barrenos vacíos entre barrenos cargados permite orientar las fisuras; se puede utilizar explosivos de baja presión de detonación o explosivos de flagrante como la pólvora, los nitratos, algunas dinamitas o el cordón detonante.

La fuerza del gas permite realizar el corte y separar el bloque de las masas rocosas. Se puede realizar un desfase entre el diámetro del barrenado y el diámetro de explosivo, para que el espacio amortigüe la fuerza de la onda de choque. El desfase óptimo para el corte debe ser definido cuidadosamente en función de las características de la roca y del explosivo empleado. La realización de una voladura dirigida requiere la definición de los siguientes parámetros:



El grado de desfasamiento de diámetro de cartucho-barreno, la distancia entre barreno la carga mínima que puede soportar la roca y, la carga específica del explosivo. Estos parámetros permiten determinar la carga lineal que debe ser utilizada y, que corresponde a la carga lineal que debe ser utilizada y, que corresponde a la carga total dividida entre la longitud del barreno. El parámetro más importante para evaluar el costo de la voladura es la distancia entre barrenos ya que los gastos de perforación pueden llegar a consumir el 80% del valor total del corte.

Esta técnica comprende dos etapas principales; el corte primario y el corte secundario. El primero involucra masas paralelepipedicas de varias centenas y, a veces, miles de metros cúbicos. El corte requiere dos caras libres del bloque y, se puede efectuar simultáneamente en las 2 a 4 restantes, en función de la roca (corte en L) en el cote secundario se atacan los bloques ya separados del macizo rocoso, para dimensionar los bloques comerciables; para ellos la carga se disminuyen y se aproximan los barrenos este ultimo corte puede ser realizado con otras técnicas como cuñas o cables diamantados. LA principal ventaja de la utilización de estas técnicas consisten en que se puede extraer masas de volumen importante aprovechando las discontinuidades naturales de la roca; aumentando así la velocidad de explotación, aunque en el casos, de un mal manejo de los explosivos existen también el riesgo de dañar un volumen importante de roca. Cuando la energía de los explosivos no es controlada, se producen fragmentos que muchas veces no pueden ser aprovechados y los frentes de ataque pueden dañarse. A estos se suman la gran cantidad de escombros producido, que pueden llegar a invadir la cantera dificultando los trabajos de explotación.

2.4.2. Cable diamantado.

Esta técnica permite realizar cortes de gran calidad, lo que minimiza el trabajo de dimensionamiento delicado que el vertical, debido a las dificultades en la lubricación con agua y el arrastre de la rezaga de corte. En la practica se recomienda hacer primero el corte horizontal, ya sea con otra técnica como cortadoras o explosivos, y después el vertical, para anular la posibilidad de desprendimiento que pudiera pensarse el cable antes de terminar el corte. La herramienta precedente al cable diamantado es el cable helicoidal, que fue de uso corriente en canteras de mármol y caliza. El equipo consiste en un cable que puede ser sencillo doble o triple, montado sobre poleas para el tallado sobre la roca.

Entre los abrasivos que se utilizan para complementar el trabajo del cable están la arena, los óxidos de aluminio y el carburo de silicio. Las poleas se montan sobre una torre o sobre una pista o carril, de tal manera que pueden ser movidas y penetrar en el plano de corte. Para que el cable pueda ser instalado en la roca, se requieren dos costados libres y paralelos del bloque del bloque a separar. Se deben realizar perforaciones lo suficiente mente grandes para que puedan entrar los ejes, los platos y los brazos de soporte de las poleas. Las poleas están diseñadas de tal forma que puedan cortar su propio camino al estar presionadas en la roca.



El corte con cable diamantado es una de las técnicas más utilizadas en la actualidad para la explotación de rocas dimensionables calcáreas, en donde prácticamente se a desplazado el uso de cable helicoidal. El único inconveniente de esta técnica es el precio del cable, el cual debe asegurarse la duración necesaria para amortizar su costo; de ahí que normalmente no sea utilizado para rocas con una dureza importante. Actualmente, el cable diamantado esta en uso en algunas canteras de granito italianas; para ello se diseñan cables especiales con mayor resistencia, pero el valor de la roca debe ser suficientemente para que la utilización de estos cables sea económicamente justificable.

2.4.3. Corte a chorro de flama de soplete.

Esta técnica es utilizada para el primer ataque a un frente de explotación con el fin de liberar una o dos caras del frente primario o, para formar un corredor de extracción. Se usa frecuentemente para la extracción de rocas graníticas que presentan poco fracturamiento y bajo grado de alteración. El principio de base es el de un gran soplete unido por un tubo de acero a una alimentación de diesel y aire. La flama sale del quemador a una temperatura variante, entre 1500° y 2500°C se aplica el soplete contra la roca con una pendiente de 60° aproximadamente. El calor hace reventar los cristales de la roca y se eliminan unos 6 mm de la misma en cada pasada la flama talla una hendidura de 10 cm. de ancho, lo que implica una pequeña pérdida de material; pero el resto del material no es afectado por el calor. El gran inconveniente de esta técnica es que su uso se limita a roca sana y el nivel de ruido es demasiado elevado (comparable al de un avión) este método no es conveniente para cortar mármoles o calizas, debido al riesgo de calcinación de la roca.

2.4.4. Cortadoras y rozadoras.

Esta herramienta permite realizar cortes paralelos verticales (rozadoras) y horizontales (cortadoras), con la ayuda de un brazo de 1 a 4 m de largo. Puede ser utilizada para el acondicionamiento de un sitio de explotación, para formar el frente de ataque, para la extracción de bloques en canteras subterráneas y, para el corte secundario en bloques comerciables. En un principio se utilizaban herramientas de carburo de tungsteno. En la actualidad se encuentra con cadenas provistas de plaquetas diamantadas. Existen dos grandes grupos de esas maquinas.

1. las que son colocadas sobre rieles al pie del frente de extracción de canteras a cielo abierto.
2. Las que son colocadas sobre columnas para explotación subterráneas.

2.4.5. Corte al chorro de agua a alta presión.

Esta técnica se encuentra en evaluación en varias canteras de Europa, pero todavía no es de uso corriente.



El método involucra, ya sea uno o varios chorros de agua controlada mecánicamente, cuya presión se incrementa a través de las pequeñas válvulas cuya orientación y abertura depende del tipo de roca. Existen dos técnicas de corte que utilizan el efecto mecánico de los chorros de agua: el corte lineal, en el que el chorro se desplaza siguiendo una sola trayectoria y en cada recorrido va cortando la roca y, el corte oscilante, en el que las válvulas se mueven en zigzag, al mismo tiempo que se desplazan, de manera que el conjunto de cortes disgreguen la roca, la profundidad de penetración del chorro de agua en la roca varía en función de la presión y del gasto del agua, de la velocidad de traslación y, de las características del material (propiedades geométricas, textura y grado de figuración) para la utilización de estas técnicas se debe conocer las leyes de corte hidráulico de diferentes tipos de rocas y, estudiar y calibrar la geometría del movimiento de los chorros para asegurar la destrucción del material sobre un plano de corte.

2.4.6. Extracción manual.

Esta técnica representa la manera más elemental de extracción de bloques de roca, la cual es empleada desde la antigüedad. Consiste en aprovechar las discontinuidades estructurales naturales del macizo rocoso, separando sus bordes hasta provocar el desplazamiento del bloque e la actualidad se sigue utilizando en muchas canteras, cuando las condiciones estructurales lo permiten. Si el macizo rocoso no presenta un fracturamiento importante, se realizan artificialmente. Superficies de corte, por medio de una especie de puntero (cuña) siguiendo la trayectoria deseada. El proceso implica la introducción de cuñas de acero en discontinuidades horizontales o en fracturas subverticales. Estas cuñas son incrustadas a golpe de martillo hasta el desplazamiento del bloque. Una vez separado el bloque, se separa con palancas de hierro, que se introduce en el plano de corte comunicándoles un movimiento de viga; utilizando cabestros u otros medios mecánicos si se dispone de ellos. Antes de la separación del bloque, se recomienda preparar el terreno allanándolo y colocando material de corte o bolas de hierro para facilitar su remoción.

2.4.7. Diseño del sistema de explotación.

El valor de explotación de una cantera es determinado por el valor comercial de la roca, las condiciones estructurales y geométricas del yacimiento, el porcentaje de descapote necesario y, la necesidad de manipular bloques de volumen. Un sistema de explotación óptima debe de tomar en cuenta las características naturales del macizo rocoso, especialmente en cuanto a anisotropía y estructura, para definir superficies de corte que puedan ser retomadas al momento de dimensionar los bloques comercializables, una gran parte de las rocas dimensionables son extraídas en explotaciones a cielo abierto, a las que se enfocan los siguientes aspectos como son: preparación de los frentes de explotación y cortes primarios y secundarios.



2.4.8. Industrialización.

Para su comercialización, las rocas dimensionables requieren de un corte requiere de un corte, pulido y terminado final de acuerdo con los requerimientos del comprador y especificaciones del mercado. El decorado final es a menudo a mano por operarios expertos, usando para ello varias técnicas y herramientas.

2.4.9. Corte.

Los equipos utilizados para cortar, cuadrar y pulir los bloques comerciables incluye: discos de diámetro de tres metros de borde generalmente diamantado, cables diamantados o helicoidales y/o sierras en telar. Todas estas técnicas son complementadas con el uso de abrasivos. La sierra de telar consta de una o varias hojas planas de acero, montadas en un bastidor, que se desplazan en vaivén. La velocidad depende de la dureza del material, del modelo del cortante de las hojas y, del tipo de abrasivo que se utilice; que puede variar desde simple agua y arena, hasta óxidos de aluminio o carborundum.

2.4.10. Acabado y pulido.

Para el pulido, acabado y decoración de productos finales, existe una gran variedad de métodos y equipo el terminado y forma final de estos materiales puede lograrse con equipo automático o a mano, utilizando herramientas neumáticas. El pulido y abrillantado se logra mediante discos de carborundum o discos convencionales que usan paulatinamente diferentes abrasivos; desde los más gruesos hasta los más finos. En el mercado se maneja también el acabado “a la flama” en el que se produce, mediante un soplete, una superficie burda rugosa.

2.4.10. La extracción de roca dimensionable en México.

En México existe una tradición de muchos años en explotación y beneficio de rocas dimensionales y ornamentales. Desafortunadamente, la mayor parte de las explotaciones son artesanales y utilizan técnicas de extracción rudimentaria o semimecanizada, aun que hace algunos años algunas se han actualizado con uso de cable diamantado.

Para la extracción de roca relativamente suave como la roca cantera de Morelia puede utilizarse explosivos, cable diamantado, cuñas y cortadora-rozadora. En las rocas graníticas no son utilizados los mismos métodos de explotación debido a su dureza, se utilizan principalmente los explosivos para realizar cortes primarios en la cantera y los cortes secundarios se llevan a cabo manualmente. El atraso tecnológico en este aspecto se debe a gran parte a la carencia de información y deformaciones de la gente que controla las explotaciones, así como a los propios obreros que trabajan en ella.



El desarrollo de esta industria en México se debe en gran parte. A la falta de organización, falta de impulso económico y el arraigo en el uso de métodos tradicionales¹.

2.5. EL DETERIORO Y LA CONSERVACION DE MATERIALES POROSOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

2.5.1. INTEMPERISMO POR HUMEDAD Y SALES.

2.5.1.1. Generalidades.

Las piedras de construcción, los ladrillos, los morteros y las argamasas, son materiales porosos permeables al agua en un grado que depende de su estructura capilar. El vapor de agua, que casi siempre esta presente en el aire, penetra de una manera compleja dentro de los poros, y una entidad específica es retenido en el material poroso en equilibrio con la humedad relativa del aire. Una disminución suficiente en la temperatura o un aumento en la concentración de vapor de agua pueden provocar la condensación. Debido a la respiración los organismos, el agua que se filtra en el suelo contiene algunos cientos de veces mas dióxido de carbono que el aire húmedo, y por esto reacciona como una solución diluida de ácido carbónico. Después de que los constituyentes han sido convertidos a carbonato se descomponen y por medio de hidrólisis, forman un hidróxido menos soluble. El agua de la lluvia también presenta reacción ácida, gracias a los contaminantes atmosféricos gaseosos disueltos en ella. En una ciudad grande la concentración en el aire varia entre 0.1 y 10mg/m³ mientras que el contenido de dióxido de carbono no excede de 10g/m³. Un contenido de dióxido de azufre es oxidado por la luz del sol o por contaminantes como pentóxido de vanadio.

En los materiales de construcción el agua es transportada a través de los capilares. En el curso de este movimiento las sales solubles se extraen de los materiales de construcción y se somete a difusión, hidrólisis o precipitación. La evaporación del agua en los materiales porosos tiene lugar en la superficie y depende de la humedad suministrada del interior. Cuando el agua enriquecida en sales solubles fluye hacia la superficie, la evaporación aumenta la concentración salina, la precipitación y la cristalización puede observarse en diferentes puntos de los poros, según la solubilidad de las sales y la velocidad de la evaporación del agua. Esto ocurre en la superficie cuando esta recibe regularmente agua (eflorescencia) y debajo de la superficie cuando el frente del líquido retrocede hacia el interior, lo cual sucede cuando los poros superficiales grandes se vacían (eflorescencia). Ambos puntos de deposición salina pueden existir juntos y están frecuentemente conectados entre si.

Formación de costras.

El movimiento de agua en los materiales porosos tiende a empobrecer el medio cementante. Las rocas sedimentarias, los morteros y las argamasas pierden algo de sus adhesivos los cuales al disolverse son transportados a la superficie.



El estrato de adhesivo empobrecido, el cual puede consistir de varios substratos, si las sales productoras de la costra son muy poco solubles, el material adquiere una cubierta protectora. Los cloruros son muy giroscópicos y son las sales las que se redisuelven primero durante la condensación del agua presente en el aire circundante. Una vez en solución son muy activas en relación a tres aspectos: son muy móviles y por ello penetran y rompen muchas estructuras cristalinas; peptizan, es decir suspenden en agua grandes conglomerados de moléculas; y por último aumenta la estequiometría de los cristales. Esta propiedad de los cloruros explica la peligrosa lixiviación del medio cementante observada en piedras que contienen estas sales. Los nitratos y las sales de los ácidos orgánicos son igualmente peligrosos.

Las soluciones muy diluidas de los sulfatos solubles, por ejemplo los sulfatos de sodio y de magnesio, son capaces de producir deterioros graves. Esto se debe a que la mayoría de los poros presenta secciones transversales elípticas. La evaporación de soluciones en un tubo capilar de vidrio conduce a un retiro uniforme del menisco en el interior del capilar, y la concentración de la solución obtenida bajo el menisco se mueve por difusión hacia el interior. En el caso de un poro de sección transversal elíptica (o de cualquier sección transversal irregular que comprenda una curvatura elíptica), el menisco no se desplaza hacia el interior en los sitios donde termina el eje mayor; allí la pérdida de la solución por evaporación se compensa por un suministro lateral. Esto resulta en una sobre saturación local y ello produce eflorescencia en los puntos donde el poro es estrecho, en cuyo caso la expansión por hidratación causa deterioro aun que el poro no este lleno de sal. Las soluciones que contienen más de un 0.1% sulfato se consideran peligrosas para materiales porosos.

Intemperismo de diversos materiales de construcción. Los principales agentes de intemperismo han sido discutidos extensamente. El dióxido de carbono (procedente de la desintegración de materiales orgánicos, de la fotosíntesis, o de las fuentes industriales), el dióxido de azufre, el trióxido de azufre, los cloruros, los nitratos, el smog, el agua de lluvia, el agua freática, las plantas y los animales, etc. influyen en la desintegración de la piedra de edificios y monumentos de diferentes maneras. Entre ellos, los compuestos del azufre y especialmente los sulfatos, se consideran como los más corrosivos.



2.5.1.2. INTEMPERISMO EN ROCAS SEDIMENTARIAS.

Las rocas sedimentarias son severamente atacadas por el agua ya que son lo suficientemente porosas para permitir el movimiento frecuente de soluciones salinas. En diversas especies de calizas se producen costras que consisten en gran número de hojuelas. La costra es principio blanda, porosa y de color gris, blanco o amarillo, pero después de un tiempo se hace dura, por la cementación causada por el flujo continuo hacia la superficie del carbonato de calcio disuelto, y su color cambia a amarillo-café-rojizo. La contaminación atmosférica así como los sulfatos en el agua del suelo pueden ser responsables de las costras del yeso. En las rocas calizas, la áreas que permanecen húmedas por un largo periodo de tiempo, son las que primero desarrollan costras de yeso y rápidamente se ennegrecen con polvo y la suciedad.

La aparición de las rocas de una florescencia escasa blanquecina o amarillenta, la cual a sido llamada “leche de luna”, parece ser el resultado de un proceso complejo sobre las inclusiones calcáreas, dolomíticas o de fosfato de calcio, que comprenden la acción de micro floras amonificantes y seductoras de hierro. Una forma criptocristalina de calcita, la lublinita, se ha sugerido como representativa de la “leche de luna”, pero la presencia de arcillas y cuarzo puede modificar notablemente su constitución.

Rocas ígneas, por ser producto del enfriamiento de las lavas, son coherentes, uniformes y no porosas, siendo en consecuencia estables al contacto con el agua. No obstante, su estabilidad disminuye con los cambios de temperatura. La erosión resultante de las expansiones y contracciones alternadas e irregulares, hace porosa partir de la superficie hacia el interior, a las rocas ígneas, de manera que se vuelven accesibles al agua. El granito y el basalto son marcadamente vulnerables a esta clase de deterioro por que después del relajamiento mecánico de su superficie, el agua penetra y disuelve al feldespato en su interior.

Aun que las rocas ígneas no contienen pirita, estas pueden contaminarlas de varia maneras y luego atacarlas con los productos de su oxidación e hidrólisis. Las rocas ígneas que se han hecho porosas por la erosión son también atacadas por soluciones acuosas.

2.5.2. HUMEDAD EN MATERIALES POROSOS DE CONSTRUCCIÓN.

Los aspectos higrométricos de la humedad en monumentos se discutieron durante un simposio organizado por ICOMOS en 1967 ha realizado una revisión de la s propiedades hídricas y de su medición y a sugerido que para materiales de construcción empleados en monumentos, deben recolectarse datos del contenido de humedad giroscópica, el coeficiente de absorción de agua, el contenido critico de agua el contenido máximo de agua y la conductividad del vapor. Se han sugerido métodos para medir los parámetros físicos y mecánicos de piedras empleadas en monumentos y se han revisado las técnicas para el estudio del deterioro biológico de tales piedras.



Revisando los métodos de medición de humedad en monumentos la ausencia de la humedad en el deterioro de monumentos, ha sido considerada por cierto número de autores que trazan un panorama de los problemas de la humedad en el deterioro de monumentos.

2.5.2.1. Aspectos hídricos.

La humedad tiene una importancia máxima en el deterioro de materiales silitos de construcción. Los daños por congelación son como es natural, improbables sin humedad. El deterioro biológico depende de la presencia de la humedad los contaminantes atmosféricos reaccionan con el agua para formar soluciones aciduladas, las cuales atacan la piedra y materiales similares. La mayoría de los fenómenos de deterioro puede explicarse por cambios cíclicos de la humedad en presencia de sales solubles. La humedad se presenta como vapor, liquido y hielo. La humedad absoluta, o sea la concentración de vapor de agua: es la masa de vapor de agua por unidad de volumen de aire seco y depende de la temperatura. A cada temperatura corresponde una concentración máxima de vapor de agua.

Difusión del vapor de agua. Si un material seco se coloca en una atmósfera que contiene vapor de agua, el aire húmedo se difundirá dentro del material. Para cada material existe una relación entre humedad relativa del aire circundante y la cantidad de vapor de agua retenida por el material a esta cantidad se le llama contenido de humedad giroscópica. Los repelentes de vapor tienen una alta resistencia a la difusión y por esto poseen bajos valores. Las cantidades de vapor de agua se difunden a través de una pared.

2.5.2.2. Penetración de la lluvia.

Se han revisado el mecanismo de penetración de la lluvia en los edificios. Depende de la construcción y de las condiciones de la superficie expuesta. Generalmente se forma una película de agua sobre la superficie, la cual es forzada dentro de la pared por la presión del viento y la succión capilar. El viento provoca succiones diferenciales del aire alrededor de un edificio, dependiendo de la velocidad del viento y de la altura y forma de la estructura. El viento hace que la lluvia golpee la pared y esto puede conducir a la formación de diferencias de presión del aire a través de la pared. La penetración de la lluvia depende además de la dirección predominante del viento. Esto no es únicamente debido a la presión con que actúa, sino también por que las partes del edificio colocadas a sotavento, reciben menor cantidad de lluvia. La influencia de las fuerzas gravitacionales en las transferencias horizontal de agua en una pared es pequeña, pero no puede despreciarse para paredes gruesas. Así, la penetración de la lluvia ocurre primero en las partes bajas de la pared.



Transferencia vertical del agua. En la dirección vertical ocurre cuando el agua se eleva en las paredes a partir del suelo o entra a la pared desde arriba por goteras, etc.

2.5.2.3. Fenómeno de secado en materiales porosos.

En el proceso de secado de una estructura homogénea, el agua se transporta, a través del sistema capilar, a la superficie donde ocurre la evaporación. La velocidad de secado es casi constante hasta que el punto en que la humedad cercana a la superficie haya disminuido tanto que la intercomunicación del sistema de agua ya no sea completa. Cuando los capilares mas grandes en la superficie ya no están llenos de agua, el frente de agua retrocede hacia adentro de la pared, y hay una denominación rápida de la velocidad de secado. La melosidad de secado depende de la ventilación. Si pasa aire no saturado a lo largo de la pared, este impide la saturación local y así, estimula la evaporación. El contenido crítico de la humedad puede deducirse a partir de graficas de velocidad de secado contra promedio residual de contenido de agua (% vol.) en la estructura. La cristalización de sales disueltas (eflorescencias) en la superficie de la pared empieza cuando se ha alcanzado el contenido crítico de humedad y el frente de agua retrocede. Así pues ciclos frecuentes de secado y humectación causaran una oscilación del frente acompañado de cristalización y disolución periódica de sales.

A este proceso se debe la mayoría de los fenómenos de intemperismo. En aire estancado, la humedad cercana a una pared donde ocurre la evaporación puede ser muy alta. Por esto paredes y murales sin ventilación con contenido de humedad no se deterioran mucho aun que es posible el ataque por micro organismos.

2.5.2.4. Aspectos térmicos.

La transferencia de calor en materiales porosos se efectúa por conducción, radiación y convección. La transferencia de calor unidireccional en una pared homogénea de grosor d puede formularse como sigue $q = (\lambda/d)(T_1-T_2) = (T_1-T_2)/R$ donde λ es la conductividad térmica y T_1 y T_2 son las temperaturas superficiales limites. R es la resistencia al calor. Las conductividades térmicas han sido medidas para muchos materiales de construcción. La conductividad térmica aumenta con el contenido de humedad y esta influye así en el aislamiento térmico de la estructura.

2.5.2.5 Condensación.

La condensación ocurre cuando la condensación del vapor de agua alcanza la concentración máxima posible a una temperatura dada. Por esto el vapor de agua se condensa cuando llega a áreas donde la temperatura es mas baja que el punto de rocío del aire que contiene vapor de agua. La condensación puede ocurrir sobre la superficie de la pared o dentro de la construcción.



Condensación superficial.

La condensación superficial se estimula por altas humedades relativas y bajas temperaturas superficiales. Estas últimas pueden ser provocadas por insuficiente aislamiento térmico de paredes y techos, y por bajas temperaturas o ventilación excesiva en el exterior. Un ser humano produce entre 50 y 100 litros de vapor de agua por hora. Por esto los visitantes pueden elevar considerablemente la humedad relativa de un edificio.

2.5.2.6. Determinación de humedad.

Se debe distinguir entre la medición de humedad en el aire y la determinación del contenido de humedad del material poroso. Ambos tipos de medición han sido tratados ampliamente. Pero en la práctica, frecuentemente se necesita saber si la deterioración se debe a la elevación del agua del suelo, a infiltración o a condensación.

2.5.3. OTROS FENOMENOS DE DETERIORO.

La desintegración de la piedra causada por cambios en la temperatura, incluyendo la congelación, ha sido discutida en artículos ampliamente sobre el deterioro y conservación de piedra.

2.5.3.1. Insolación y daños por fuego.

Debido a su carácter heterogéneo, la estructura de un edificio sufre erosión como consecuencia de la diferente expansión volumétrica de los materiales comprendidos. Además después de la expansión una piedra no se contrae en la misma cantidad. Esto llamado “deformación permanente”, contribuye también a la erosión de una manera similar un aumento de temperatura debido al fuego, daña a la piedra.

2.5.3.2. Daños por congelación.

La congelación es peligrosa para los materiales porosos, porque la solidificación aumenta el volumen del agua en los poros (el volumen del hielo es una décima parte mas grande que el del agua, el hielo flota en ella). No obstante el daño es también observado cuando un líquido, por ejemplo nitrobenzeno, se congela en los poros sin aumento de volumen. En un poro capilar lleno de agua, a una temperatura debajo del punto de congelación, se empieza a formar depósitos laminados de hielo a partir del menisco hacia el interior. Así las moléculas de agua se inmovilizan en las lentes de hielo, lo cual conduce a una disminución en los movimientos moleculares debajo de estas lentes y, consecuentemente, a una diferencia de presión entre el frente de congelación y el resto del agua en el capilar. Para restaurar el equilibrio, el agua se mueve hacia la lente de hielo contribuyendo así a la inmovilización de mayor número de moléculas. Después de la formación de hielo, la tensión superficial tiende a extender el agua remanente para cubrir la



partícula sobre el área seca ocupada por el hielo. Normalmente la tensión superficial sobrepasa el peso del hielo y este último es levantado.

Entonces el agua, que ha separado a la lente del hielo de la partícula, se congela otra vez y agrega laminas nuevas a la lente de hielo.

En consecuencia el agua podría fluir y obtenerse sobre la lente de hielo, donde se congela, dependiendo su flujo y velocidad y del tamaño del capilar. Los materiales porosos que tienen un coeficiente de saturación más pequeño de 0.8 no son afectados por congelación, porque eso implica una estructura que contiene gran cantidad de poros grandes en los cuales la lente de hielo producida puede actuar sin el desarrollo de una presión destructiva.

Un tipo especial de deterioro por congelación ocurre cuando el agua del exterior entra en contacto con un azulejo o cerámica vidriada y se congela allí.

2.5.3.3. Erosión del viento.

La carga del viento sobre los edificios también contribuye a los procesos de corrosión la presión del viento sobre un área de un edificio es proporcional al cuadrado de la velocidad del viento en el punto de contacto con el lado frontal de un edificio cúbico, el viento crea una sobre presión (carga), mientras que principalmente en el lado opuesto pero también en los lados, se crea una caída de presión (succión). Además la carga del viento aumenta con la altura del edificio. La carga del viento depende del Angulo con el cual el viento golpea cualquier plano del edificio. Los vientos fuertes son muy dañinos, pero también los vientos moderados (con velocidad del aire de menos de 10 m/seg.) son destructivos especialmente cuando el aire esta contaminado con partículas gruesas.

2.5.3.4. Contaminación de polvo.

La atmósfera de las ciudades industriales esta grandemente contaminada con gases y partículas sólidas (hollín, arenas, sales, etc.). Debido a su tamaño tan pequeño, tales partículas son fácilmente suspendidas en el aire y producen polvo (tamaños de partículas entre 150 y 1 μ) o humo (que contiene partículas debajo de 0.5 μ de diámetro). Los sistemas de polvo y humo son termodinámicamente inestables y sus partículas sólidas tienden a la vez a asentarse y adherirse unas con otras en grandes grumos. Ya que el polvo fino tiene una gran superficie externa, el vapor de agua del aire es absorbido en las partículas individuales y llevado a el área de deposición. Así pues el polvo puede contribuir a la acumulación de humedad. En las capas húmedas de polvo, los constituyentes disueltos presentan una reacción alcalina o acida, y según el carácter del material poroso, puede producirse un ataque químico a los substratos porosos.



2.5.4. DETERIORO POR AGENTES BIOLÓGICOS.

2.5.4.1. Árboles y plantas.

Pueden tener alguna importancia en el deterioro de monumentos si crecen sobre el edificio o en un lugar cercano al mismo. Los árboles y los arbustos que están en la cercanía de un edificio pueden entorpecer la evaporación de la humedad en las paredes. Los árboles y las plantas que crecen en un monumento, generalmente indican un alto contenido local de humedad en los materiales de construcción. Ellos son más bien inocuos, pero en algunos casos sus raíces pueden aumentar el deterioro de la mampostería.

2.5.4.2. Algas y Líquenes.

Frecuentemente los monumentos están localmente cubiertos de algas y organismos similares. Esto indica invariablemente, un alto contenido de humedad en los sustratos y, de hecho frecuente mente se observa en las cercanías de los desagües y en las partes inferiores del edificio, humedecidas por la elevación capilar del agua del suelo. La presencia de algas puede por esto servir como una forma de estimulación rápida de la distribución de humedad en el edificio. El deterioro ocurre como resultado de la frecuente humidificación y secado de la piedra. Donde las algas cubren las paredes, se observara que el contenido de humedad esta continuamente arriba del nivel crítico. Aparte del daño mecánico producido por algas y líquenes, estos pueden contribuir al deterioro químico de las calizas. Los líquenes (asociados simbiótica de algas y hongos) no pueden tolerar el hollín ni los sulfatos y por ello es poco probable que ataque a los edificios o monumentos en áreas urbanas e industriales en otras localidades pueden tener un efecto destructivo sobre las rocas calcáreas, areniscas e ígneas.

2.5.4.3. Hongos y Microorganismos.

Cuando los hongos están presentes en los materiales porosos de construcción, desfiguran estos sustratos y pueden causar daño a las películas de pintura en murales.

Su papel en la degradación de materiales porosos es menos claro, pero la identificación de hongos ha sido usada para indicar altas humedades en las paredes.

Las rocas silicas que presentan contaminación bacteriana, tienden a desintegrarse, muy lentamente al principio. No obstante este proceso se acelera después de cierto tiempo. Por esta razón, las rocas silicas afectadas por bacterias no son recomendables para uso exterior, ya que se espera que el deterioro progrese muy rápidamente una vez que ha comenzado.



2.5.4.4. Animales.

El daño causado por los insectos se limita generalmente a los materiales orgánicos, tales como la madera. Los pájaros ejercen alguna influencia, ya que sus excrementos contienen nitratos que contribuyen al deterioro de la piedra. Los excrementos también desfiguran la superficie de los edificios afectados.

2.5.5. CONSERVACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

2.5.5.1. Medidas correctivas contra la humedad.

En muchos países existen firmas comerciales que ejecutan varios métodos relacionados con la práctica normal de la construcción. Ocasionalmente estos métodos se han usado en la preservación de monumentos. Según párese la aplicación más frecuente y sistemática de remedios contra la humedad aumentaría la efectividad de restauración de monumentos.

2.5.5.2. Método de impermeabilización.

Los impermeabilizantes se usan para prevenir el movimiento del agua en dirección vertical. Pueden aplicarse en paredes y pisos para prevenir la elevación del agua y pueden también usarse contra el movimiento descendente, se han aplicado a monumentos. Los métodos para aplicar impermeabilizante pueden dividirse en dos clases. Aquellos que requieren del corte horizontal de la pared, con la subsecuente inserción de un material impermeable, y los métodos en que se inyectan líquidos dentro de la pared. Los materiales usados en el primer grupo incluyen metales, mezclas bituminosas, laminas de plástico, mezclas de resinas epoxicas con arena o polvo de mármol, mezclas semirigidizadas de mastique y asfalto, concreto, ladrillo denso y pizarras muchos de estos métodos están normalizados.

2.5.5.3. Reducción de la sección transversal de la pared.

Se puede tener una disminución del agua ascendente reduciendo la sección transversal de la pared, por que entonces se tiene menos capilares disponibles para el transporte vertical.

2.5.5.4. Métodos que usan repelentes de humedad vertical.

La cantidad de agua del suelo que llega a la pared por filtración puede reducirse suministrando un repelente de humedad alrededor de las partes bajas exteriores de la pared o bien haciendo una zanja. Los repelentes verticales de humedad, aplicados en la superficie interna de una pared húmeda, únicamente encubre los efectos de la humedad y las sales. Impide la evaporación y puede causar una elevación mayor de agua.



2.5.5.5. Drenado.

El drenado puede usarse para disminuir filtraciones laterales o para bajar el nivel de agua a una profundidad tal que el agua del suelo no puede alcanzar la pared por elevación capilar.

2.5.5.6. Electroósmosis.

Con frecuencia se usa la electroósmosis en el drenado y consolidación de suelos. Cuando se utiliza para el secado de pared y como una barrera contra la humedad, los electrodos se colocan en la pared y en el suelo. Se mantiene un voltaje entre ellos.

2.5.5.7. Remedios contra la condensación.

Las altas humedades relativas, que suelen causar condensaciones sobre las superficies frías en el interior de un edificio, pueden reducirse por ventilación especialmente cuando no se desea usar calefacción. La ventilación requerida puede calcularse con la siguiente fórmula. $nV = G / (C_i - C_e)$ donde G es la producción total de humedad (kg/horas) en un edificio cuyo volumen V es ventilado completamente n veces por hora, C_i y C_e Son las concentraciones de vapor de agua en el interior del edificio es claro que la ventilación es útil únicamente cuando $C_i > C_e$, por que de otra manera la humedad se introduciría desde el exterior.

2.5.5.8. Secado por medio de calentamiento.

La utilización de sistemas de calefacción que pueden ser bien controlados y los cuales calienten continuamente con una temperatura máxima de 16 °C.

2.5.6. REMEDIOS CONTRA OTRAS FUENTES DE HUMEDAD.

2.5.6.1. Filtración.

La filtración del agua desde la parte superior puede evitarse por el mantenimiento regular de techos, desagües, ventanas etc. La penetración del agua a través de las paredes puede prevenirse por el mantenimiento cuidadoso de las juntas de mortero. La remoción mecánica de mortero de las juntas, antes de resanarlas, produce con frecuencia daños al ladrillo o a la piedra. Esto puede llevar a un aumento de la penetración del agua a través de la piedra. En la preservación de monumentos, el resanado de juntas en la mampostería es frecuentemente ejecutado con morteros de cal.



2.5.6.2. Limpieza.

La remoción de suciedad es un proceso químico de superficie. En el contacto entre un cuerpo sucio y el líquido de limpieza, la tensión superficial de este último determina si la limpieza es o no posible.

2.5.6.2.1. Agua pura.

Se emplea agua para la limpieza de edificios con aplicaciones que comprenden la aspersión con unas boquillas finas movidas hacia arriba y hacia abajo en contra de la pared (de 1 a 3 días); chorros de agua con una presión desde 4Kg/cm^2 a 14Kg/cm^2 (de 4 horas a 3 días).

2.5.6.2.2. Detergentes. (Agentes de superficie activa)

Estas sustancias son hidrocarburos de cadena larga con grupos polares, y son solubles tanto en aceites como en agua. Así es que se absorben en la interfase de agua-aceite, proyectándose la cadena de hidrocarburos en la fase aceite mientras que el grupo polar se une a la fase de agua. Los agentes de superficie activa que tienen una cadena muy larga de hidrocarburos son buenos emulsificantes para aceites y grasas.

2.5.6.2.3. Sopleteado con arena.

Los chorros de mezcla arena y agua son muy eficientes para remover escamas y suciedad de la caliza. La presión de los chorros de agua-arena varía generalmente de 1 a 3 Kg/cm^2 ; y a una distancia de 30cm. de la pared, después de 15 seg. Remueve una capa superficial de 0.2 mm a 0.6mm de espesor.

2.5.6.2.4. Limpieza a vapor.

La limpieza a vapor, únicamente con agua pura, es otra forma para la remoción de la suciedad de la piedra. El vapor se genera en una caldera pequeña, y mediante una manguera y una boquilla con un diámetro de 1 a 1.6 cm se dirige a la superficie de la piedra. La presión de vapor es de 68kg (para piedra antigua) y alrededor de 56 Kg. (para piedra nueva).

2.5.6.2.5. Limpieza química.

Las inconveniencias de la limpieza con agua pueden reducirse por el empleo de reactivos solubles en agua, los cuales pueden descomponer las capas de suciedad. Para disminuir aun más la penetración del agua dentro del material limpiado, los reactivos se mezclan con agua y un polvo absorbente, para formar una pasta que después de la



aplicación absorba la suciedad. Los polvos absorbentes deben tener una gran superficie específica y una fina estructura porosa.

2.5.6.2.6. Limpiadores alcalinos.

Los limpiadores alcalinos más comunes contienen sosa cáustica y no sirve para la limpieza de materiales inorgánicos de construcción, porque después de la limpieza pueden producir eflorescencias y degradaciones superficiales.

2.5.6.2.7. Limpiadores ácidos.

El uso de los ácidos en limpieza de piedra no debe recomendarse por que los limpiadores ácidos disuelven la caliza y penetran profundamente dentro de las areniscas, donde son retenidos por muchos años. La limpieza con ácido fluorhídrico se efectúa ocasionalmente. No obstante las limpiezas con este ácido causa decoloración en las piedras, ya que este ácido reacciona con los compuestos de hierro que son generalmente de color café.

2.5.6.2.8. Limpiadores orgánicos.

Para remover aceites y grasa de una superficie sucia, la tensión superficial del agente desplazante líquido debe ser mas baja que la tensión superficial del “aceite” que va hacer desplazado. El agente desplazante debe ser, además, suficientemente soluble en aceite o grasa.

2.5.6.2.9. Limpieza de varios materiales de construcción de estatuas y murales.

Las eflorescencias sobre edificios y estatuas se eliminan mejor cuando están secas. Se debe de evitar el empleo de cepillos metálicos debido al riesgo de decoloración a causa de las partículas residuales de metal. No se recomienda el humedecimiento de la superficie para facilitar la limpieza ya que la presencia de agua genera otra vez los procesos químicos y físicos responsables de la eflorescencia.

Los monumentos y las estatuas de mármol se limpian con mayor seguridad empleando agua dura en ves de agua destilada, ya que esta última puede disolver el mármol debido a la absorción de dióxido de carbono del aire. Pero si se debe emplear agua destilada para la limpieza, es indispensable agregar una pequeña cantidad de vidrio soluble o de jabón.

2.5.7. CONSOLIDACIÓN Y PROTECCIÓN.

Los materiales de construcción en desintegración se han tratado con preservativos orgánicos e inorgánicos, pero sin mucho éxito. Las dificultades de penetración insuficiente de los fluidos consolidantes dentro de los materiales porosos. En la mayoría de los casos estos fluidos son soluciones verdaderas o coloidales.



Una vez que han entrado a un material de construcción, deben reaccionar con un agente introducido mas tarde o perder el solvente por evaporación para poder producir un deposito de material que se mente a las partículas sueltas.

La intemperización de la piedra se restringe frecuentemente por tratamientos con consolidantes orgánicos. Aun que la profundidad de penetración de tales reactivos en la piedra es bastante limitada y la preservación es dudosa, un número de ceras y resinas se emplean constantemente en la práctica de protección de piedra degradada.

2.5.7.1. Silicatos de sodio y potasio.

Estos reactivos se obtienen comercialmente como líquidos y se consideran como sales de acido silico estabilizados con hidróxidos alcalinos.

2.5.7.2. Acido fluorhídrico (hf).

Las calizas que se están deteriorando pueden consolidarse con acido fluorhídrico. La reacción entre este acido y el carbonato de calcio producen fluoruro de calcio insoluble y dióxido de carbono.

2.5.7.3. Éteres de silicio.

El mas común de los éteres de silicio utilizado en la preservación de materiales de construcción es el silicato de etilo $(C_2H_5)_4SiO_4$ el cual tiene alguna importancia como sustancia impregnadora y consolidante. En contacto con el agua se descompone formado alcohol y gel de acido silico.

2.5.7.1. Silicones.

Dos clases de silicón se usan en mampostería. Lo más común es una resina de silicón con grupos reactivos hidroxilo y alcoxil, la cual se aplica en las piedras de construcción, en soluciones con solventes orgánicos, por medio de brocha o aspersión. La resina fragua por hidrólisis atmosférica de los grupos reactivos y por condensación de algunos de los productos intermedios de reacción. La resina “curada” reacciona ya sea con los grupos hidroxilos, o con el agua absorbida por la superficie del mineral, y produce una unión primaria de valencia entre la resina y el material. La resina de silicón posee buena resistencia al calor, a la oxidación y al intemperismo. Ellas se forman por polimerización en bloque de un número de fluidos siliconados disponibles⁵.



3.- LOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS DE ESTUDIO.

3.1. BANCOS DE LAS DIFERENTES IGNIMBRITAS.

3.1.1. Banco de la ignimbrita gris.

Se encuentra localizado en la comunidad de San Francisco en Huimilpan, Querétaro a un costado de la carretera Huimilpan A Amealco Km. 37 o en la comunidad de la Purísima en Huimilpan Querétaro.



Fig. 8 Imagen de Satélite del banco de Cantera gris.



Fig. 9 Banco de ignimbrita gris (Cantera) J.F. Gómez-Lara et. al 2006

3.1.2. Banco negra.

Se encuentra localizado en la comunidad de la Ceja de Pedro Escobedo Querétaro a un costado de la carretera Huimilpan Querétaro.



Fig. 10 Imagen de Satélite del banco de Cantera gris.



Fig. 11 Banco de ignimbrita negra (Cantera) J.F. Gómez-Lara et. al 2006

3.1.3. Banco rosa 1 Querétaro y rosa 2 Querétaro.

Se encuentra localizado en la comunidad de San Francisco en Huimilpan y en la comunidad de la ceja Huimilpan Querétaro a un costado de la carretera Huimilpan A Amealco en el km 37.



Fig. 12 Imagen de Satélite del banco de Cantera Rosa1 y Rosa2.



3.1.4.-Banco Café II Aculco.

Se encuentra localizado en el Municipio de Aculco Estado de México en los linderos con el Estado Querétaro a un costado de la carretera Amealco a Aculco.

3.1.5.-Banco Café y Naranja.

Se encuentra localizado en la comunidad de la Joya Huimilpan Querétaro a un costado de la carretera Huimilpan A Amealco y en la comunidad de Galindo San Juan del Río Querétaro.



Fig. 13 Banco de ignimbrita Café y Naranja Galindo (Cantera) J.F. Gómez-Lara et. al 2006



Fig. 14 Banco de ignimbrita Café y Naranja Galindo (Cantera) J.F. Gómez-Lara et. al 2006

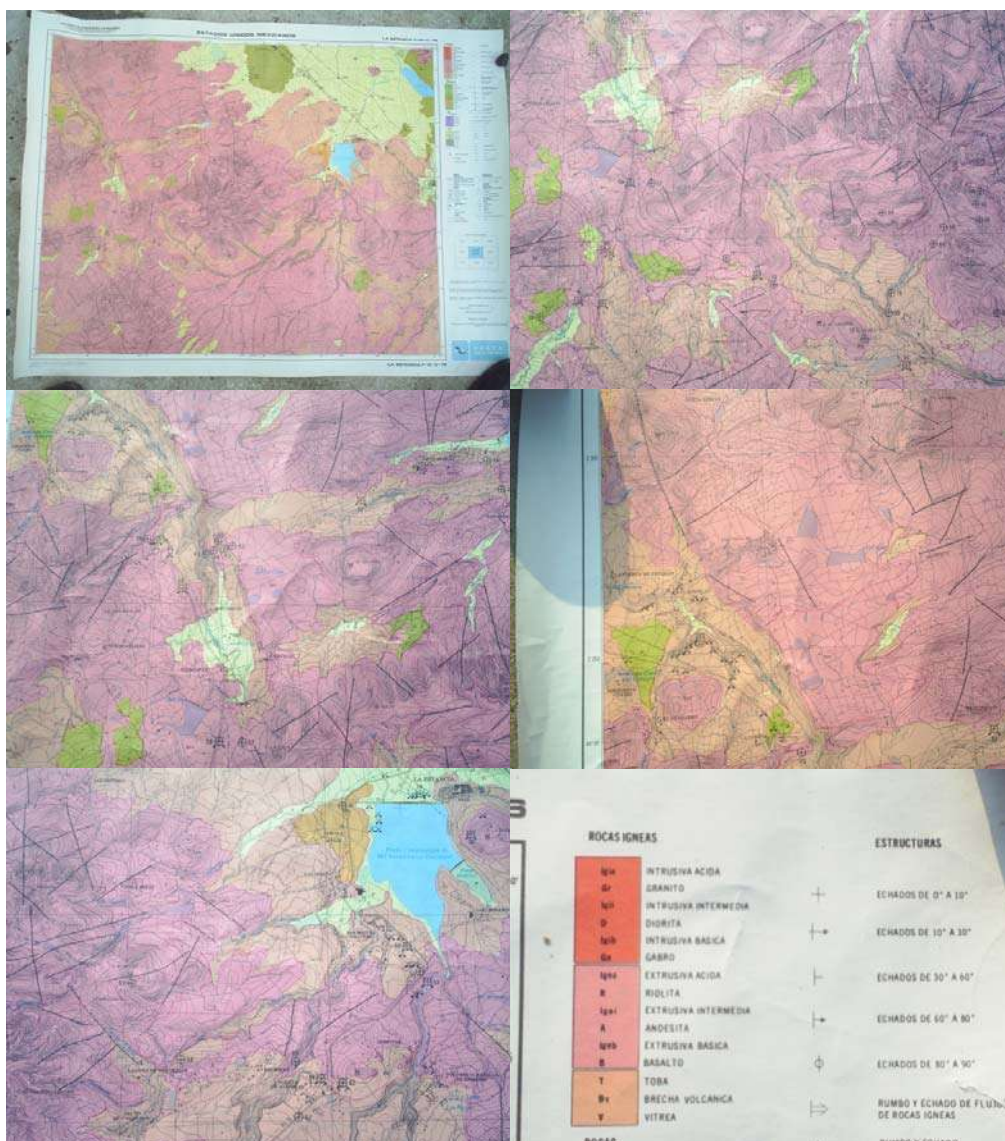


Fig. 15 Carta Geológica en donde se muestran la formación de la ignimbrita.



4.- CUBICACIÓN POR TONOS DE CANTERA (ESTRATIGRAFÍA).

4.1.- Cubicación por tonos de ignimbrita.

Color	Volumen en m³
Gris	25920
Rosa1 Querétaro	1500
Rosa 2 Querétaro	750
Negra	23560
Café Galindo	3300
Café II Aculco.	32540
Naranja Galindo	21440



5.- PROPIEDADES FÍSICAS POR TONOS DE IGNIMBRITA (30 ESPECIMENES POR TONO).

Se determinaron las siguientes pruebas para cada color:

5.1. HUMEDAD ACTUAL.

Objetivo.

Determinar el contenido de humedad que presenta una roca en estado natural.

Equipo:

- a).-30 muestras representativas de roca de forma cúbica de 5cm de lado, con humedad ambiente.
- b).-Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- c).- Un orno para el secado.

Procedimiento:

- a).-Se muestran las muestras y se pesan cada una de ellas.
- b).-Se pone a secar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- c).-Se secan las muestras dejándolo las enfriar hasta la temperatura ambiente y se determina el peso seco.

Calculo:

$$\% \text{ humedad actual} = ((P_i - P_f) / P_f) * 100$$

Donde:

P_i = Peso inicial de la muestra.

P_s =Peso final de la muestra

Se determina un promedio de las 30 muestras representativas de las rocas⁶.



Fig. 16 Prueba de Humedad Actual J.F. Gómez-Lara et. al 2006

5.2. HUMEDAD DE ABSORCIÓN.

Objetivo.

Determinar el por ciento de agua que puede absorber una muestra representativa de las rocas.

Equipo:

- a).-30 muestras representativas de roca de forma cúbica de 5cm de lado, con humedad ambiente.
- b).-Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- c).- Un orno para el secado.
- D).Un recipiente con agua.



Procedimiento:

- a).-Se enumeran las muestras y se pesan cada una de ellas.
- b).-Se pone a secar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- c).-Se secan las muestras dejándolo las enfriar hasta la temperatura ambiente y se determina el peso seco.
- d).-Se meten a saturar a un recipiente con agua durante 24 horas como mínimo.
- e).-Se sacan del agua y se secan superficialmente con una franela y se pesan.

Calculo:

$$\% \text{ humedad actual} = ((\text{Ph}-\text{Ps})/\text{Ps}) * 100$$

Donde:

Ph = Peso húmedo de la muestra.

Ps =Peso seco de la muestra.

Se calcula el promedio para aproximarse a la humedad real de la humedad⁶.



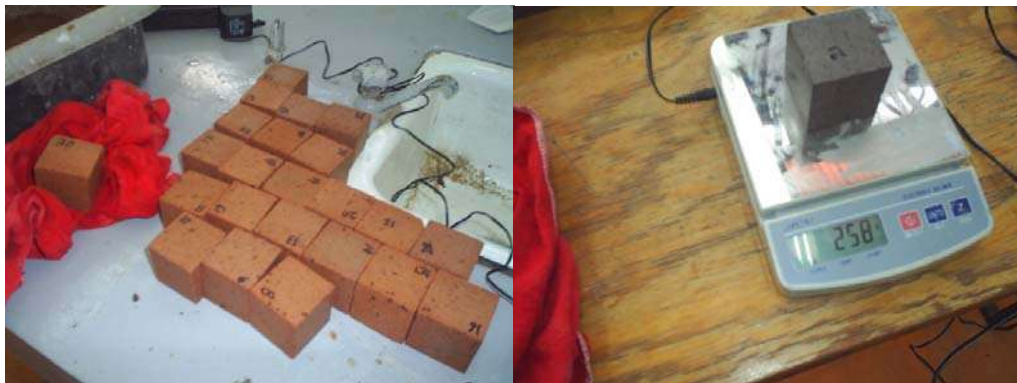


Fig. 17 Prueba de Humedad Absorción J.F. Gómez-Lara et. al 2006

5.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA.

Objetivo.

Obtener la densidad de la muestra representativa de la roca.

Equipo:

- a).-30 muestras representativas de roca de forma cúbica de 5cm de lado, con humedad ambiente.
- b).-Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- c).- Un orno para el secado.
- d).-Un recipiente con agua.
- e).-Un recipiente con agua.

Procedimiento:

- a).-Se muestran las muestras y se pesan cada una de ellas.
- b).-Se pone a secar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- c).-Se secan las muestras dejándolo las enfriar hasta la temperatura ambiente y se determina el peso seco(A).
- d).-Se ponen a saturar en agua durante 24 horas y después se pesan para obtener el peso superficial seco (B).
- e).-Se coloca en la canastilla adaptada en la báscula y se sumergen en agua, obteniéndose el peso sumergido en el agua(c).

Calculo:

Su densidad se obtiene haciendo un promedio de las 30 muestras representativas⁶.

$$G.E = (A) / (B-C).$$



Fig. 18 Prueba de Gravedad Específica J.F. Gómez-Lara et. al 2006.



5.4. DENSIDAD EN PICNÓMETRO.

Objetivo.

Determinar la densidad de una muestra representativa de las rocas.

Equipo:

- a).-30 muestras representativas de roca de forma cúbica de 5cm de lado, con humedad ambiente.
- b).-Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- c).- Un orno para el secado.
- d).Un recipiente con agua.
- e).-Un picnómetro y una Probeta graduada.

Procedimiento:

- a).-Se enumeran las muestras y se pesan cada una de ellas.
- b).-Se pone a secar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- c).- Se saturan las muestras 24 horas y se secan superficial mente.
- d).- Se sumergen en el picnómetro y mide el volumen desalojado en la probeta.

Calculo:

$$D = \text{Ps} / \text{Vpi}$$

Donde:

D = Densidad.

PS = Peso seco.

Vpi = Volumen desalojado⁶.



Fig. 19 Prueba de Densidad Con Picnómetro J.F. Gómez-Lara et. al 2006

5.5. DENSIDAD CON MEDIDAS DE VERNIER.

Objetivo.

Determinar la densidad de una muestra representativa de las rocas.



Equipo:

- a).-30 muestras representativas de roca de forma cúbica de 5cm de lado, con humedad ambiente.
- b).-Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- c).- Un orno para el secado.
- d).Un recipiente con agua.
- e).-Un vernier.

Procedimiento:

- a).-Se enumeran las muestras y se pesan cada una de ellas.
- b).-Se pone a secar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- c).- Se toma la medida del lado A, B y C. y se determina el volumen.

Calculo:

$$D = Ps/V$$

Donde:

D = Densidad.

PS = Peso seco.

Vpi = Volumen determinado⁶.



Fig. 20 Prueba de Densidad Con Medidas de Vernier J.F. Gómez-Lara et. al 2006



6.- PROPIEDADES MECÁNICAS POR TONOS DE IGNIMBRITA (30 ESPECIMENES POR TONO).

6.1. COMPRESIÓN SIMPLE PARALELA AL PLANO DE FALLA (Kg/cm²)

Objetivo.

Determinar cual es la máxima carga que puede soportar una roca paralela a su plano de falla.

Equipo:

- a).-15 muestras representativas de roca de forma cúbica de 5cm de lado, con humedad ambiente.
- b).-Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- c).- Un orno para el secado.
- d). Maquina universal de pruebas.

Procedimiento:

- a).-Se enumeran las muestras y se pesan cada una de ellas.
- b).-Se pone a secar en el horno a una temperatura de 110°C+-10°C durante 24 horas.
- c).- Se toman las medidas reales de la muestra para conocer el área efectiva.
- d).- Se coloca en la maquina universal de pruebas, cabeceándolas con arena blanca que pase la malla N° 16 para el cabeceo se coloca arena tanto arriba como abajo.
- e).-Se ajusta y se nivela la maquina universal.
- f).-Se le aplica carga en forma lenta y constante hasta la falla de la muestra.

Calculo:

Se determina el esfuerzo máximo de ruptura a la compresión que puede soportar una roca

$$\sigma_c = P/A$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo máximo de ruptura a la compresión de una roca a la compresión simple (Kg/cm²)

P = Carga máxima aplicada a la muestra (kg).

A= Área de contacto de la muestra (cm²)⁶.



Fig. 21 Prueba de Compresión Simple Paralela J.F. Gómez-Lara et. al 2006



6.2. COMPRESIÓN SIMPLE PERPENDICULAR AL PLANO DE FALLA (Kg/ cm²).

Objetivo.

Determinar cual es la máxima carga que puede soportar una roca perpendicular al plano de falla.

Equipo:

- a).-15 muestras representativas de roca de forma cúbica de 5cm de lado, con humedad ambiente.
- b).-Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- c).- Un orno para el secado.
- d). Maquina universal de pruebas.

Procedimiento:

- a).-Se enumeran las muestras y se pesan cada una de ellas.
- b).-Se pone a secar en el horno a una temperatura de 110°C+10°C durante 24 horas.
- c).- Se toman las medidas reales de la muestra para conocer el área efectiva.
- d).- Se coloca en la maquina universal de pruebas, cabeceándolas con arena blanca que pase la malla N° 16 para el cabeceo se coloca arena tanto arriba como abajo.
- e).-Se ajusta y se nivela la maquina universal.
- f).-Se le aplica carga en forma lenta y constante hasta la falla de la muestra.

Calculo:

Se determina el esfuerzo máximo de ruptura a la compresión que puede soportar una roca

$$\sigma_c = P/A$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo máximo de ruptura a la compresión de una roca a la compresión simple (Kg/cm²)

P = Carga máxima aplicada a la muestra (kg).

A= Área de contacto de la muestra (cm²)⁶.



Fig. 22 Prueba de Compresión Simple Perpendicular J.F. Gómez-Lara et. al 2006



6.3. PRUEBA DE FLEXIÓN PARALELA EN SECO A.S.T.M. C 880*.

Alcance.

Este método de prueba cubre el procedimiento para determinar el esfuerzo a flexión de una roca por el uso de una viga simple usando carga en 4 puntos⁷.

* Nota: Para detalles consultar la norma.



Fig. 23 Prueba de Flexión Paralela en Seco J.F. Gómez-Lara et. al 2006

6.4. PRUEBA DE FLEXIÓN PERPENDICULAR SECO A.S.T.M. C 880*.

Alcance.

Este método de prueba cubre el procedimiento para determinar el esfuerzo a flexión de una roca por el uso de una viga simple usando carga en 4 puntos⁷.

* Nota: Para detalles consultar la norma.



Fig. 24 Prueba de Flexión Perpendicular en Seco J.F. Gómez-Lara et. al 2006

6.5. PRUEBA DE FLEXIÓN PARALELA EN SATURADO A.S.T.M. C 880*.

Alcance.

Este método de prueba cubre el procedimiento para determinar el esfuerzo a flexión de una roca por el uso de una viga simple usando carga en 4 puntos⁷.

* Nota: Para detalles consultar la norma.



Fig. 25 Prueba de Flexión Paralela Saturada J.F. Gómez-Lara et. al 2006

6.6. PRUEBA DE FLEXIÓN PERPENDICULAR SATURADO A.S.T.M. C 880*.

Alcance.

Este método de prueba cubre el procedimiento para determinar el esfuerzo a flexión de una roca por el uso de una viga simple usando carga en 4 puntos⁷.

- Nota: Para detalles consultar la norma.



Fig. 26 Prueba de Flexión Perpendicular Saturado J.F. Gómez-Lara et. al 2006

6.7. PRUEBA DE MODULO DE RUPTURA PARALELA EN SECO A.S.T.M. C 99*.

Alcance:

Este método de prueba cubre la determinación del modulo de ruptura de todos los tipos y tamaños de roca excepto las pizarras⁸.

- Nota: Para detalles consultar la norma.

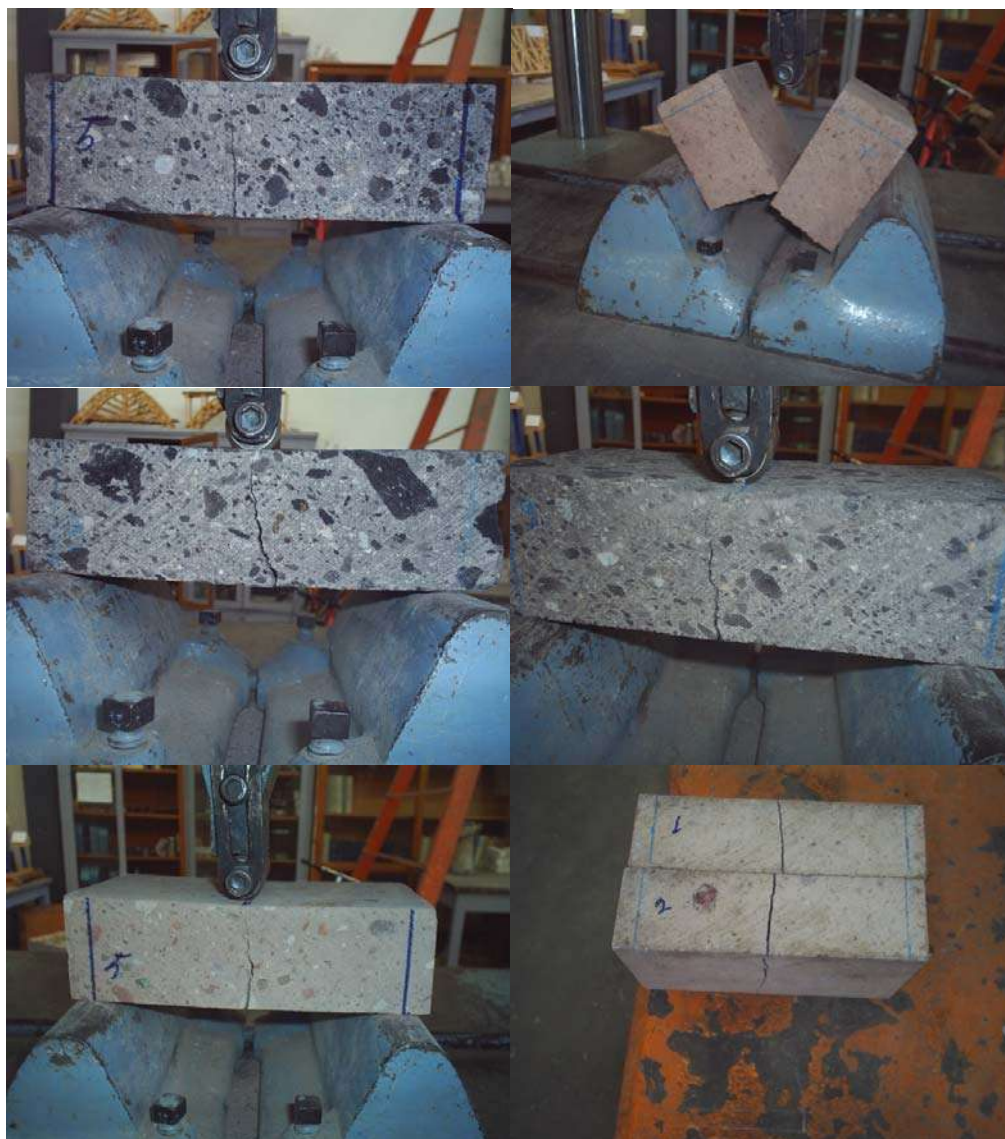


Fig. 27 Prueba de Modulo de Ruptura Paralela en Seco J.F. Gómez-Lara et. al 2006



6.8. PRUEBA DE MODULO DE RUPTURA PERPENDICULAR EN SECO A.S.T.M. C 99*.

Alcance:

Este método de prueba cubre la determinación del modulo de ruptura de todos los tipos y tamaños de roca excepto las pizarras⁸.

- Nota: Para detalles consultar la norma.



Fig. 28 Prueba de Modulo de Ruptura perpendicular en Seco J.F. Gómez-Lara et. al 2006



6.9. PRUEBA DE MODULO DE RUPTURA PARALELA SATURADO A.S.T.M. C 99*.

Alcance:

Este método de prueba cubre la determinación del modulo de ruptura de todos los tipos y tamaños de roca excepto las pizarras⁸.

- Nota: Para detalles consultar la norma.



Fig. 29 Prueba de Modulo de Ruptura paralela en Saturado J.F. Gómez-Lara et. al 2006



6.10. PRUEBA DE MODULO DE RUPTURA PERPENDICULAR EN SATURADO A.S.T.M. C 99.

Alcance:

Este método de prueba cubre la determinación del modulo de ruptura de todos los tipos y tamaños de roca excepto las pizarras⁸.

* Nota: Para detalles consultar la norma.



Fig. 30 Prueba de Modulo de Ruptura Perpendicular en Saturado J.F. Gómez-Lara et. al 2006.



7.- MICRO RECUBRIMIENTOS INORGÁNICOS.

7.1.- DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DEL RECUBRIMIENTO.

Para obtener el diseño de la solución que se muestra a continuación se realizó un diagrama ternario entre los tres componentes que se mencionan en la parte inferior. La solución aquí mostrada fue la escogida debido a sus propiedades de viscosidad, capacidad de penetración en el sustrato mineral, reactividad y policondensación, fractura y costo.

7.2.- BAJA VISCOSIDAD.

Composición del recubrimiento.

100% de SP

5% de KOH.

1% de Puzolana1



Diseño de la solución.



Fig. 31 Diseño de La solución J.F. Gómez-Lara et. al 2006.



Aplicación de las diferentes soluciones a las ignimbrita





Fig. 32 Aplicación de la solución J.F. Gómez-Lara et. al 2006.

Aplicación de la solución de las ignimbritas.



Fig.33 Aplicación del Recubrimiento J.F. Gómez-Lara et. al 2006.



8.-CARACTERIZACION MICROESTRUCTURAL POR MEDIO DE MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.

8.1 Definiciones generales.

Movimiento ondulatorio:

La energía se propaga en el espacio y en la materia por medio de ondas desde su origen hasta que se desvanecen.

Refracción:

Es la desviación que sufre la onda al pasar de un medio a otro debido a que cambia de velocidad.

Lente:

Es un sistema óptico formado por dos interfaces retractoras donde al menos una de ellas está curvada:

Aberraciones:

Fuera de la aproximación paraxial, la ley de Snell; se divide en Aberraciones Cromáticas y Monocromáticas estas últimas deterioran la imagen y deforman la imagen.

Microscopio Óptico:

Es el cuestionamiento para poder distinguir detalles cuyas observaciones son menores que el límite de resolución del ojo humano.

El microscopio óptico fue inventado en 1590 por el Holandés Zacarías Jassen, Galileo Galilei anunció su microscopio óptico en 1610.

Interferencia:

Se obtiene cuando dos o más ondas pasan simultáneamente por el mismo medio.

Difracción:

Es la desviación de la luz o la onda de su propagación rectilínea y ocurre cuando una parte del frente de onda es obstruido.



8.2 Microscopio Electrónico de Barrido (MEB):

Es un instrumento que con un haz de electrones finamente enfocado que barre la superficie de una muestra, pudiéndose mover el haz en dos direcciones (X y Y). el instrumento detecta las señales generadas a partir de puntos de iluminación y despliega la diferencia entre las cantidades de señales sobre un tubo de rayos catódicos mediante la modulación de la brillantez.

Un microscopio electrónico esta constituido esencialmente por los siguientes elementos:

1. Una unidad óptico-electrónica que genera el haz que incide y se desplaza sobre la muestra.
2. Un portamuestras con distintos grados de movimiento.
3. una unidad de detención de las señales que se originan en la muestra, seguida de un sistema de ampliación.
4. Un sistema de visualización de imágenes (Tubo de Rayos catódicos TRC).

Diferencia entre el microscopio óptico y el microscopio electrónico:

- La columna del microscopio electrónico esta a un vacío de 10^{-7} torrs(1torr= 1mm de Hg).
- La amplificación en el microscopio óptico se debe a la lente objetivamente; en el microscopio electrónico se reparte equitativamente entre las lentes objetiva, intermedia y la lente protectora.
- En el microscopio óptico las lentes tienen su distancia focal fija; en el microscopio electrónico es variable con la corriente de las lentes.
- Las aberraciones de las lentes del microscopio óptico se corrigen a costa de la resolución. en el microscopio electrónico solo la aberración esférica limita la resolución⁹.



9.- ANALISIS DE LA DURABILIDAD DE LAS IGNIMBRITAS

9.1.- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD DE LA ROCA POR MEDIO DEL CONTROL DE LA EROSIÓN DE LAS CONDICIONES DE MOJADO SECADO. ASTM D5313.

1.- Alcance.

Este método de prueba cubre el procedimiento para la evaluación de la durabilidad de una roca bajo erosión controlada cuando es expuesta a condiciones de mojado y secado.

Los valores se deben de reportar en unidades del sistema internacional.

2.- Documentos referenciados:

2.1.- estándares ASTM:

D 4992 Práctica para la evaluación de rocas para hacer uso por erosión controlada.

D5121 Prácticas para la preparación de losas de roca para la prueba de durabilidad.

3.- Significado de uso de este método de prueba esta designado para determinar los efectos sobre las piezas individuales para la erosión controlada de la acción de mojado y secado y la resistencia de la roca al deterioro. Este método de prueba fue desarrollado para ser utilizado en conjunto con los métodos de prueba adicionales distados en la practica D 4992.

Este método de prueba no pone un valor absoluto sin embargo es un indicador de la resistencia al mojado y secado, por lo tanto los resultados de este método de prueba no deberán ser usados como una sola base para la determinación de la durabilidad en rocas.

Aparatos.

1. Cierre circular.
2. Contenedores, que mantengan a los especímenes completamente sumergidos en agua potable. Estos contenedores no deberán ser reactivos irrompibles.
3. Horno capaz de secar al espécimen a una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
4. Aparato de secado horno fijado a $65 \pm 5^\circ\text{C}$.
5. Microscopio u otro equipo que aumente por lo menos una magnificación de 20x, requerido para hacer una Examinación visual antes y después de la prueba.
6. Balanza capaz de determinar la masa del espécimen al 0.1% del total de la masa.
7. Cámara capaz de producir una buena calidad fotografía de color antes y después.

Procedimiento.

1. Examinar cada loza de una manera microscópica y bajo una magnificación mínima de 20 aumentos, note la presencia de planos de falla micro fracturas y otros planos de debilidad y su condición. Describa cada loza como se indica en la practica D5121.



2. Etiquete cada espécimen con un marcador adecuado fotografíe cada espécimen de prueba usando película de color y en tal forma q el espécimen cubra la mayor parte de la fotografía. (Los especímenes mojados o parcialmente mojados generan más detalles que los secos). deberá de incluirse una escala en todas las fotografías.
3. Seque cada loza en un orno a masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C y regístrelos.
4. Coloque cada espécimen (la superficie cortada hacia abajo, en un contenedor sobre una capa delgada de 6mm con arena superior a la malla N° 8 la que se retenga en esta malla). Adicione suficiente agua potable al contenedor tal que el espécimen este completamente inmerso y permanezca por lo menos por un mínimo de 12 horas.
5. Saque los especímenes del contenedor y séquelos en un orno a temperatura de 60 a 70 °C. Seque el espécimen por un mínimo de 6 horas al final del día de trabajo vuelva a llenar el contenedor con agua potable y permita que el espécimen se sature toda la noche.
6. Repita el proceso de mojado y secado (siclos) por un total de 80 siclos.
7. Examine el espécimen a corto tiempo por cualquier cambio en las condiciones del espécimen y fotografíe como se requiere. (cada 6 siclos).

Examinación cuantitativa.

1. Para cada loza realice el siguiente calculo..

Por ciento de perdidas = $((A-B)/A) \times 100$.

Donde:

A = A la masa seca en el horno del espécimen anterior a la prueba en gramos (peso inicial).
B = A la masa seca del horno de cada losa después de la prueba (peso final) a los 40 y 80 siclos.

Examinación cualitativa.

1. Visual mente examine cada seis siclos para cualquier cambio que se presente a lo largo de la prueba y describa los cambios, identifique el tipo de deterioro



desintegración, fractura, picaduras y otro tipo de deterioros. Note y describa cualquier cambio notado en los planos de debilidad previamente identificados.

2. Tome fotografías a color de cada loza hasta completar la prueba, tome fotografías mas cercanas con (sum) para cualquier presentación inusual incluya una escala para todas las fotografías.

Reporte.

- Reporte en forma escrita la siguiente información.
- N° de identificación (1A, 1B, 2A, 2B, etc.) Perpendicular al plano de falla y paralelo al plano de falla.
- Localización del banco.
- Localización de la aplicación.
- Tipo de roca.
- Resultados de examinación cuantitativa calculados con la formula anterior reportados al 0.1 % mas cercano.
- Una descripción descrita de la examinación cualitativa y de lo encontrado en este examen.
- Fotografías a color antes y después ¹⁰.



Antes:



Fig. 34 Prueba De Mojado y Secado Antes J.F. Gómez-Lara et. al 2006



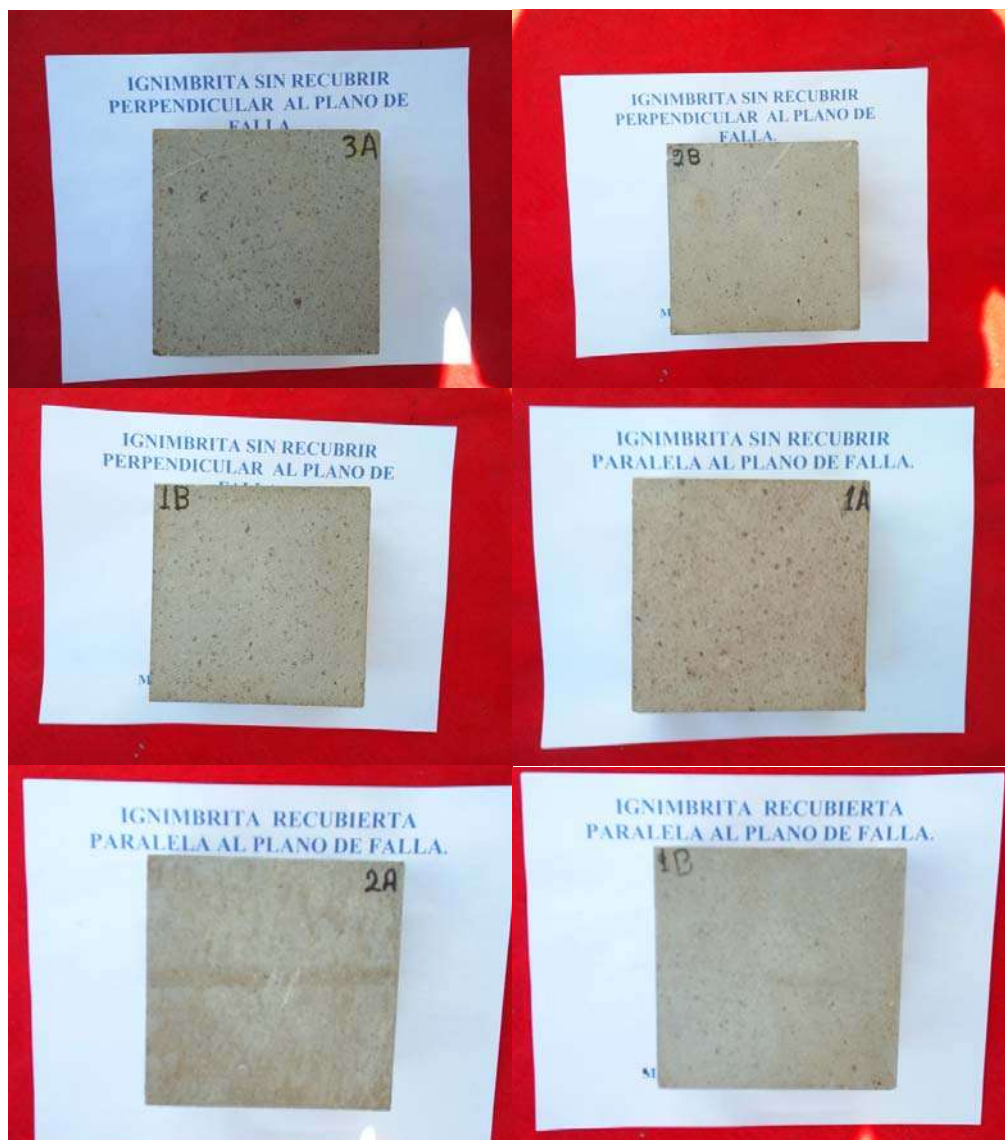
Desarrollo de la Prueba.



Fig. 35 Desarrollo de la Prueba De Mojado y Secado J.F. Gómez-Lara et. al 2006



Después:



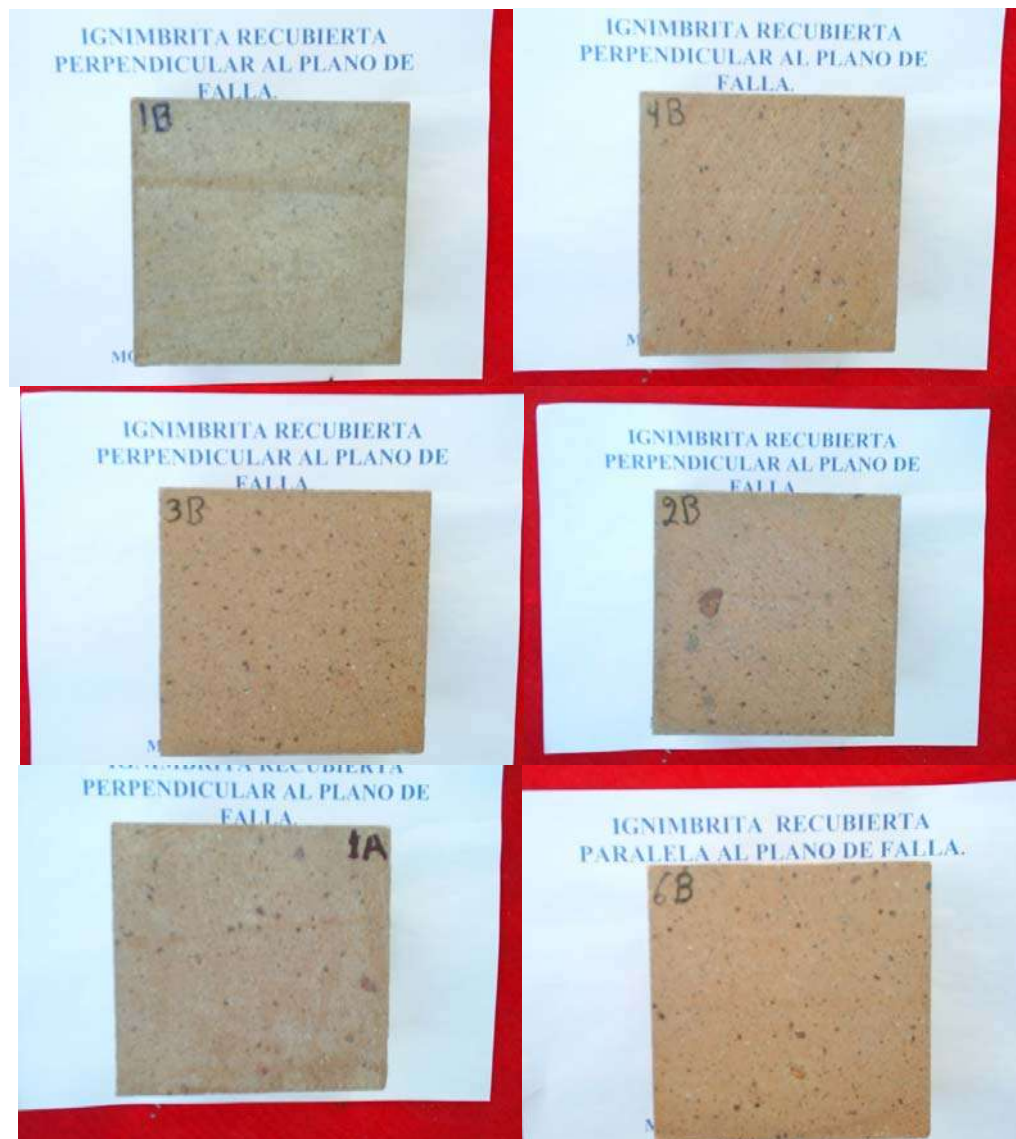


Fig. 36 Prueba De Mojado y Secado Después J.F. Gómez-Lara et. al 2006

9.2.- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD DE LA ROCA POR MEDIO DE EROSIÓN CONTROLADA BAJO CONDICIONES DE CONGELACIÓN Y DESHIELO. A.S.T.M. D 5312*.

Alcance:

Este método de prueba cubre el procedimiento para la evaluación de la durabilidad de la roca por medio de la erosión controlada cuando es expuesta a condiciones de congelación y deshielo¹¹.

*Nota: Para detalles consultar la norma A.S.T.M. D 5312.



Antes:



Fig. 37 Prueba De Congelación y Descongelación Antes J.F. Gómez-Lara et. al 2006



Desarrollo de la Prueba:



Fig. 38 Desarrollo de la Prueba de Congelación y Descongelacion J.F. Gómez-Lara et. al 2006



Después:



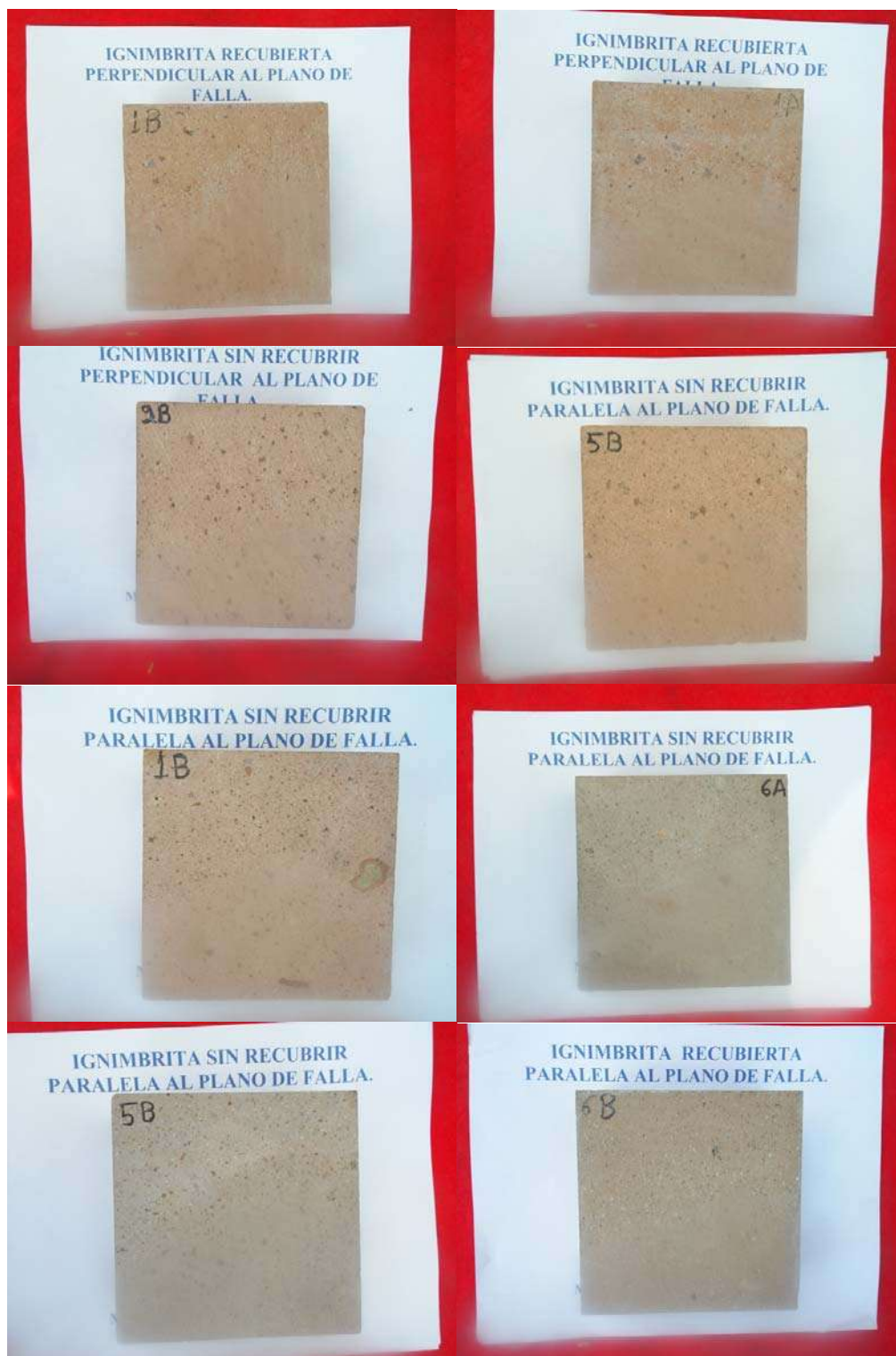


Fig. 39 Prueba de Congelación y Descongelación Después J.F. Gómez-Lara et. al 2006



9.3.- MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EVALUAR LA DURABILIDAD DE UNA LOSA DE ROCA POR MEDIO DE CICLOS DE ATAQUE UTILIZANDO SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO A.S.T.M. D 5240*.

Alcance:

Este método de prueba cubre los procedimientos de prueba para evaluar la durabilidad de las rocas por medio de los efectos ocasionados por una cristalización del sulfato de sodio y del sulfato de magnesio¹².

*Nota: Para detalles consultar la norma A.S.T.M. D 5240.

Antes:



Fig. 40 Prueba De Sulfato de Sodio Antes J.F. Gómez-Lara et. al 2006



Desarrollo de la Prueba:







Fig. 41 Desarrollo de la Prueba De Sulfato de Sodio J.F. Gómez-Lara et. al 2006



Después:





Fig. 42 Prueba De Sulfato de Sodio Después J.F. Gómez-Lara et. al 2006

9.4.-PRUEBA DE INTEMPERISMO NATURAL

Este método de prueba es una simulación del desgaste que tendrá la roca en condiciones ambientales naturales. Deterioro de la roca ocasionada por sales, gases atmosféricos, agua, humedad, hongos, fungí y otros factores biológicos.

Antes:





Fig. 43 Prueba De Intemperismo Natural Antes J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Después:





Fig. 44 Prueba De Intemperismo Natural Después J.F. Gómez-Lara et. al 200



Ignimbrita recubierta.



Fig. 45 Prueba De Intemperismo Natural Después Recubierta J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Ignimbrita sin recubrir.



Fig. 46 Prueba De Intemperismo Natural Después sin Recubrimiento J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Comparación de Ignimbritas Recubiertas y sin Recubrimiento.



Fig. 47 Prueba De Intemperismo Natural Después Comparando las con y sin recubrimiento J.F. Gómez-Lara et. al 200



10.- RESULTADOS Y DISCUSION DE LAS PROPIEDADES FISICAS

10.1.-RESULTADOS DE HUMEDAD ACTUAL

10.1.1.-Tono Gris

Nº	Peso Inicial	Peso Final	% Humedad Actual
	(Pi)	(Pf)	$((Pi-Pf)/Pf)*100$
1	235	233	0.858369099
2	236	233	1.287553648
3	231	230	0.434782609
4	217	215	0.930232558
5	239	237	0.843881857
6	229	227	0.881057269
7	234	233	0.429184549
8	240	239	0.418410042
9	239	238	0.420168067
10	228	228	0
11	232	231	0.432900433
12	236	235	0.425531915
13	230	230	0
14	229	227	0.881057269
15	232	231	0.432900433
16	238	236	0.847457627
17	233	232	0.431034483
18	234	233	0.429184549
19	240	238	0.840336134
20	227	226	0.442477876
21	232	231	0.432900433
22	241	239	0.836820084
23	238	236	0.847457627
24	235	234	0.427350427
25	233	233	0
26	231	229	0.873362445
27	239	237	0.843881857
28	240	238	0.840336134
29	237	235	0.85106383
30	230	228	0.877192982

Total

18.49688624

Promedio

0.616562875



10.1.2. Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	Peso Inicial (Pi)	Peso Final (Pf)	% Humedad Actual $((Pi-Pf)/Pf)*100$
1	215	211	1.895734597
2	213	207	2.898550725
3	212	206	2.912621359
4	215	210	2.380952381
5	212	208	1.923076923
6	212	208	1.923076923
7	216	211	2.369668246
8	215	211	1.895734597
9	215	211	1.895734597
10	212	209	1.435406699
11	215	210	2.380952381
12	210	206	1.941747573
13	217	213	1.877934272
14	214	211	1.421800948
15	214	210	1.904761905
16	218	214	1.869158879
17	215	211	1.895734597
18	210	205	2.43902439
19	211	206	2.427184466
20	213	209	1.913875598
21	215	211	1.895734597
22	208	205	1.463414634
23	215	212	1.41509434
24	216	212	1.886792453
25	212	209	1.435406699
26	207	203	1.97044335
27	209	206	1.45631068
28	212	208	1.923076923
29	214	210	1.904761905
30	212	208	1.923076923

Total

58.87684456

Promedio

1.962561485



10.1.3. Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	Peso Inicial (Pi)	Peso Final (Pf)	% Humedad Actual $((Pi-Pf)/Pf)*100$
1	214	212	0.943396226
2	218	215	1.395348837
3	224	222	0.900900901
4	218	216	0.925925926
5	218	215	1.395348837
6	216	214	0.934579439
7	216	213	1.408450704
8	222	219	1.369863014
9	219	218	0.458715596
10	219	218	0.458715596
11	206	203	1.477832512
12	220	217	1.382488479
13	223	221	0.904977376
14	216	213	1.408450704
15	216	214	0.934579439
16	221	218	1.376146789
17	214	211	1.421800948
18	216	214	0.934579439
19	221	219	0.913242009
20	222	219	1.369863014
21	223	221	0.904977376
22	224	220	1.818181818
23	223	219	1.826484018
24	222	219	1.369863014
25	212	208	1.923076923
26	209	206	1.45631068
27	220	218	0.917431193
28	218	216	0.925925926
29	218	215	1.395348837
30	217	215	0.930232558

Total

35.78303813

Promedio

1.192767938



10.1.4. Tono negra. Querétaro.

N°	Peso Inicial (Pi)	Peso Final (Pf)	% Humedad Actual $((Pi-Pf)/Pf)*100$
1	168	164	2.43902439
2	167	163	2.45398773
3	183	178	2.808988764
4	167	163	2.45398773
5	177	172	2.906976744
6	171	166	3.012048193
7	180	175	2.857142857
8	173	169	2.366863905
9	154	150	2.666666667
10	171	167	2.395209581
11	174	170	2.352941176
12	166	162	2.469135802
13	172	168	2.380952381
14	172	168	2.380952381
15	156	152	2.631578947
16	171	167	2.395209581
17	177	172	2.906976744
18	177	173	2.312138728
19	166	162	2.469135802
20	171	166	3.012048193
21	195	174	12.06896552
22	197	174	13.2183908
23	193	174	10.91954023
24	197	174	13.2183908
25	191	172	11.04651163
26	193	175	10.28571429
27	191	172	11.04651163
28	182	165	10.3030303
29	192	172	11.62790698
30	189	171	10.52631579

Total

165.9332443

Promedio

5.531108142



10.1.5. Tono café Galindo.

Nº	Peso Inicial (Pi)	Peso Final (Pf)	% Humedad Actual $((Pi-Pf)/Pf)*100$
1	220	218	0.917431193
2	228	226	0.884955752
3	223	221	0.904977376
4	216	215	0.465116279
5	227	225	0.888888889
6	230	228	0.877192982
7	220	219	0.456621005
8	224	222	0.900900901
9	225	223	0.896860987
10	222	220	0.909090909
11	223	220	1.363636364
12	226	224	0.892857143
13	215	213	0.938967136
14	224	222	0.900900901
15	227	225	0.888888889
16	222	220	0.909090909
17	225	224	0.446428571
18	221	219	0.913242009
19	228	226	0.884955752
20	215	213	0.938967136
21	218	216	0.925925926
22	231	228	1.315789474
23	229	227	0.881057269
24	225	223	0.896860987
25	219	218	0.458715596
26	209	207	0.966183575
27	222	221	0.452488688
28	225	223	0.896860987
29	218	216	0.925925926
30	219	217	0.921658986

Total

25.82143849

Promedio

0.860714616



10.1.6. Tono café II Aculco.

Nº	Peso Inicial	Peso Final	% Humedad Actual
	(Pi)	(Pf)	$((Pi-Pf)/Pf)*100$
1	227	223	1.793721973
2	232	228	1.754385965
3	233	229	1.746724891
4	232	229	1.310043668
5	237	233	1.716738197
6	231	227	1.762114537
7	237	233	1.716738197
8	234	230	1.739130435
9	240	237	1.265822785
10	234	230	1.739130435
11	230	226	1.769911504
12	234	230	1.739130435
13	229	224	2.232142857
14	234	230	1.739130435
15	231	226	2.212389381
16	228	223	2.242152466
17	231	227	1.762114537
18	235	232	1.293103448
19	236	232	1.724137931
20	238	234	1.709401709
21	233	228	2.192982456
22	232	224	3.571428571
23	234	230	1.739130435
24	234	230	1.739130435
25	234	226	3.539823009
26	237	233	1.716738197
27	237	227	4.405286344
28	230	224	2.678571429
29	230	224	2.678571429
30	237	232	2.155172414

Total

61.38500051

Promedio

2.046166684



10.1.7. Tono naranja Galindo.

Nº	Peso Inicial	Peso Final	% Humedad Actual
	(Pi)	(Pf)	$((Pi-Pf)/Pf)*100$
1	266	261	1.915708812
2	241	236	2.118644068
3	260	255	1.960784314
4	284	278	2.158273381
5	266	262	1.526717557
6	250	245	2.040816327
7	254	250	1.6
8	265	260	1.923076923
9	267	262	1.908396947
10	252	247	2.024291498
11	256	251	1.992031873
12	258	253	1.976284585
13	285	279	2.150537634
14	257	251	2.390438247
15	254	249	2.008032129
16	266	261	1.915708812
17	261	255	2.352941176
18	265	259	2.316602317
19	256	250	2.4
20	260	254	2.362204724
21	252	247	2.024291498
22	262	257	1.945525292
23	259	255	1.568627451
24	298	291	2.405498282
25	269	264	1.893939394
26	262	258	1.550387597
27	261	256	1.953125
28	252	249	1.204819277
29	241	239	0.836820084
30	260	257	1.167315175

Total

57.59184037

Promedio

1.919728012



10.1.8. Resumen

TONO	PROMEDIO
GRIS.	0.61656287
ROSA 1 QUERETQRO.	1.96256149
ROSA 2 QUERETQRO.	1.19276794
NEGRA QERETARO.	5.53110814
CAFÉ GALINDO	0.86071462
CAFÉ II ACULCO.	2.04616668
NARANJA GALINDO	1.91972801

10.1.9. Grafica de humedad actual en %

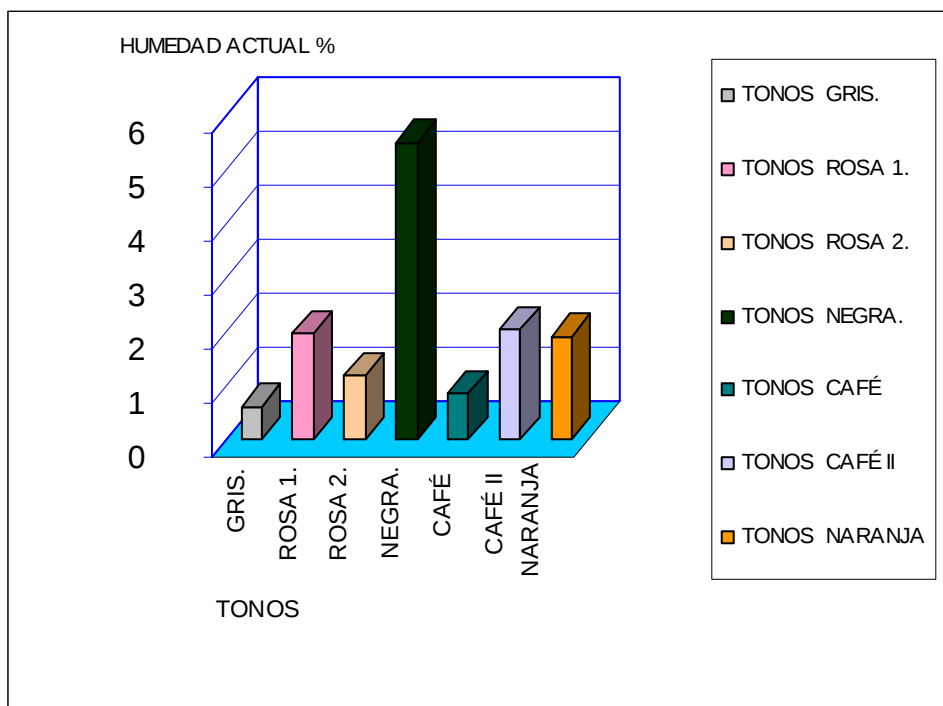


Fig. 48 Humedad Actual en % J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que más Humedad actual tiene es la Negra siguiéndole la Café II Aculco quizás por su acomodo de partículas que son muy porosas y la que menos humedad contiene es la Gris debido a que su acomodo de las partículas muy cerrada y más sólidas.



10.2. HUMEDAD DE ABSORCION.

10.2.1.-Tono Gris

Nº	Peso humedo de la Muestra (Ph)	Peso Seco de la Muestra (Ps)	% Humedad de Absorcion ((Ph-Ps)/Ps)*100
1	259	233	11.15879828
2	260	233	11.58798283
3	256	230	11.30434783
4	243	215	13.02325581
5	262	237	10.54852321
6	254	227	11.89427313
7	259	233	11.15879828
8	264	239	10.46025105
9	263	238	10.50420168
10	256	228	12.28070175
11	256	231	10.82251082
12	261	235	11.06382979
13	257	230	11.73913043
14	254	227	11.89427313
15	256	231	10.82251082
16	262	236	11.01694915
17	258	232	11.20689655
18	257	233	10.30042918
19	263	238	10.50420168
20	254	226	12.38938053
21	258	231	11.68831169
22	262	239	9.623430962
23	260	236	10.16949153
24	260	234	11.11111111
25	258	233	10.72961373
26	254	229	10.91703057
27	262	237	10.54852321
28	264	238	10.92436975
29	261	235	11.06382979
30	255	228	11.84210526

Total 334.2990635

Promedio 11.14330212



10.2.2. -Tono rosa 1. Querétaro.

N°	Peso humedo	Peso Seco	% Humedad de Absorcion
	de la Muestra (Ph)	de la Muestra (Ps)	$((Ph-Ps)/Ps)*100$
1	247	211	17.06161137
2	245	207	18.35748792
3	244	206	18.44660194
4	246	210	17.14285714
5	245	208	17.78846154
6	245	208	17.78846154
7	248	211	17.53554502
8	246	211	16.58767773
9	248	211	17.53554502
10	246	209	17.70334928
11	247	210	17.61904762
12	243	206	17.96116505
13	250	213	17.37089202
14	247	211	17.06161137
15	248	210	18.0952381
16	250	214	16.82242991
17	246	211	16.58767773
18	246	205	20
19	247	206	19.90291262
20	247	209	18.18181818
21	248	211	17.53554502
22	241	205	17.56097561
23	248	212	16.98113208
24	250	212	17.9245283
25	246	209	17.70334928
26	242	203	19.21182266
27	242	206	17.47572816
28	245	208	17.78846154
29	246	210	17.14285714
30	248	208	19.23076923

Total 534.1055601

Promedio 17.80351867



10.2.3.- Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	Peso humedo	Peso Seco	% Humedad de Absorcion
	de la Muestra (Ph)	de la Muestra (Ps)	$((Ph-Ps)/Ps)*100$
1	248	212	16.98113208
2	253	215	17.6744186
3	259	222	16.66666667
4	252	216	16.66666667
5	251	215	16.74418605
6	251	214	17.28971963
7	251	213	17.84037559
8	256	219	16.89497717
9	255	218	16.97247706
10	255	218	16.97247706
11	240	203	18.22660099
12	255	217	17.51152074
13	257	221	16.28959276
14	250	213	17.37089202
15	252	214	17.75700935
16	255	218	16.97247706
17	248	211	17.53554502
18	252	214	17.75700935
19	256	219	16.89497717
20	257	219	17.35159817
21	259	221	17.19457014
22	259	220	17.72727273
23	257	219	17.35159817
24	257	219	17.35159817
25	247	208	18.75
26	243	206	17.96116505
27	255	218	16.97247706
28	253	216	17.12962963
29	254	215	18.13953488
30	253	215	17.6744186

Total 520.6225836

Promedio 17.35408612



10.2.4.- Tono negra. Querétaro.

N°	Peso humedo	Peso Seco	% Humedad de Absorcion
	de la Muestra (Ph)	de la Muestra (Ps)	$((Ph-Ps)/Ps)*100$
1	202	164	23.17073171
2	202	163	23.92638037
3	221	178	24.15730337
4	200	163	22.6993865
5	216	172	25.58139535
6	206	166	24.09638554
7	218	175	24.57142857
8	208	169	23.07692308
9	191	150	27.33333333
10	204	167	22.15568862
11	209	170	22.94117647
12	200	162	23.45679012
13	207	168	23.21428571
14	209	168	24.4047619
15	188	152	23.68421053
16	207	167	23.95209581
17	212	172	23.25581395
18	212	173	22.5433526
19	201	162	24.07407407
20	208	166	25.30120482
21	213	174	22.4137931
22	215	174	23.56321839
23	212	174	21.83908046
24	215	174	23.56321839
25	211	172	22.6744186
26	215	175	22.85714286
27	212	172	23.25581395
28	204	165	23.63636364
29	209	172	21.51162791
30	211	171	23.39181287

Total 706.3032126

Promedio 23.54344042



10.2.5.- Tono café Galindo.

N°	Peso humedo	Peso Seco	% Humedad de Absorcion
	de la Muestra (Ph)	de la Muestra (Ps)	$((Ph-Ps)/Ps)*100$
1	248	218	13.76146789
2	255	226	12.83185841
3	249	221	12.66968326
4	243	215	13.02325581
5	252	225	12
6	256	228	12.28070175
7	248	219	13.24200913
8	250	222	12.61261261
9	250	223	12.10762332
10	249	220	13.18181818
11	247	220	12.27272727
12	251	224	12.05357143
13	241	213	13.14553991
14	251	222	13.06306306
15	254	225	12.88888889
16	248	220	12.72727273
17	252	224	12.5
18	247	219	12.78538813
19	254	226	12.38938053
20	240	213	12.67605634
21	246	216	13.88888889
22	256	228	12.28070175
23	255	227	12.33480176
24	251	223	12.55605381
25	246	218	12.8440367
26	235	207	13.52657005
27	250	221	13.12217195
28	250	223	12.10762332
29	246	216	13.88888889
30	247	217	13.82488479

Total 384.5875406

Promedio 12.81958469



10.2.6.- Tono café II Aculco.

Nº	Peso humedo	Peso Seco	% Humedad de Absorcion
	de la Muestra (Ph)	de la Muestra (Ps)	$((Ph-Ps)/Ps)*100$
1	246	223	10.31390135
2	252	228	10.52631579
3	253	229	10.48034934
4	252	229	10.04366812
5	257	233	10.30042918
6	252	227	11.01321586
7	258	233	10.72961373
8	254	230	10.43478261
9	261	237	10.12658228
10	255	230	10.86956522
11	252	226	11.50442478
12	254	230	10.43478261
13	250	224	11.60714286
14	254	230	10.43478261
15	251	226	11.0619469
16	248	223	11.21076233
17	251	227	10.57268722
18	255	232	9.913793103
19	256	232	10.34482759
20	258	234	10.25641026
21	253	228	10.96491228
22	250	224	11.60714286
23	254	230	10.43478261
24	255	230	10.86956522
25	253	226	11.94690265
26	257	233	10.30042918
27	252	227	11.01321586
28	250	224	11.60714286
29	251	224	12.05357143
30	257	232	10.77586207

Total 323.7535108

Promedio 10.79178369



10.2.7.- Tono naranja Galindo.

Nº	Peso humedo	Peso Seco	% Humedad de Absorcion
	de la Muestra (Ph)	de la Muestra (Ps)	$((Ph-Ps)/Ps)*100$
1	285	261	9.195402299
2	265	236	12.28813559
3	280	255	9.803921569
4	305	278	9.712230216
5	286	262	9.160305344
6	272	245	11.02040816
7	276	250	10.4
8	285	260	9.615384615
9	286	262	9.160305344
10	275	247	11.33603239
11	276	251	9.960159363
12	279	253	10.27667984
13	306	279	9.677419355
14	175	251	-30.27888446
15	273	249	9.638554217
16	286	261	9.578544061
17	281	255	10.19607843
18	284	259	9.652509653
19	273	250	9.2
20	279	254	9.842519685
21	274	247	10.93117409
22	282	257	9.727626459
23	280	255	9.803921569
24	318	291	9.278350515
25	289	264	9.46969697
26	281	258	8.914728682
27	279	256	8.984375
28	274	249	10.04016064
29	263	239	10.041841
30	282	257	9.727626459

Total 256.3552071

Promedio 8.545173569



10.2.8.- Resumen.

HUMEDAD DE ABSORCION %	
TONO	PROMEDIO
GRIS.	11.1433021
ROSA 1 QUERETQRO.	17.8035187
ROSA 2 QUERETQRO.	17.3540861
NEGRA QERETARO.	23.5434404
CAFÉ GALINDO	12.8195847
CAFÉ II ACULCO.	10.7917837
NARANJA GALINDO	8.54517357

10.2.9.- GRAFICA DE HUMEDAD DE ABSORCION EN %.

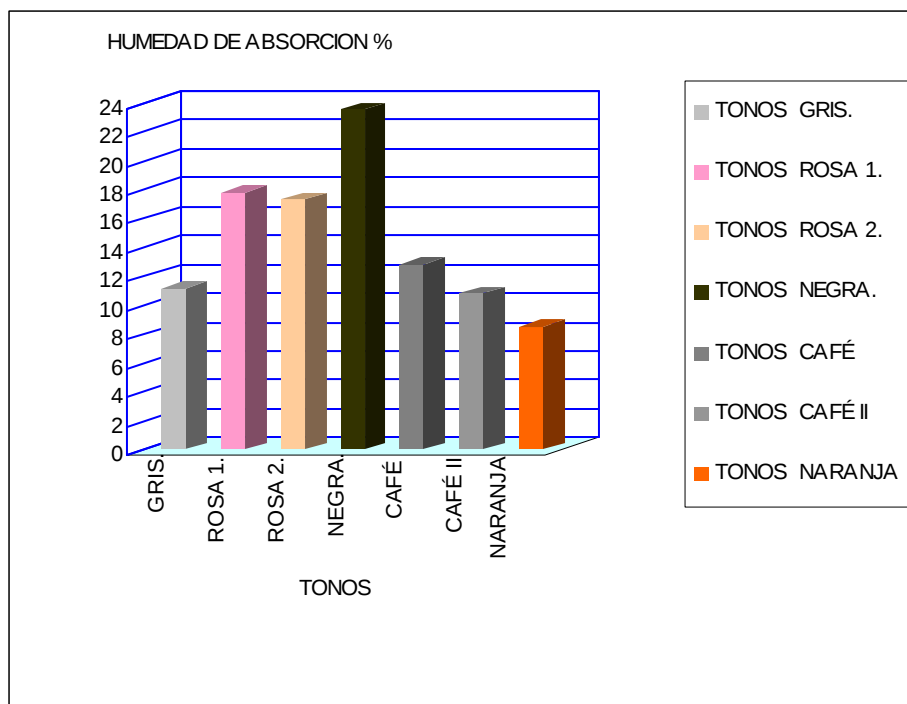


Fig. 49 Humedad de Absorción en % J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que más Humedad de Absorción tiene es la Negra siguiéndole la Café II Aculco quizá por su acomodo de partículas que son muy porosas y la que menos humedad contiene es la Naranja Galindo debido a que Contiene partículas muy cerradas y sólidas.



10.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA

10.3.1 Tono Gris.

Canastilla en gr 32

Nº	Peso Seco	Peso Húmedo	Peso sumergido en agua	Gravedad específica
	de la Muestra (Ps)	Superficial seco Pss	Mas Canastilla Pa	G.E = (Ps)/(Pss-Pa)
1	233	259	154.7	1.709464417
2	233	260	155.7	1.709464417
3	230	256	159.5	1.789883268
4	215	243	145	1.653846154
5	237	262	158.4	1.747787611
6	227	254	151.5	1.687732342
7	233	259	160.3	1.782708493
8	239	264	160	1.757352941
9	238	263	160	1.762962963
10	228	256	153.1	1.690140845
11	231	256	153.8	1.721311475
12	235	261	156.8	1.725403818
13	230	257	153.7	1.69992609
14	227	254	152.2	1.696562033
15	231	256	159.8	1.801872075
16	236	262	158	1.735294118
17	232	258	154.7	1.714708056
18	233	257	160	1.80620155
19	238	263	160	1.762962963
20	226	254	151.8	1.684053651
21	231	258	155	1.711111111
22	239	262	160.4	1.788922156
23	236	260	158.3	1.765145849
24	234	260	161.3	1.790359602
25	233	258	160.4	1.797839506
26	229	254	152	1.708955224
27	237	262	158.7	1.751662971
28	238	264	158.7	1.733430444
29	235	261	157	1.727941176
30	228	255	152.1	1.690140845

Total

52.10514816

Promedio

1.736838272



10.3.2. Tono rosa 1. Querétaro.

Canastilla en gr 32

Nº	Peso Seco	Peso Humedo	Peso sumergido en agua	Gravedad específica
	de la Muestra (Ps)	Superficial seco Pss	Mas Canastilla Pa	G.E = (Ps)/(Pss-Pa)
1	211	247	144.5	1.568773234
2	207	245	143	1.544776119
3	206	244	142	1.537313433
4	210	246	143.7	1.56366344
5	208	245	142.2	1.543026706
6	208	245	142.1	1.541882876
7	211	248	145.1	1.564121572
8	211	246	143.9	1.573452647
9	211	248	143.6	1.546920821
10	209	246	142.2	1.539027982
11	210	247	144.4	1.560178306
12	206	243	142	1.54887218
13	213	250	145.5	1.56043956
14	211	247	143.6	1.558345643
15	210	248	144.6	1.550960118
16	214	250	145.7	1.570066031
17	211	246	143.4	1.567607727
18	205	246	143.1	1.519644181
19	206	247	143.7	1.522542498
20	209	247	144.7	1.556217424
21	211	248	145	1.562962963
22	205	241	139.1	1.530993279
23	212	248	144.7	1.566888396
24	212	250	146.2	1.561119293
25	209	246	144	1.559701493
26	203	242	141	1.526315789
27	206	242	140.7	1.545386347
28	208	245	143	1.552238806
29	210	246	144.4	1.571856287
30	208	248	144.8	1.538461538

Total

46.55375669

Promedio

1.55179189



10.3.3. Tono rosa 2. Querétaro.

Canastilla en gr 32

Nº	Peso Seco	Peso Humedad	Peso sumergido en agua	Gravedad específica
	de la Muestra (Ps)	Superficial seco Pss	Mas Canastilla Pa	G.E = (Ps)/(Pss-Pa)
1	212	248	147	1.593984962
2	215	253	148.4	1.573938507
3	222	259	153	1.608695652
4	216	252	147	1.576642336
5	215	251	145.8	1.567055394
6	214	251	145.5	1.556363636
7	213	251	145	1.543478261
8	219	256	146.2	1.544428773
9	218	255	147.5	1.562724014
10	218	255	147.7	1.564967696
11	203	240	141.6	1.556748466
12	217	255	151	1.595588235
13	221	257	152.3	1.616678859
14	213	250	146.8	1.575443787
15	214	252	146.6	1.557496361
16	218	255	150.7	1.599413059
17	211	248	146	1.574626866
18	214	252	148.6	1.580502216
19	219	256	151	1.598540146
20	219	257	151.3	1.590413943
21	221	259	152.7	1.597975416
22	220	259	152.7	1.590744758
23	219	257	152.2	1.600877193
24	219	257	152.5	1.604395604
25	208	247	145.2	1.554559043
26	206	243	143.2	1.562974203
27	218	255	151	1.602941176
28	216	253	149.8	1.597633136
29	215	254	149	1.569343066
30	215	253	147.7	1.565914057

Total 47.38508882

Promedio 1.579502961



10.3.4. Tono negra. Querétaro.

Canastilla en gr 32

Nº	Peso Seco	Peso Húmedo	Peso sumergido en agua	Gravedad específica
	de la Muestra (Ps)	Superficial seco Pss	Mas Canastilla Pa	G.E = (Ps)/(Pss-Pa)
1	164	202	99.4	1.218424963
2	163	202	103.2	1.24617737
3	178	221	109.8	1.24301676
4	163	200	101.2	1.24617737
5	172	216	106	1.211267606
6	166	206	103.1	1.230541142
7	175	218	109	1.241134752
8	169	208	103.6	1.239002933
9	150	191	91.4	1.139817629
10	167	204	102	1.246268657
11	170	209	103.9	1.239970824
12	162	200	101.4	1.24042879
13	168	207	102.3	1.228968544
14	168	209	106.1	1.245366938
15	152	188	91.8	1.185647426
16	167	207	104.3	1.239792131
17	172	212	106.4	1.25
18	173	212	108	1.272058824
19	162	201	99.5	1.213483146
20	166	208	102	1.202898551
21	174	213	115.3	1.34155744
22	174	215	115.7	1.325209444
23	174	212	113.1	1.329258976
24	174	215	115.5	1.323193916
25	172	211	112.6	1.319018405
26	175	215	116.9	1.345119139
27	172	212	111.2	1.295180723
28	165	204	107.3	1.282051282
29	172	209	111.4	1.327160494
30	171	211	112.5	1.310344828

Total 37.778539

Promedio 1.259284633



10.3.5. Tono café Galindo.

Canastilla en gr 32

N°	Peso Seco	Peso Húmedo	Peso sumergido en agua	Gravedad específica
	de la Muestra (Ps)	Superficial seco Pss	Mas Canastilla Pa	G.E = (Ps)/(Pss-Pa)
1	218	248	148	1.651515152
2	226	255	155	1.712121212
3	221	249	151.7	1.709203403
4	215	243	146.5	1.673151751
5	225	252	154	1.730769231
6	228	256	155.6	1.722054381
7	219	248	154	1.738095238
8	222	250	154	1.734375
9	223	250	155.5	1.76284585
10	220	249	153.5	1.725490196
11	220	247	155.5	1.781376518
12	224	251	157.5	1.784860558
13	213	241	150.4	1.737357259
14	222	251	151.2	1.684370258
15	225	254	150	1.654411765
16	220	248	157.5	1.795918367
17	224	252	153.2	1.712538226
18	219	247	150	1.697674419
19	226	254	153.5	1.705660377
20	213	240	147	1.704
21	216	246	147	1.648854962
22	228	256	156.6	1.735159817
23	227	255	155.4	1.724924012
24	223	251	152.5	1.708812261
25	218	246	150.8	1.713836478
26	207	235	142.5	1.662650602
27	221	250	151	1.687022901
28	223	250	152.1	1.716705158
29	216	246	146.6	1.643835616
30	217	247	147.7	1.652703732

Total 51.3122947

Promedio 1.710409823



10.3.6. Tono café II Aculco.

Canastilla en gr 32

N°	Peso Seco	Peso Húmedo	Peso sumergido en agua	Gravedad específica
	de la Muestra (Ps)	Superficial seco Pss	Mas Canastilla Pa	G.E = (Ps)/(Pss-Pa)
1	223	246	143	1.651851852
2	228	252	143	1.617021277
3	229	253	146.8	1.657018813
4	229	252	145	1.647482014
5	233	257	148.5	1.658362989
6	227	252	146.2	1.647314949
7	233	258	148.5	1.64664311
8	230	254	146.5	1.64874552
9	237	261	151	1.669014085
10	230	255	147.6	1.649928264
11	226	252	145.3	1.629416006
12	230	254	145	1.631205674
13	224	250	141.8	1.597717546
14	230	254	146.5	1.64874552
15	226	251	143	1.614285714
16	223	248	142.5	1.621818182
17	227	251	145.4	1.649709302
18	232	255	147.8	1.666666667
19	232	256	148.2	1.659513591
20	234	258	149	1.659574468
21	228	253	145.6	1.635581062
22	224	250	144	1.623188406
23	230	254	146.8	1.652298851
24	230	255	146.8	1.640513552
25	226	253	145	1.614285714
26	233	257	150.7	1.684743312
27	227	252	149.5	1.687732342
28	224	250	148.3	1.67539267
29	224	251	148.3	1.662954714
30	232	257	154.5	1.724907063

Total 49.47363323

Promedio 1.649121108



10.3.7. Tono naranja Galindo.

Canastilla en gr 32

N°	Peso Seco	Peso Húmedo	Peso sumergido en agua	Gravedad específica
	de la Muestra (Ps)	Superficial seco Pss	Mas Canastilla Pa	G.E = (Ps)/(Pss-Pa)
1	261	285	184	1.962406015
2	236	265	168.5	1.836575875
3	255	280	180	1.931818182
4	278	305	197	1.985714286
5	262	286	185.9	1.98334595
6	245	272	173.5	1.877394636
7	250	276	176.7	1.904036558
8	260	285	185.2	1.972685888
9	262	286	186.7	1.995430312
10	247	275	175.5	1.878326996
11	251	276	178.2	1.933744222
12	253	279	179	1.916666667
13	279	306	197	1.978723404
14	251	175	178	8.655172414
15	249	273	175	1.915384615
16	261	286	184.2	1.950672646
17	255	281	180	1.917293233
18	259	284	184	1.962121212
19	250	273	178.9	1.982553529
20	254	279	180	1.938931298
21	247	274	275.3	8.045602606
22	257	282	182	1.946969697
23	255	280	181	1.946564885
24	291	318	205	2.006896552
25	264	289	187	1.970149254
26	258	281	183.2	1.987673344
27	256	279	181.5	1.976833977
28	249	274	177	1.930232558
29	239	263	170	1.912
30	257	282	182.5	1.954372624

Total

71.15629343

Promedio

2.371876448



10.3.8.- Resumen.

GRAVEDAD ESPECIFICA	
TONO	PROMEDIO
GRIS.	1.73683827
ROSA 1 QUERETQRO.	1.55179189
ROSA 2 QUERETQRO.	1.57950296
NEGRA QERETARO.	1.25928463
CAFÉ GALINDO	1.71040982
CAFÉ II ACULCO.	1.64912111
NARANJA GALINDO	2.37187645

10.3.9.- Grafica de gravedad específica.

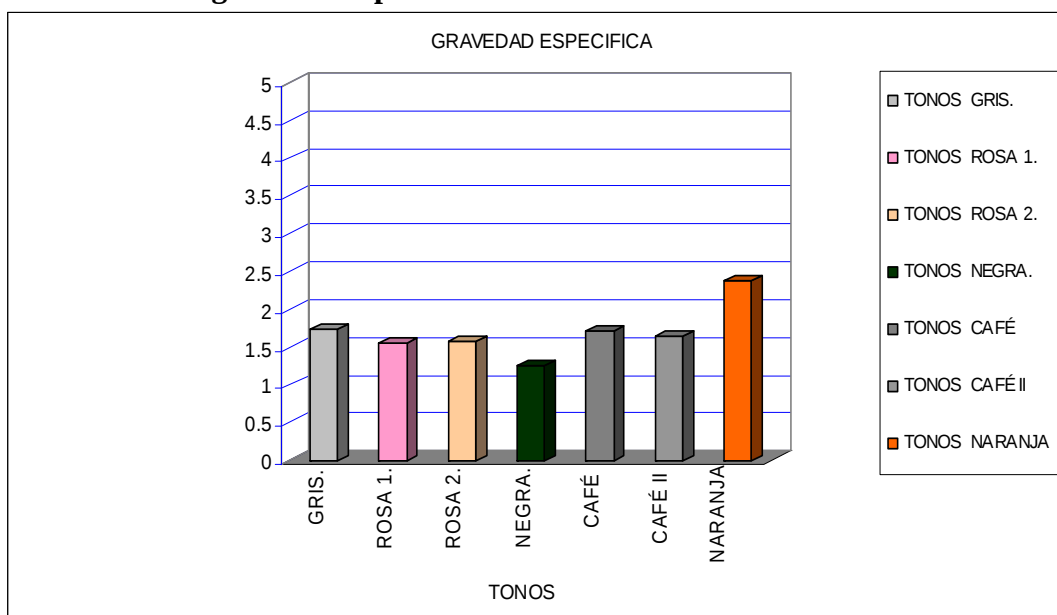


Fig. 50 Gravedad Especifica J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita de más Alta gravedad específica es la Naranja Galindo siguiéndole la Gris debido a que sus partículas son más sólidas y la que menos gravedad Específica contiene es la negra debido a que su peso es menor.



10.4.- DENSIDAD EN PICNOMETRO.

10.4.1.-Tono Gris.

Nº	Peso Seco	Volumen en	Densidad
	de la Muestra (Ps)	Picnometro (Vpi)	Ps/Vpi
1	233	128	1.8203125
2	233	126	1.84920635
3	230	122	1.8852459
4	215	120	1.79166667
5	237	128	1.8515625
6	227	128	1.7734375
7	233	124	1.87903226
8	239	128	1.8671875
9	238	128	1.859375
10	228	126	1.80952381
11	231	126	1.83333333
12	235	128	1.8359375
13	230	128	1.796875
14	227	126	1.8015873
15	231	120	1.925
16	236	128	1.84375
17	232	128	1.8125
18	233	122	1.90983607
19	238	126	1.88888889
20	226	128	1.765625
21	231	126	1.83333333
22	239	124	1.92741935
23	236	126	1.87301587
24	234	122	1.91803279
25	233	120	1.94166667
26	229	126	1.81746032
27	237	128	1.8515625
28	238	128	1.859375
29	235	128	1.8359375
30	228	126	1.80952381

Total

55.4672102

Promedio

1.84890701



10.4.2. Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	Peso Seco	Volumen en	Densidad
	de la Muestra (Ps)	Picnometro (Vpi)	Ps/Vpi
1	211	128	1.6484375
2	207	128	1.6171875
3	206	128	1.609375
4	210	130	1.61538462
5	208	128	1.625
6	208	130	1.6
7	211	128	1.6484375
8	211	130	1.62307692
9	211	130	1.62307692
10	209	130	1.60769231
11	210	126	1.66666667
12	206	128	1.609375
13	213	132	1.61363636
14	211	130	1.62307692
15	210	128	1.640625
16	214	130	1.64615385
17	211	130	1.62307692
18	205	128	1.6015625
19	206	128	1.609375
20	209	126	1.65873016
21	211	126	1.67460317
22	205	126	1.62698413
23	212	130	1.63076923
24	212	130	1.63076923
25	209	128	1.6328125
26	203	128	1.5859375
27	206	128	1.609375
28	208	126	1.65079365
29	210	126	1.66666667
30	208	140	1.48571429

Total

48.704372

Promedio

1.62347907



10.4.3. Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	Peso Seco	Volumen en	Densidad
	de la Muestra (Ps)	Picnómetro (Vpi)	Ps/Vpi
1	212	124	1.70967742
2	215	128	1.6796875
3	222	132	1.68181818
4	216	128	1.6875
5	215	130	1.65384615
6	214	128	1.671875
7	213	130	1.63846154
8	219	132	1.65909091
9	218	132	1.65151515
10	218	130	1.67692308
11	203	128	1.5859375
12	217	130	1.66923077
13	221	134	1.64925373
14	213	128	1.6640625
15	214	132	1.62121212
16	218	132	1.65151515
17	211	128	1.6484375
18	214	130	1.64615385
19	219	130	1.68461538
20	219	132	1.65909091
21	221	132	1.67424242
22	220	132	1.66666667
23	219	132	1.65909091
24	219	130	1.68461538
25	208	126	1.65079365
26	206	126	1.63492063
27	218	128	1.703125
28	216	128	1.6875
29	215	132	1.62878788
30	215	132	1.62878788

Total

49.8084348

Promedio

1.66028116



10.4.4. Tono negra. Querétaro.

Nº	Peso Seco	Volumen en	Densidad
	de la Muestra (Ps)	Picnometro (Vpi)	Ps/Vpi
1	164	126	1.3015873
2	163	124	1.31451613
3	178	136	1.30882353
4	163	128	1.2734375
5	172	138	1.24637681
6	166	130	1.27692308
7	175	134	1.30597015
8	169	132	1.28030303
9	150	128	1.171875
10	167	128	1.3046875
11	170	132	1.28787879
12	162	126	1.28571429
13	168	130	1.29230769
14	168	128	1.3125
15	152	126	1.20634921
16	167	130	1.28461538
17	172	132	1.3030303
18	173	134	1.29104478
19	162	130	1.24615385
20	166	134	1.23880597
21	174	126	1.38095238
22	174	128	1.359375
23	174	126	1.38095238
24	174	128	1.359375
25	172	126	1.36507937
26	175	126	1.38888889
27	172	130	1.32307692
28	165	126	1.30952381
29	172	126	1.36507937
30	171	128	1.3359375

Total

39.1011409

Promedio

1.30337136



10.4.5. Tono café Galindo.

Nº	Peso Seco	Volumen en	Densidad
	de la Muestra (Ps)	Picnómetro (Vpi)	Ps/Vpi
1	218	128	1.703125
2	226	128	1.765625
3	221	126	1.75396825
4	215	124	1.73387097
5	225	126	1.78571429
6	228	128	1.78125
7	219	130	1.68461538
8	222	126	1.76190476
9	223	124	1.7983871
10	220	128	1.71875
11	220	124	1.77419355
12	224	122	1.83606557
13	213	128	1.6640625
14	222	126	1.76190476
15	225	128	1.7578125
16	220	124	1.77419355
17	224	126	1.77777778
18	219	124	1.76612903
19	226	130	1.73846154
20	213	120	1.775
21	216	124	1.74193548
22	228	126	1.80952381
23	227	126	1.8015873
24	223	124	1.7983871
25	218	120	1.81666667
26	207	126	1.64285714
27	221	122	1.81147541
28	223	126	1.76984127
29	216	126	1.71428571
30	217	124	1.75

Total

52.7693714

Promedio

1.75897905



10.4.6. Tono café II Aculco.

Nº	Peso Seco	Volumen en	Densidad
	de la Muestra (Ps)	Picnometro (Vpi)	Ps/Vpi
1	223	126	1.76984127
2	228	132	1.72727273
3	229	132	1.73484848
4	229	134	1.70895522
5	233	134	1.73880597
6	227	134	1.69402985
7	233	134	1.73880597
8	230	134	1.71641791
9	237	136	1.74264706
10	230	134	1.71641791
11	226	132	1.71212121
12	230	132	1.74242424
13	224	134	1.67164179
14	230	132	1.74242424
15	226	136	1.66176471
16	223	134	1.6641791
17	227	132	1.71969697
18	232	134	1.73134328
19	232	136	1.70588235
20	234	134	1.74626866
21	228	134	1.70149254
22	224	132	1.6969697
23	230	132	1.74242424
24	230	136	1.69117647
25	226	134	1.68656716
26	233	134	1.73880597
27	227	134	1.69402985
28	224	134	1.67164179
29	224	132	1.6969697
30	232	134	1.73134328

Total

51.4372096

Promedio

1.71457365



10.4.7. Tono naranja Galindo.

Nº	Peso Seco	Volumen en	Densidad
	de la Muestra (Ps)	Picnómetro (Vpi)	Ps/Vpi
1	261	128	2.0390625
2	236	124	1.903225806
3	255	126	2.023809524
4	278	134	2.074626866
5	262	124	2.112903226
6	245	126	1.944444444
7	250	126	1.984126984
8	260	126	2.063492063
9	262	126	2.079365079
10	247	128	1.9296875
11	251	126	1.992063492
12	253	128	1.9765625
13	279	126	2.214285714
14	251	124	2.024193548
15	249	122	2.040983607
16	261	128	2.0390625
17	255	126	2.023809524
18	259	126	2.055555556
19	250	122	2.049180328
20	254	128	1.984375
21	247	126	1.96031746
22	257	126	2.03968254
23	255	124	2.056451613
24	291	128	2.2734375
25	264	128	2.0625
26	258	126	2.047619048
27	256	124	2.064516129
28	249	126	1.976190476
29	239	120	1.991666667
30	257	126	2.03968254

Total

61.06687973

Promedio

2.035562658



10.4.8. Resumen.

DENSIDAD EN PICNOMETRO	
TONO	PROMEDIO
GRIS.	1.848907007
ROSA 1 QUERETQRO.	1.623479067
ROSA 2 QUERETQRO.	1.660281159
NEGRA QERETARO.	1.303371363
CAFÉ GALINDO	1.758979048
CAFÉ II ACULCO.	1.714573655
NARANJA GALINDO	2.035562658

10.4.9. Grafica de densidad en Picnómetro.

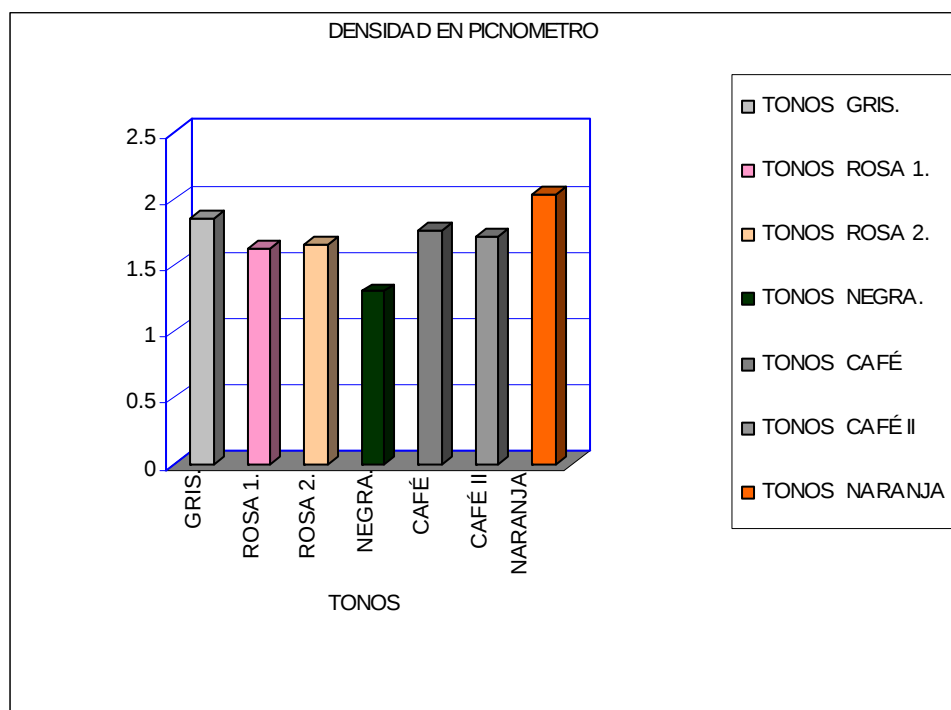


Fig. 51 Densidad en Picnómetro J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que más Densidad en el Picnómetro se obtuvo fue la Naranja Galindo y la Gris debido a que su acomodo de las partículas es muy cerrada y mas sólidas.



10.5. DENSIDAD CON MEDIDAS DE VERNIER.

10.5.1. Tono Gris.

Nº	Peso Seco de la Muestra (Ps)	Medida A cm	Medida B cm	Medida C cm	Volumen cm	Densidad Ps/Vpi
1	233	5.05	5.12	5.13	132.64128	1.75661755
2	233	5.07	5.15	5.14	134.20797	1.7361115
3	230	5.08	5.13	4.98	129.78079	1.77221911
4	215	5.08	5.01	5.05	128.52654	1.67280625
5	237	5.14	5.12	5.14	135.26835	1.7520728
6	227	5.09	5.14	5.08	132.90601	1.70797395
7	233	5.14	4.88	5.16	129.42931	1.80021045
8	239	5.08	5.08	5.11	131.8707	1.81238132
9	238	5.07	5.07	5.09	130.83794	1.81904422
10	228	5.06	5.05	5.12	130.83136	1.74270144
11	231	5.14	5.09	5.07	132.64438	1.74149856
12	235	5.15	5.16	5.16	137.12184	1.71380431
13	230	5.11	5.11	5.08	132.64947	1.73389312
14	227	5.14	5.14	5.1	134.73996	1.68472664
15	231	5.08	5.06	4.85	124.66828	1.8529172
16	236	5.14	5.15	5.13	135.79623	1.73789803
17	232	5.06	5.08	5.12	131.60858	1.76280306
18	233	5.2	5.12	4.86	129.39264	1.80072066
19	238	5.14	5.15	5.12	135.53152	1.75604907
20	226	5.12	5.14	5.13	135.00518	1.67400979
21	231	5.14	5.09	5.14	134.47576	1.71778165
22	239	5.04	5.13	5.1	131.86152	1.81250755
23	236	5.08	5.15	5.05	132.1181	1.78628061
24	234	5.13	5.17	5.05	133.93661	1.7470952
25	233	5.13	5.16	4.86	128.64809	1.81114235
26	229	5.14	4.89	5.11	128.43781	1.78296412
27	237	5.09	5.11	5.13	133.43079	1.77620177
28	238	5.16	5.16	5.08	135.25805	1.75959955
29	235	5.16	5.14	5.08	134.73379	1.74418011
30	228	5.11	5.14	5.09	133.69089	1.70542665

Total 52.6736386

Promedio 1.75578795



10.5.2. Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	Peso Seco	Medida A	Medida B	Medida C	Volumen	Densidad
	de la Muestra (Ps)					Ps/Vpi
1	211	5.07	5.17	5.09	133.41857	1.58148898
2	207	5.14	5.08	5.02	131.07822	1.57920968
3	206	5.12	5.04	5.05	130.31424	1.58079424
4	210	5.22	5.12	5.15	137.64096	1.52570863
5	208	5.1	5.11	5.1	132.9111	1.56495582
6	208	5.13	5.08	5.08	132.38683	1.57115324
7	211	5.13	5.02	5.1	131.33826	1.60653872
8	211	5.03	5.09	5.13	131.34185	1.6064948
9	211	5.09	5.11	5.15	133.95099	1.57520305
10	209	5.15	5.13	5.11	135.00365	1.54810635
11	210	5.11	5.07	5.08	131.61112	1.5956099
12	206	5.11	4.97	5.11	129.77714	1.5873366
13	213	5.08	5.14	5.14	134.21157	1.58704651
14	211	5.15	5.1	5.07	133.16355	1.58451769
15	210	5.06	5.13	5.08	131.86562	1.59253029
16	214	5.12	5.06	5.15	133.42208	1.60393242
17	211	5.12	5.08	5.13	133.42925	1.58136243
18	205	5.04	5.14	5.14	133.15478	1.53956166
19	206	5.13	5.14	5.14	135.53255	1.51993011
20	209	5.13	5.14	5.16	136.05991	1.53608801
21	211	5.04	5.16	5.14	133.6729	1.57848005
22	205	5.04	5.09	5.12	131.34643	1.56075804
23	212	5.03	5.14	5.14	132.89059	1.59529733
24	212	5.14	5.03	5.11	132.11496	1.60466307
25	209	5.11	5.07	5.4	139.90158	1.49390736
26	203	5.11	5.04	5.12	131.86253	1.53948209
27	206	5.12	5.11	5.15	134.74048	1.52886497
28	208	5.09	5.08	5.1	131.87172	1.57729042
29	210	5.12	5.13	5.02	131.85331	1.59267899
30	208	5.14	5.01	5.15	132.61971	1.56839432

Total

47.1073858

Promedio

1.57024619



10.5.3. Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	Peso Seco	Medida A	Medida B	Medida C	Volumen	Densidad
	de la Muestra (Ps)	cm	cm	cm	cm ³	Ps/Vpi
1	212	5.05	5.16	5.07	132.11406	1.60467402
2	215	5.07	5.14	5.13	133.68677	1.60823688
3	222	5.15	5.13	5.13	135.53204	1.63798913
4	216	5.13	5.08	5.12	133.42925	1.61883547
5	215	5.09	5.07	5.14	132.64438	1.62087528
6	214	5.09	5.12	5.12	133.4313	1.60382164
7	213	5.14	5.12	5.15	135.53152	1.57159014
8	219	5.14	5.14	5.16	136.32514	1.60645356
9	218	5.13	5.11	5.1	133.69293	1.63060231
10	218	5.12	5.09	5.14	133.95251	1.62744242
11	203	5.16	4.97	5.11	131.04697	1.54906288
12	217	5.14	5.17	5.08	134.9949	1.60746809
13	221	5.08	5.13	5.14	133.95046	1.64986374
14	213	5.13	5.14	5.12	135.00518	1.57771719
15	214	5.14	5.14	5.11	135.00416	1.58513639
16	218	5.1	5.12	5.15	134.4768	1.62109747
17	211	5.05	5.13	5.08	131.60502	1.60328231
18	214	5.14	5.13	5.07	133.68677	1.60075671
19	219	5.03	5.15	5.16	133.66722	1.63839721
20	219	5.13	5.13	5.13	135.0057	1.62215377
21	221	5.14	5.1	5.14	134.73996	1.64019642
22	220	5.18	5.22	5.12	138.44275	1.5891045
23	219	5.16	5.12	5.1	134.73792	1.62537762
24	219	5.1	5.17	5.17	136.31739	1.60654484
25	208	5.12	5.12	5.18	135.79059	1.53177033
26	206	4.96	5.02	5.15	128.23088	1.60647732
27	218	5.14	5.12	5.08	133.68934	1.63064604
28	216	5.13	5.12	5.04	132.37862	1.63168338
29	215	5.15	5.1	5.13	134.73945	1.59567224
30	215	5.12	5.16	5.08	134.20954	1.6019726

Total

48.2449019

Promedio

1.6081634



10.5.4. Tono negra. Querétaro.

Nº	Peso Seco	Medida A	Medida B	Medida C	Volumen	Densidad
	de la Muestra (Ps)	cm	cm	cm	cm ³	Ps/Vpi
1	164	5.13	5.06	5.03	130.56773	1.25605305
2	163	5.14	4.97	5.05	129.00629	1.26350428
3	178	5.29	5.2	5.13	141.11604	1.26137326
4	163	5.13	5.09	5.12	133.6919	1.21922117
5	172	5.09	5.12	5.32	138.64346	1.24059227
6	166	5.05	5.11	5.15	132.89833	1.24907519
7	175	5.27	5.13	5.15	139.23077	1.25690612
8	169	5.14	5.15	5.09	134.73739	1.25429177
9	150	5.12	5.05	5.14	132.89984	1.12866953
10	167	5.12	5.15	5.05	133.1584	1.25414544
11	170	5.13	5.16	5.14	136.05991	1.24944958
12	162	4.93	5.13	5.13	129.74232	1.24862885
13	168	5.09	5.15	5.15	134.99953	1.24444882
14	168	5.13	5.15	5.05	133.41848	1.25919592
15	152	4.86	5.14	5.08	126.90043	1.19778946
16	167	5.11	5.15	5.13	135.00365	1.23700364
17	172	5.11	5.18	5.2	137.64296	1.24960986
18	173	5.17	5.15	5.08	135.25754	1.27904145
19	162	5.09	5.14	5.07	132.64438	1.22131068
20	166	5.09	5.14	5.07	132.64438	1.2514665
21	174	5.13	5.08	5.98	155.84119	1.11652123
22	174	5.05	5.04	5.12	130.31424	1.33523397
23	174	5.06	5.12	5.02	130.05414	1.33790431
24	174	5.12	5.05	5.01	129.53856	1.34322938
25	172	5.07	5.08	5.01	129.03556	1.33296593
26	175	5.11	5.02	5.03	129.03057	1.35626779
27	172	5.06	5.04	5.12	130.57229	1.31727798
28	165	4.99	5.12	5.02	128.25498	1.28649979
29	172	5.1	5.01	5	127.755	1.34632695
30	171	5.07	5.07	5.03	129.29565	1.32255033

Total 37.9165545

Promedio 1.26388515



10.5.5. Tono café Galindo.

Nº	Peso Seco	Medida A	Medida B	Medida C	Volumen	Densidad
	de la Muestra (Ps)	cm	cm	cm	cm ³	Ps/Vpi
1	218	5.12	5.08	5.03	130.82829	1.6663063
2	226	5.14	5.04	5.02	130.04611	1.73784511
3	221	4.98	5.01	5.11	127.49348	1.733422
4	215	5.05	4.92	5.12	127.21152	1.69009851
5	225	5.1	5.02	5.05	129.2901	1.74027246
6	228	5.05	5.15	5.03	130.81773	1.74288308
7	219	5.05	5.03	5.12	130.05568	1.68389416
8	222	5.13	5.03	5.03	129.79362	1.71040769
9	223	5.12	5	5.13	131.328	1.6980385
10	220	5.04	5.12	5.07	130.83034	1.68156719
11	220	5.01	5.12	5.14	131.84717	1.6685986
12	224	5.1	5.02	5.03	128.77806	1.73942673
13	213	5.03	5.98	5.13	154.30732	1.38036224
14	222	5.07	5.99	5.12	155.49082	1.42773706
15	225	5.03	5.14	5.11	132.11496	1.70306222
16	220	5.07	5	5.12	129.792	1.69501972
17	224	5.03	5.08	5.07	129.55067	1.72905322
18	219	5.12	4.97	5	127.232	1.72126509
19	226	5.03	5.03	5.13	129.79362	1.74122584
20	213	5.13	4.83	5	123.8895	1.71927403
21	216	5.06	5.03	5.05	128.53159	1.68052072
22	228	5.1	5.08	5.04	130.57632	1.74610527
23	227	5.08	5.04	5.07	129.80822	1.74873358
24	223	5.13	5	5.03	129.0195	1.7284209
25	218	5.09	5.03	5.97	152.84812	1.42625242
26	207	5.03	5.03	5.92	149.78133	1.38201472
27	221	5.02	5.06	5.13	130.30816	1.6959798
28	223	5.06	5	5.13	129.789	1.71817334
29	216	5.13	5.06	5.03	130.56773	1.65431377
30	217	5.02	5.07	5.1	129.80214	1.67177521

Total

50.0620495

Promedio

1.66873498



10.5.6. Tono café II Aculco.

Nº	Peso Seco	Medida A	Medida B	Medida C	Volumen	Densidad
	de la Muestra (Ps)	cm	cm	cm	cm ³	Ps/Vpi
1	223	4.81	5.39	5.13	132.99987	1.67669341
2	228	4.93	5.14	5.41	137.09048	1.66313515
3	229	5.14	4.09	5.4	113.52204	2.01722943
4	229	5.14	4.97	5.15	131.56087	1.74063914
5	233	4.95	4.13	5.44	111.21264	2.09508559
6	227	5.1	4.97	5.4	136.8738	1.65846203
7	233	5.12	5.03	5.39	138.8119	1.67853039
8	230	4.99	5.14	5.4	138.50244	1.66062056
9	237	5.13	5	5.4	138.51	1.71106779
10	230	5.13	5	5.4	138.51	1.66052993
11	226	5.1	4.99	5.38	136.91562	1.65065169
12	230	5.15	4.99	5.4	138.7719	1.65739606
13	224	4.98	5.12	5.39	137.43206	1.62989621
14	230	5.14	5	5.35	137.495	1.6727881
15	226	5.14	5.12	5.35	140.79488	1.60517201
16	223	5.14	5.9	5.4	163.7604	1.36174557
17	227	4.95	5.14	5.4	137.3922	1.65220442
18	232	5	5.15	5.37	138.2775	1.67778561
19	232	5.13	5.12	5.4	141.83424	1.63571222
20	234	5.02	5.13	5.4	139.06404	1.68267799
21	228	5.35	5.97	5.15	164.48843	1.38611577
22	224	5.14	5.38	5	138.266	1.62006567
23	230	5.13	5.98	5.4	165.65796	1.38840295
24	230	5.13	4.99	5.41	138.48897	1.66078212
25	226	5.16	5	5.36	138.288	1.63427051
26	233	5.14	4.92	5.43	137.31818	1.69678912
27	227	5.11	4.89	5.4	134.93466	1.68229571
28	224	5.12	4.97	5.37	136.64717	1.63925827
29	224	5.36	4.96	5.14	136.64998	1.63922449
30	232	5.43	4.97	5.13	138.44382	1.67576996

Total

49.8109979

Promedio

1.6603666



10.5.7. Tono naranja Galindo.

Nº	Peso Seco	Medida A	Medida B	Medida C	Volumen	Densidad
	de la Muestra (Ps)	cm	cm	cm	cm ³	Ps/Vpi
1	261	5.04	5.09	5.14	131.8595	1.97937951
2	236	4.92	5.11	5.14	129.22577	1.82626115
3	255	5.13	5.1	5.03	131.59989	1.93769159
4	278	5.14	5.1	5.32	139.45848	1.99342485
5	262	5.15	5.09	5.01	131.32964	1.99498004
6	245	5.1	5.03	5.17	132.62601	1.84729979
7	250	5.1	5.12	5	130.56	1.91482843
8	260	5.1	5.07	5.1	131.8707	1.97162827
9	262	5.01	5.05	5.15	130.29758	2.01078186
10	247	5.04	5.15	5.15	133.6734	1.84778722
11	251	5.14	5.09	5	130.813	1.91876954
12	253	5.14	5.12	5.08	133.68934	1.89244702
13	279	5.15	5	5.44	140.08	1.99171902
14	251	5.96	5	5.16	153.768	1.63232922
15	249	4.86	5.1	5.14	127.40004	1.95447348
16	261	5.03	5.17	5.11	132.88606	1.96408862
17	255	5.09	5.15	5.1	133.68885	1.90741412
18	259	5.12	5.12	5.06	132.64486	1.9525822
19	250	5.15	4.97	4.97	127.20964	1.96525994
20	254	5.1	5.06	5.1	131.6106	1.92993573
21	247	5.14	5.16	5.06	134.20334	1.84049065
22	257	5.08	5.15	5.05	132.1181	1.94522931
23	255	5	5.12	5.15	131.84	1.93416262
24	291	5.58	5.04	5.16	145.11571	2.0052963
25	264	5.15	5.1	5.06	132.9009	1.98644253
26	258	5.09	4.93	5.17	129.73443	1.98867796
27	256	5.07	5.01	5.17	131.32162	1.94941246
28	249	5.11	5.14	4.94	129.75108	1.91905923
29	239	5.12	4.72	5.15	124.45696	1.92034258
30	257	5.17	5	5.12	132.352	1.94179159

Total

57.8639868

Promedio

1.92879956



10.5.8. Resumen.

DENSIDAD CON MEDIDAS DE VERNIER	
TONO	PROMEDIO
GRIS.	1.755787952
ROSA 1 QUERETQRO.	1.570246192
ROSA 2 QUERETQRO.	1.608163396
NEGRA QERETARO.	1.26388515
CAFÉ GALINDO	1.668734982
CAFÉ II ACULCO.	1.660366596
NARANJA GALINDO	1.928799561

10.5.9. Grafica de densidad con medidas de Vernier.

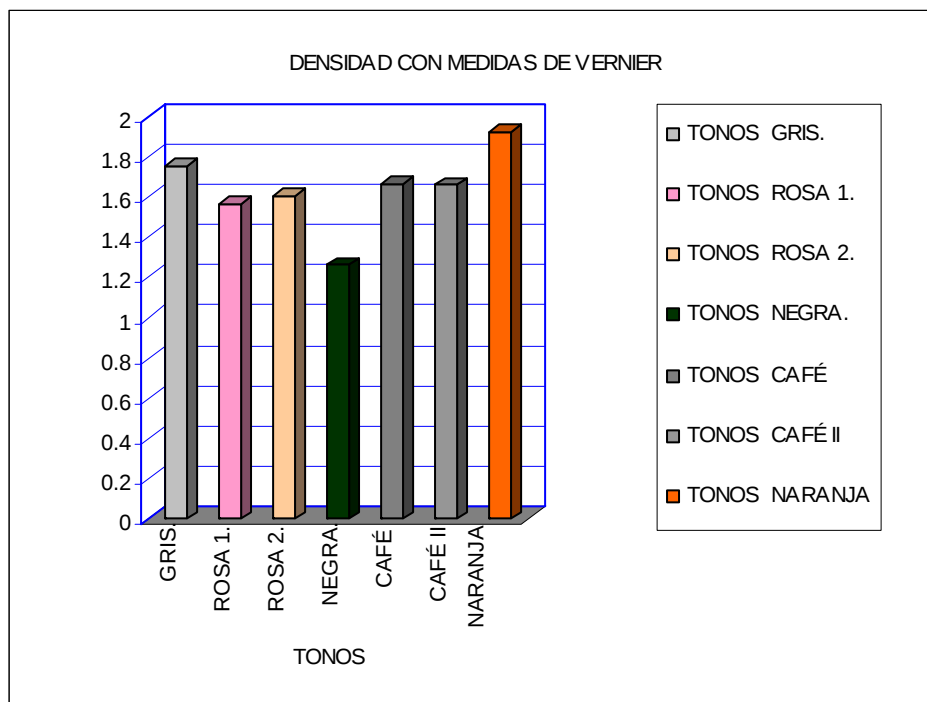


Fig. 52 Densidad con Medidas de Vernier J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que mas Densidad con el vernier y balanza Se Obtuvo fue la Naranja Galindo seguida de la Gris debido a que su acomodo de las partículas es muy cerrada y mas sólidas la que menos densidad tiene es la negra.



11.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LAS PROPIEDADES MECANICAS.

11.1.- COMPRESIÓN SIMPLE PARALELA AL PLANO DE FALLA (Kg./cm²).

11.1.1. Tono Gris.

Nº	Medida A cm	Medida C cm	Area cm	Carga P kg	Compresion (P/A) kg/cm ²
1	5.08	4.98	25.2984	3100	122.537394
2	5.09	5.08	25.8572	3712.5	143.577031
3	5.14	5.16	26.5224	3350	126.308328
4	5.11	5.08	25.9588	3825	147.348876
5	5.14	5.1	26.214	2800	106.813153
6	5.08	4.85	24.638	2750	111.616203
7	5.06	5.12	25.9072	3500	135.097579
8	5.2	4.86	25.272	3165	125.237417
9	5.12	5.13	26.2656	3700	140.868665
10	5.14	5.14	26.4196	4300	162.757952
11	5.13	5.05	25.9065	3000	115.801054
12	5.13	4.86	24.9318	2950	118.322785
13	5.09	5.13	26.1117	4000	153.188034
14	5.16	5.08	26.2128	3750	143.059879
15	5.11	5.09	26.0099	3800	146.098216

Total

1998.63257

Promedio

133.242171



11.1.2. Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm.	kg	(P/A)kg/cm2
1	5.07	5.09	25.8063	920	35.6502094
2	5.14	5.02	25.8028	740	28.6790581
3	5.12	5.05	25.856	800	30.9405941
4	5.22	5.15	26.883	1250	46.4977867
5	5.1	5.1	26.01	940	36.1399462
6	5.13	5.08	26.0604	780	29.9304692
7	5.13	5.1	26.163	950	36.3108206
8	5.09	5.15	26.2135	150	5.72224236
9	5.15	5.11	26.3165	890	33.8190869
10	5.11	5.11	26.1121	700	26.8074954
11	5.08	5.14	26.1112	920	35.2339226
12	5.06	5.08	25.7048	880	34.2348511
13	5.04	5.14	25.9056	820	31.6533877
14	5.11	5.4	27.594	900	32.615786
15	5.14	5.15	26.471	840	31.7328397

Total 475.968496

Promedio 31.7312331

11.1.3. Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A)kg/cm2
1	5.07	5.13	26.0091	1320	50.7514678
2	5.14	5.15	26.471	1280	48.3548034
3	5.13	5.1	26.163	1350	51.5995872
4	5.12	5.14	26.3168	1220	46.3582198
5	5.16	5.11	26.3676	1240	47.0274124
6	5.13	5.12	26.2656	1360	51.7787524
7	5.14	5.11	26.2654	1320	50.2562306
8	5.1	5.15	26.265	1100	41.88083
9	5.13	5.13	26.3169	1400	53.1977551
10	5.14	5.14	26.4196	1280	48.4488789
11	5.16	5.1	26.316	1340	50.9195926
12	5.1	5.17	26.367	1440	54.6137217
13	4.96	5.15	25.544	1100	43.0629502
14	5.13	5.04	25.8552	1310	50.6667904
15	5.12	5.08	26.0096	1000	38.4473425

Total 727.364335

Promedio 48.4909557



11.1.4. Tono negra. Querétaro.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A)kg/cm2
1	5.13	5.03	25.8039	700	27.1276822
2	5.14	5.05	25.957	1060	40.8367685
3	5.13	5.12	26.2656	800	30.4580897
4	5.09	5.32	27.0788	880	32.4977473
5	5.27	5.15	27.1405	1020	37.5822111
6	5.12	5.14	26.3168	780	29.6388619
7	5.12	5.05	25.856	720	27.8465347
8	5.13	5.14	26.3682	920	34.8905121
9	4.93	5.13	25.2909	1060	41.9123084
10	5.09	5.15	26.2135	840	32.0445572
11	4.86	5.08	24.6888	880	35.6436927
12	5.11	5.2	26.572	1120	42.1496312
13	5.09	5.07	25.8063	1020	39.5252322
14	5.11	5.03	25.7033	1120	43.5741714
15	5.06	5.12	25.9072	960	37.055336

Total 532.783336

Promedio 35.5188891

11.1.5. Tono café Galindo.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A)kg/cm2
1	5.12	5.03	25.7536	1360	52.8081511
2	5.05	5.12	25.856	1740	67.2957921
3	5.13	5.03	25.8039	1645	63.7500533
4	5.04	5.07	25.5528	1460	57.1365956
5	5.01	5.14	25.7514	1620	62.9092011
6	5.03	5.13	25.8039	1500	58.1307477
7	5.07	5.12	25.9584	1580	60.8666174
8	5.03	5.07	25.5021	1580	61.9556821
9	5.12	5	25.6	1520	59.375
10	5.03	5.13	25.8039	1535	59.4871318
11	5.06	5.05	25.553	1480	57.9188354
12	5.03	5.92	29.7776	1640	55.0749557
13	5.06	5.13	25.9578	1580	60.8680243
14	5.13	5.03	25.8039	1560	60.4559776
15	5.02	5.1	25.602	1200	46.8713382

Total 884.904103

Promedio 58.9936069



11.1.6. Tono café II Aculco.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A)kg/cm2
1	4.93	5.41	26.6713	2550	95.608388
2	4.95	5.44	26.928	2550	94.6969697
3	5.1	5.4	27.54	2250	81.6993464
4	4.99	5.4	26.946	2600	96.4892748
5	5.13	5.4	27.702	2550	92.0511154
6	5.1	5.38	27.438	2300	83.8253517
7	5.15	5.4	27.81	2700	97.0873786
8	4.98	5.39	26.8422	2350	87.5487106
9	5.14	5.35	27.499	2150	78.1846613
10	5.14	5.4	27.756	2450	88.2692031
11	5.13	5.4	27.702	2000	72.1969533
12	5.02	5.4	27.108	2450	90.3792238
13	5.14	5	25.7	2300	89.4941634
14	5.16	5.36	27.6576	2250	81.3519611
15	5.12	5.37	27.4944	2200	80.0162942

Total

1308.899

Promedio

87.266

11.1.7. Tono naranja Galindo.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresión
	cm	cm	cm	kg	(P/A)kg/cm2
1	4.92	5.14	25.2888	520	20.5624624
2	5.13	5.03	25.8039	720	27.9027589
3	5.15	5.01	25.8015	1440	55.8107087
4	5.1	5.17	26.367	740	28.0653848
5	5.1	5	25.5	800	31.372549
6	5.04	5.15	25.956	920	35.4445986
7	5.14	5.08	26.1112	1020	39.0636968
8	5.15	5.44	28.016	2120	75.6710451
9	4.86	5.14	24.9804	720	28.8225969
10	5.14	5.06	26.0084	780	29.9903108
11	5.08	5.05	25.654	1040	40.539487
12	5.15	5.06	26.059	720	27.6296097
13	5.11	4.94	25.2434	520	20.5994438
14	5.12	5.15	26.368	840	31.8567961
15	5.17	5.12	26.4704	640	24.1779497

Total

517.509398

Promedio

34.5006266



11.1.8. Resumen.

COMPRESION SIMPLE PARALELA (Kg/Cm2)	
TONO	PROMEDIO
GRIS.	133.2421711
ROSA 1 QUERETQRO.	31.73123307
ROSA 2 QUERETQRO.	48.49095567
NEGRA QERETARO.	35.51888907
CAFÉ GALINDO	58.99360687
CAFÉ II ACULCO.	87.266
NARANJA GALINDO	34.50062656

11.1.9. GRAFICA DE COMPRESION SIMPLE PARALELA AL PLANO DE FALLA (Kg/cm²).

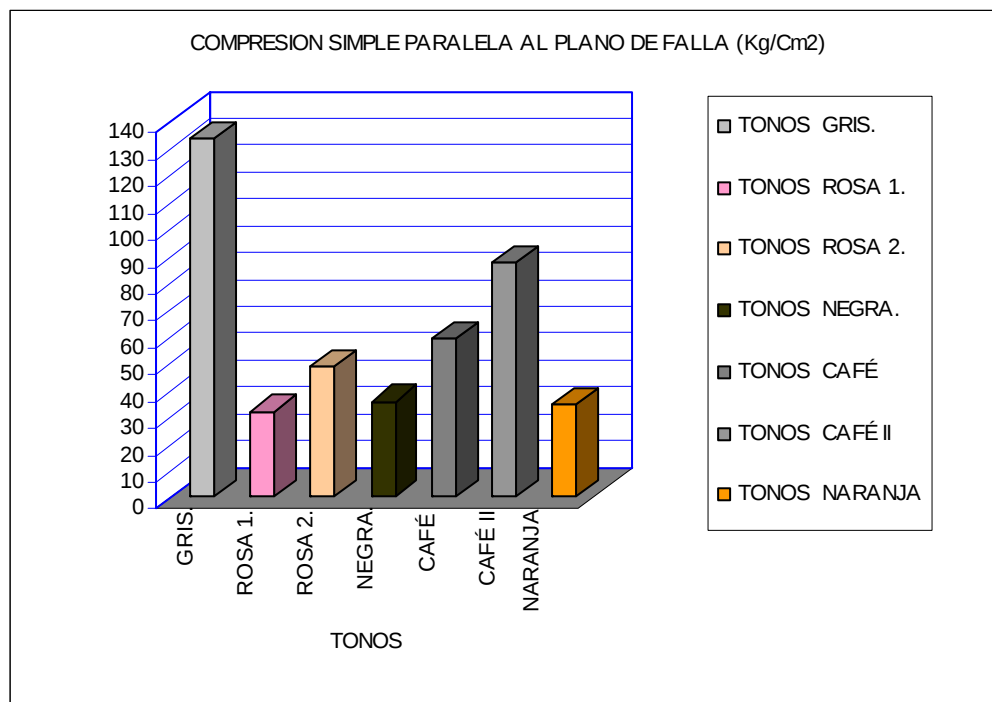


Fig. 53 Compresión simple paralela al plano de falla J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que más Compresión simple Paralela tiene es la Gris debido a que su acomodo de las partículas es muy cerrada y más sólidas, sin embargo tiene menos resistencia que la Perpendicular al Plano de Falla, la que le sigue es la café II Aculco y la que menos resistencia a la compresión tiene es la Rosa1 Querétaro



11.2. COMPRESIÓN SIMPLE PERPENDICULAR AL PLANO DE FALLA (Kg. / cm²).

11.2.1. Tono Gris.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A)
1	5.05	5.13	25.9065	4262.5	164.533997
2	5.07	5.14	26.0598	5200	199.541056
3	5.08	5.05	25.654	4262.5	166.153426
4	5.14	5.14	26.4196	4825	182.629563
5	5.08	5.11	25.9588	3950	152.164199
6	5.07	5.09	25.8063	5750	222.813809
7	5.06	5.12	25.9072	4050	156.327199
8	5.14	5.07	26.0598	5950	228.321016
9	5.15	5.16	26.574	4950	186.272296
10	5.14	5.13	26.3682	5200	197.207242
11	5.14	5.12	26.3168	5200	197.592412
12	5.04	5.1	25.704	4650	180.905696
13	5.08	5.05	25.654	5050	196.850394
14	5.14	5.11	26.2654	5250	199.882735
15	5.16	5.08	26.2128	4400	167.856925

Total

2799.05196

Promedio

186.603464



11.2.2. Tono rosa 1. Querétaro.

N°	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A)
N°	5.03	5.13	25.8039	1150	44.5669066
2	5.11	5.08	25.9588	1085	41.7970014
3	5.15	5.07	26.1105	1285	49.2139178
4	5.12	5.15	26.368	1300	49.3021845
5	5.12	5.13	26.2656	1215	46.2582237
6	5.13	5.14	26.3682	1215	46.0782306
7	5.13	5.16	26.4708	1190	44.9551959
8	5.04	5.14	25.9056	1440	55.5864369
9	5.04	5.12	25.8048	900	34.8772321
10	5.03	5.14	25.8542	1040	40.2255726
11	5.14	5.11	26.2654	1045	39.7861826
12	5.11	5.12	26.1632	980	37.4571918
13	5.12	5.15	26.368	1100	41.717233
14	5.09	5.1	25.959	1310	50.4641935
15	5.12	5.02	25.7024	1020	39.68501

Total 661.970713

Promedio 44.1313809

11.2.3. Tono rosa 2. Querétaro.

N°	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A) kg/cm ²
1	5.05	5.07	25.6035	1365	53.31302361
2	5.15	5.13	26.4195	1375	52.04489108
3	5.13	5.12	26.2656	2000	76.14522417
4	5.09	5.14	26.1626	1445	55.23151369
5	5.09	5.12	26.0608	1390	53.33681238
6	5.14	5.16	26.5224	1380	52.03149036
7	5.14	5.08	26.1112	1455	55.72321456
8	5.08	5.14	26.1112	1410	53.99981617
9	5.05	5.08	25.654	1385	53.98768223
10	5.14	5.07	26.0598	1540	59.09485107
11	5.03	5.16	25.9548	1475	56.82956524
12	5.18	5.12	26.5216	1400	52.78716216
13	5.12	5.18	26.5216	1380	52.03305985
14	5.14	5.08	26.1112	1395	53.42535004
15	5.15	5.13	26.4195	1390	52.61265353

Total 832.5963102

Promedio 55.50642067



11.2.4. Tono negra. Querétaro.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresión
	cm	cm	cm	kg	(P/A)
1	5.29	5.13	27.1377	1360	50.114785
2	5.05	5.15	26.0075	1140	43.8335096
3	5.14	5.09	26.1626	1160	44.338101
4	5.13	5.05	25.9065	1220	47.0924285
5	5.11	5.13	26.2143	1140	43.4877147
6	5.17	5.08	26.2636	1180	44.9291034
7	5.09	5.07	25.8063	1260	48.8252868
8	5.13	5.98	30.6774	1260	41.0725811
9	5.05	5.12	25.856	1320	51.0519802
10	5.06	5.02	25.4012	1280	50.3913201
11	5.12	5.01	25.6512	1400	54.5783433
12	5.07	5.01	25.4007	1380	54.3292114
13	4.99	5.02	25.0498	1380	55.0902602
14	5.1	5	25.5	1220	47.8431373
15	5.07	5.03	25.5021	1200	47.0549484

Total 724.032711

Promedio 48.2688474

11.2.5. Tono café Galindo.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A)
1	5.14	5.02	25.8028	1920	74.4105291
2	4.98	5.11	25.4478	1660	65.2315721
3	5.1	5.05	25.755	1840	71.4424384
4	5.05	5.03	25.4015	1680	66.1378265
5	5.05	5.12	25.856	1700	65.7487624
6	5.12	5.13	26.2656	1680	63.9619883
7	5.1	5.03	25.653	2020	78.7432269
8	5.03	5.11	25.7033	1920	74.6985796
9	5.07	5.12	25.9584	1620	62.4075444
10	5.13	5	25.65	1660	64.7173489
11	5.1	5.04	25.704	1680	65.3594771
12	5.08	5.07	25.7556	2000	77.6530153
13	5.13	5.03	25.8039	2360	91.459043
14	5.09	5.97	30.3873	1700	55.9444242
15	5.02	5.13	25.7526	1655	64.2653557

Total 1042.18113

Promedio 69.478742



11.2.6. Tono café II Aculco.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A)
1	4.81	5.13	24.6753	2900	117.526433
2	5.14	5.4	27.756	2700	97.2762646
3	5.14	5.15	26.471	2900	109.553851
4	5.12	5.39	27.5968	2800	101.461039
5	5.13	5.4	27.702	2700	97.4658869
6	5.14	5.35	27.499	2600	94.5488927
7	4.95	5.4	26.73	2750	102.880658
8	5	5.37	26.85	3250	121.042831
9	5.35	5.15	27.5525	2550	92.5505852
10	5.13	5.4	27.702	2600	93.8560393
11	5.13	5.41	27.7533	2750	99.0873157
12	5.14	5.43	27.9102	2750	98.5302864
13	5.11	5.4	27.594	2600	94.2233819
14	5.36	5.14	27.5504	2500	90.7427841
15	5.43	5.13	27.8559	3050	109.492065

Total 1520.23831

Promedio 101.349221

11.2.7. Tono naranja Galindo.

Nº	Medida A	Medida C	Area	Carga P	Compresion
	cm	cm	cm	kg	(P/A)
1	5.04	5.14	25.9056	1400	54.0423692
2	5.14	5.32	27.3448	1540	56.3178374
3	5.1	5.1	26.01	1300	49.9807766
4	5.01	5.15	25.8015	1740	67.4379397
5	5.14	5	25.7	1540	59.922179
6	5.96	5.16	30.7536	1640	53.3270902
7	5.03	5.11	25.7033	1180	45.908502
8	5.09	5.1	25.959	1220	46.9971879
9	5.12	5.06	25.9072	1960	75.6546443
10	5.15	4.97	25.5955	1300	50.790178
11	5.1	5.1	26.01	1220	46.9050365
12	5	5.15	25.75	1200	46.6019417
13	5.58	5.16	28.7928	1500	52.0963574
14	5.09	5.17	26.3153	1520	57.7610744
15	5.07	5.17	26.2119	1300	49.5957943

Total 813.338908

Promedio 54.2225939



11.2.8. Resumen.

COMPRESION SIMPLE PERPENDICULAR (Kg/Cm2)	
TONO	PROMEDIO
GRIS.	186.603464
ROSA 1 QUERETQRO.	44.13138087
ROSA 2 QUERETQRO.	55.50642067
NEGRA QERETARO.	48.2688474
CAFÉ GALINDO	69.478742
CAFÉ II ACULCO.	101.3492209
NARANJA GALINDO	54.22259387

11.2.9.- Grafica de compresión simple perpendicular al plano de falla (kg./cm²).

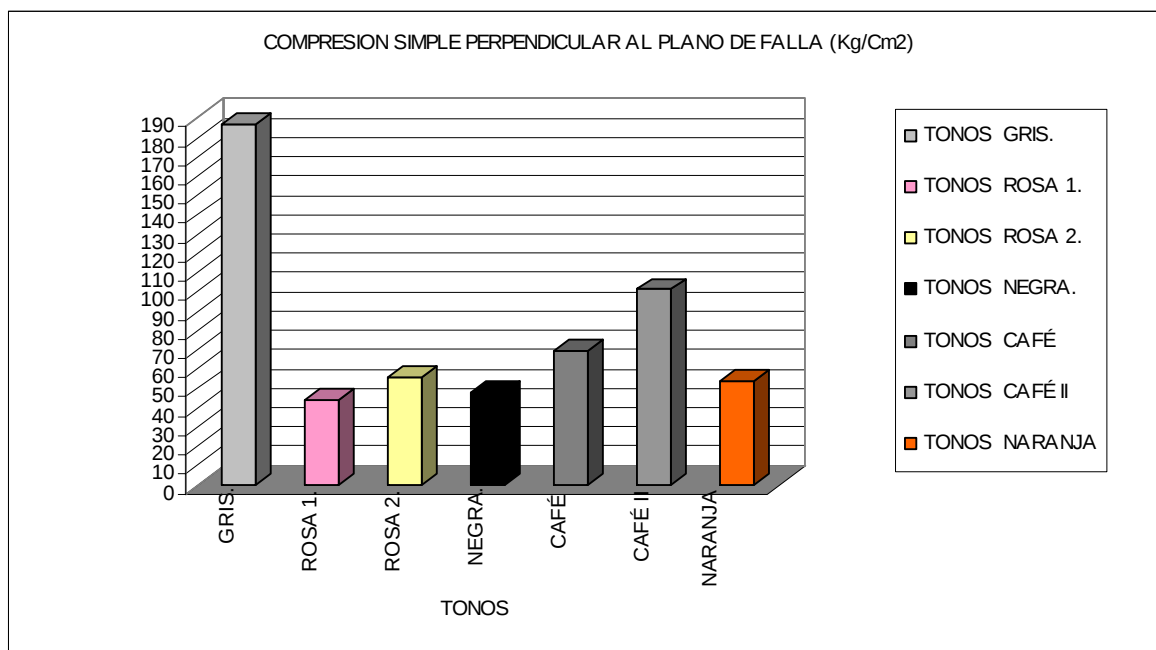


Fig. 54 Compresión simple perpendicular al plano de falla J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que mas Compresión simple Perpendicular es la Gris debido a que su acomodo de las partículas es muy cerrada y mas sólidas sin embargo tiene mas resistencia que Paralela al Plano de Falla, la que le sigue es la café II Aculco y la que menos resistencia a la compresión tiene es la Rosa1 Querétaro.



11.3.- PRUEBA DE FLEXIÓN PARALELA EN SECO.

11.3.1. -Tono Gris.

En donde:

L= longitud entre apoyos inferiores.(mm)

b = Es el ancho del espécimen.(mm)

D = Es la altura o espesor.(mm)

S = Desviación Estándar.

□ = promedio de la muestra

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	GRIS	PARALELO	210	16	10	3.1	26.2226847	31.165115	6.16324
2	GRIS	PARALELO	260	16	10	3.4	26.9896194	31.165115	
3	GRIS	PARALELO	190	16	10	3.2	22.265625	31.165115	
4	GRIS	PARALELO	240	16	10	3.2	28.125	31.165115	
5	GRIS	PARALELO	320	16	10	3.2	37.5	31.165115	
6	GRIS	PARALELO	340	16	10	3.2	39.84375	31.165115	
7	GRIS	PARALELO	320	16	10	3.4	33.2179931	31.165115	
8	GRIS	PARALELO	300	16	10	3.2	35.15625	31.165115	
							249.320922		

11.3.2. Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	ROSA 1.	PARALELO	300	16	10	3.7	26.2965668	22.7793794	3.1560295
2	ROSA 1.	PARALELO	160	16	10	3.2	18.75	22.7793794	
3	ROSA 1.	PARALELO	185	16	10	3.2	21.6796875	22.7793794	
4	ROSA 1.	PARALELO	160	16	10	3.2	18.75	22.7793794	
5	ROSA 1.	PARALELO	205	16	10	3.2	24.0234375	22.7793794	
6	ROSA 1.	PARALELO	240	16	10	3.3	26.446281	22.7793794	
7	ROSA 1.	PARALELO	180	16	10	3.2	21.09375	22.7793794	
8	ROSA 1.	PARALELO	215	16	10	3.2	25.1953125	22.7793794	
							182.235035		



11.3.3.- Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	ROSA 2.	PARALELO	85	16	10	3.2	9.9609375	12.7573229	3.14554652
2	ROSA 2.	PARALELO	75	16	10	3.3	8.26446281	12.7573229	
3	ROSA 2.	PARALELO	105	16	10	3.3	11.5702479	12.7573229	
4	ROSA 2.	PARALELO	85	16	10	3.2	9.9609375	12.7573229	
5	ROSA 2.	PARALELO	135	16	10	3.2	15.8203125	12.7573229	
6	ROSA 2.	PARALELO	130	16	10	3.2	15.234375	12.7573229	
7	ROSA 2.	PARALELO	135	16	10	3.2	15.8203125	12.7573229	
8	ROSA 2.	PARALELO	140	16	10	3.3	15.4269972	12.7573229	
							102.058583		

11.3.4.- Tono negra. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	NEGRA	PARALELO	200	16	10	3.3	22.0385675	16.3445095	8.43125696
2	NEGRA	PARALELO	175	16	10	3.3	0.19283747	16.3445095	
3	NEGRA	PARALELO	205	16	10	3.2	24.0234375	16.3445095	
4	NEGRA	PARALELO	180	16	10	3.2	21.09375	16.3445095	
5	NEGRA	PARALELO	120	16	10	3.4	12.4567474	16.3445095	
6	NEGRA	PARALELO	175	16	10	3.3	19.2837466	16.3445095	
7	NEGRA	PARALELO	80	16	10	3.3	8.815427	16.3445095	
8	NEGRA	PARALELO	195	16	10	3.2	22.8515625	16.3445095	
							130.756076		



11.3.5.- Tono café Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	CAFÉ GALINDO	PARALELO	310	16	10	3.4	32.1799308	20.111706	5.7018597
2	CAFÉ GALINDO	PARALELO	140	16	10	3.3	15.4269972	20.111706	
3	CAFÉ GALINDO	PARALELO	170	16	10	3.3	18.7327824	20.111706	
4	CAFÉ GALINDO	PARALELO	140	16	10	3.3	15.4269972	20.111706	
5	CAFÉ GALINDO	PARALELO	210	16	10	3.3	23.1404959	20.111706	
6	CAFÉ GALINDO	PARALELO	160	16	10	3.3	17.630854	20.111706	
7	CAFÉ GALINDO	PARALELO	155	16	10	3.4	16.0899654	20.111706	
8	CAFÉ GALINDO	PARALELO	190	16	10	3.2	22.265625	20.111706	
							160.893648		

11.3.6.- Tono café II Aculco.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	195	16	10	3.2	22.8515625	22.9162631	1.99334748
2	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	180	16	10	3.3	19.8347107	22.9162631	
3	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	215	16	10	3.3	23.6914601	22.9162631	
4	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	215	16	10	3.3	23.6914601	22.9162631	
5	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	180	16	10	3.3	19.8347107	22.9162631	
6	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	225	16	10	3.3	24.7933884	22.9162631	
7	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	205	16	10	3.2	24.0234375	22.9162631	
8	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	210	16	10	3.2	24.609375	22.9162631	
							183.330105		



11.3.7.- Tono naranja Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	NARANJA GALINDO	PARALELO	210	16	10	3.2	24.609375	19.6268213	3.1980647
2	NARANJA GALINDO	PARALELO	160	16	10	3.2	18.75	19.6268213	
3	NARANJA GALINDO	PARALELO	145	16	10	3.3	15.9779614	19.6268213	
4	NARANJA GALINDO	PARALELO	155	16	10	3.3	17.0798898	19.6268213	
5	NARANJA GALINDO	PARALELO	190	16	10	3.2	22.265625	19.6268213	
6	NARANJA GALINDO	PARALELO	205	16	10	3.3	22.5895317	19.6268213	
7	NARANJA GALINDO	PARALELO	165	16	10	3.2	19.3359375	19.6268213	
8	NARANJA GALINDO	PARALELO	140	16	10	3.2	16.40625	19.6268213	
							157.01457		

11.3.8.- Resumen.

NUMERO	TONO	PLANO DE	CONDICION	PROMEDIO
		FALLA		
1	GRIS	PARALELO	SECO	31.17
2	ROSA 1	PARALELO	SECO	22.78
3	ROSA 2	PARALELO	SECO	12.75
4	NEGRA	PARALELO	SECO	16.34
5	CAFÉ GALINDO	PARALELO	SECO	20.11
6	CAFÉ ACULCO	PARALELO	SECO	22.92
7	NARANJA GALINDO	PARALELO	SECO	19.63



11.3.9.- Grafica de flexión paralela al plano de falla (kg./cm^2).

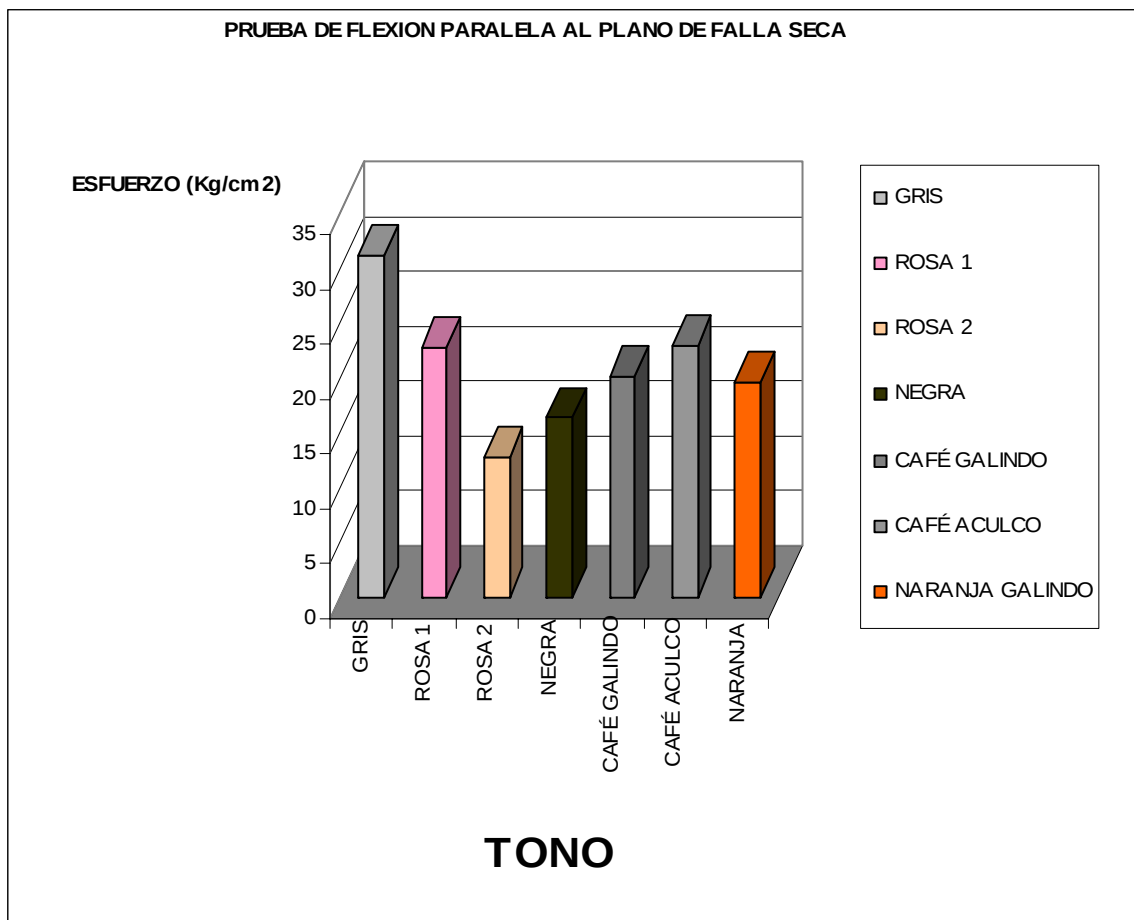


Fig. 55 Flexión paralela al plano de falla seca J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que mas Flexión Paralela es la Gris debido a que su acomodo de las partículas le sigue es la café II Aculco y la que menos resistencia a la Flexión tiene es la Rosa2 Querétaro, sin embargo resiste un poco menos que la Perpendicular al plano de falla.



11.4. PRUEBA DE FLEXIÓN PERPENDICULAR SECO.

11.4.1.- Tono Gris.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	GRIS	PERPENDICULAR	320	16	10	3.2	37.5	32.453015	5.15474
2	GRIS	PERPENDICULAR	280	16	10	3.3	30.8539945	32.453015	
3	GRIS	PERPENDICULAR	260	16	10	3.3	28.6501377	32.453015	
4	GRIS	PERPENDICULAR	290	16	10	3.3	31.9559229	32.453015	
5	GRIS	PERPENDICULAR	195	16	10	3.2	22.8515625	32.453015	
6	GRIS	PERPENDICULAR	320	16	10	3.2	37.5	32.453015	
7	GRIS	PERPENDICULAR	280	16	10	3.2	32.8125	32.453015	
8	GRIS	PERPENDICULAR	320	16	10	3.2	37.5	32.453015	
							259.624118		

11.4.2.- Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	ROSA 1.	PERPENDICULAR	290	16	10	3.3	31.9559229	27.0574215	3.2601832
2	ROSA 1.	PERPENDICULAR	220	16	10	3.3	24.2424242	27.0574215	
3	ROSA 1.	PERPENDICULAR	210	16	10	3.2	24.609375	27.0574215	
4	ROSA 1.	PERPENDICULAR	205	16	10	3.2	24.0234375	27.0574215	
5	ROSA 1.	PERPENDICULAR	240	16	10	3.3	26.446281	27.0574215	
6	ROSA 1.	PERPENDICULAR	290	16	10	3.4	30.1038062	27.0574215	
7	ROSA 1.	PERPENDICULAR	210	16	10	3.2	24.609375	27.0574215	
8	ROSA 1.	PERPENDICULAR	260	16	10	3.2	30.46875	27.0574215	
							216.459372		

11.4.3.- Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	ROSA 2.	PERPENDICULAR	260	16	10	3.3	28.6501377	21.2460869	3.48067155
2	ROSA 2.	PERPENDICULAR	185	16	10	3.4	19.2041522	21.2460869	
3	ROSA 2.	PERPENDICULAR	170	16	10	3	22.6666667	21.2460869	
4	ROSA 2.	PERPENDICULAR	160	16	10	3.1	19.9791883	21.2460869	
5	ROSA 2.	PERPENDICULAR	185	16	10	3.4	19.2041522	21.2460869	
6	ROSA 2.	PERPENDICULAR	180	16	10	3.3	19.8347107	21.2460869	
7	ROSA 2.	PERPENDICULAR	195	16	10	3.2	22.8515625	21.2460869	
8	ROSA 2.	PERPENDICULAR	150	16	10	3.2	17.578125	21.2460869	
							169.968695		



11.4.4.- Tono negra. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	NEGRA	PERPENDICULAR	140	16	10	3.4	14.532872	13.4797964	0.96138829
2	NEGRA	PERPENDICULAR	135	16	10	3.4	14.0138408	13.4797964	
3	NEGRA	PERPENDICULAR	125	16	10	3.4	12.9757785	13.4797964	
4	NEGRA	PERPENDICULAR	105	16	10	3.3	11.5702479	13.4797964	
5	NEGRA	PERPENDICULAR	120	16	10	3.3	13.2231405	13.4797964	
6	NEGRA	PERPENDICULAR	130	16	10	3.4	13.4948097	13.4797964	
7	NEGRA	PERPENDICULAR	130	16	10	3.4	13.4948097	13.4797964	
8	NEGRA	PERPENDICULAR	140	16	10	3.4	14.532872	13.4797964	
							107.838371		

11.4.5.- Tono café Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	200	16	10	3.2	23.4375	18.1246414	5.0920174
2	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	170	16	10	3.3	18.7327824	18.1246414	
3	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	200	16	10	3.2	23.4375	18.1246414	
4	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	195	16	10	3.2	22.8515625	18.1246414	
5	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	110	16	10	3.1	13.735692	18.1246414	
6	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	120	16	10	3.2	14.0625	18.1246414	
7	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	80	16	10	3.1	9.98959417	18.1246414	
8	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	160	16	10	3.2	18.75	18.1246414	
							144.997131		



11.4.6.- Tono café II Aculco.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	150	16	10	3.4	15.5709343	23.0948006	3.6785561
2	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	210	16	10	3.4	21.799308	23.0948006	
3	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	240	16	10	3.3	26.446281	23.0948006	
4	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	245	16	10	3.3	26.9972452	23.0948006	
5	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	220	16	10	3.4	22.8373702	23.0948006	
6	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	210	16	10	3.4	21.799308	23.0948006	
7	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	250	16	10	3.4	25.9515571	23.0948006	
8	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	225	16	10	3.4	23.3564014	23.0948006	
							184.758405		

11.4.7.- Tono naranja Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$	□	
1	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	95	16	10	3.2	11.1328125	13.439437	5.0362278
2	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	110	16	10	3.2	12.890625	13.439437	
3	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	105	16	10	3.3	11.5702479	13.439437	
4	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	105	16	10	3.2	12.3046875	13.439437	
5	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	105	16	10	3.3	11.5702479	13.439437	
6	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	220	16	10	3.2	25.78125	13.439437	
7	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	90	16	10	3.2	10.546875	13.439437	
8	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	100	16	10	3.2	11.71875	13.439437	
							107.515496		



11.4.8.- Resumen.

NUMERO	TONO	PLANO DE	CONDICION	PROMEDIO
		FALLA		
1	GRIS	PERPENDICULAR	SECO	32.45
2	ROSA 1	PERPENDICULAR	SECO	27.05
3	ROSA 2	PERPENDICULAR	SECO	21.25
4	NEGRA	PERPENDICULAR	SECO	13.48
5	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	SECO	18.12
6	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	SECO	23.094
7	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	SECO	13.44

11.4.9.- GRAFICA DE FLEXIÓN PERPENDICULAR EN SECO (Kg./cm²).

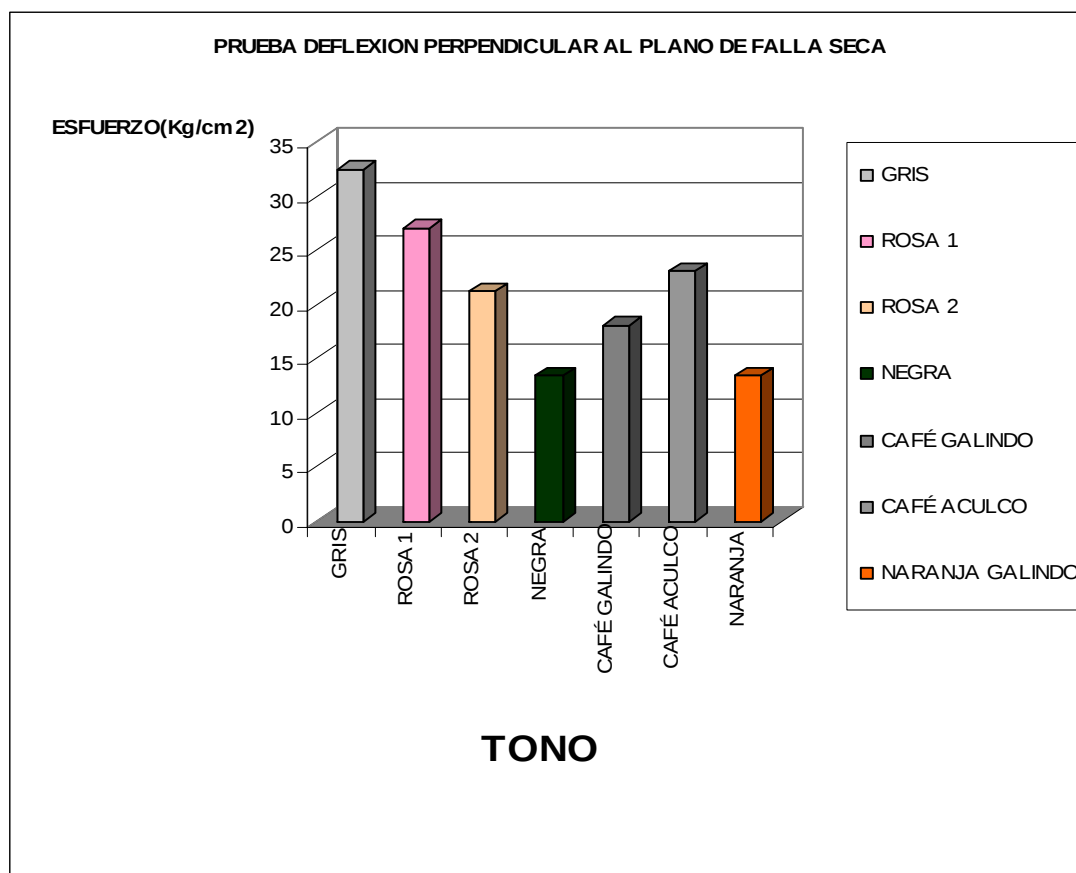


Fig. 56 Flexión perpendicular al plano de falla seca J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que más Flexión Perpendicular tiene es la Gris debido a que su acomodo de las partículas y le sigue la Rosa1 y la que menos resistencia a la Flexión tiene es la Negra, sin embargo resiste un poco más que la Perpendicular al plano de falla.



11.5.- PRUEBA DE FLEXIÓN PARALELA EN SATURADO

11.5.1.- Tono Gris.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	GRIS	PARALELO	95	16	10	3.2	44.53125	90.278495	23.6392
2	GRIS	PARALELO	240	16	10	3.3	105.785124	90.278495	
3	GRIS	PARALELO	230	16	10	3.1	114.880333	90.278495	
4	GRIS	PARALELO	240	16	10	3.2	112.5	90.278495	
5	GRIS	PARALELO	170	16	10	3.2	79.6875	90.278495	
6	GRIS	PARALELO	165	16	10	3.2	77.34375	90.278495	
7	GRIS	PARALELO	220	16	10	3.2	103.125	90.278495	
8	GRIS	PARALELO	180	16	10	3.2	84.375	90.278495	
							722.227957		

11.5.2.- Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	ROSA 1.	PARALELO	290	16	10	3.2	135.9375	70.8984375	29.586736
2	ROSA 1.	PARALELO	170	16	10	3.2	79.6875	70.8984375	
3	ROSA 1.	PARALELO	160	16	10	3.2	75	70.8984375	
4	ROSA 1.	PARALELO	120	16	10	3.2	56.25	70.8984375	
5	ROSA 1.	PARALELO	110	16	10	3.2	51.5625	70.8984375	
6	ROSA 1.	PARALELO	90	16	10	3.2	42.1875	70.8984375	
7	ROSA 1.	PARALELO	110	16	10	3.2	51.5625	70.8984375	
8	ROSA 1.	PARALELO	160	16	10	3.2	75	70.8984375	
							567.1875		

11.5.3.- Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	ROSA 2.	PARALELO	125	16	10	3.3	55.0964187	46.7444975	9.08298716
2	ROSA 2.	PARALELO	100	16	10	3.4	41.5224913	46.7444975	
3	ROSA 2.	PARALELO	80	16	10	3.4	33.2179931	46.7444975	
4	ROSA 2.	PARALELO	115	16	10	3.4	47.7508651	46.7444975	
5	ROSA 2.	PARALELO	125	16	10	3.4	51.9031142	46.7444975	
6	ROSA 2.	PARALELO	80	16	10	3.3	35.261708	46.7444975	
7	ROSA 2.	PARALELO	125	16	10	3.4	51.9031142	46.7444975	
8	ROSA 2.	PARALELO	130	16	10	3.3	57.3002755	46.7444975	
							373.95598		



11.5.4.- Tono negra. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	NEGRA	PARALELO	60	16	10	3.2	28.125	36.772153	9.57428451
2	NEGRA	PARALELO	50	16	10	3.4	20.7612457	36.772153	
3	NEGRA	PARALELO	85	16	10	3.3	37.4655647	36.772153	
4	NEGRA	PARALELO	100	16	10	3.2	46.875	36.772153	
5	NEGRA	PARALELO	115	16	10	3.3	50.6887052	36.772153	
6	NEGRA	PARALELO	80	16	10	3.3	35.261708	36.772153	
7	NEGRA	PARALELO	75	16	10	3.2	35.15625	36.772153	
8	NEGRA	PARALELO	85	16	10	3.2	39.84375	36.772153	
							294.177224		

11.5.5.- Tono café Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	CAFÉ GALINDO	PARALELO	180	16	10	3.4	74.7404844	64.0152718	18.016229
2	CAFÉ GALINDO	PARALELO	195	16	10	3.3	85.9504132	64.0152718	
3	CAFÉ GALINDO	PARALELO	175	16	10	3.5	68.5714286	64.0152718	
4	CAFÉ GALINDO	PARALELO	180	16	10	3.2	84.375	64.0152718	
5	CAFÉ GALINDO	PARALELO	80	16	10	3.2	37.5	64.0152718	
6	CAFÉ GALINDO	PARALELO	100	16	10	3.2	46.875	64.0152718	
7	CAFÉ GALINDO	PARALELO	110	16	10	3.3	48.4848485	64.0152718	
8	CAFÉ GALINDO	PARALELO	140	16	10	3.2	65.625	64.0152718	
							512.122175		



11.5.6.- Tono café II Aculco.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	160	16	10	3.2	75	81.1452737	14.597518
2	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	190	16	10	3.4	78.8927336	81.1452737	
3	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	210	16	10	3.3	92.5619835	81.1452737	
4	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	230	16	10	3.3	101.37741	81.1452737	
5	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	120	16	10	3.3	52.892562	81.1452737	
6	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	180	16	10	3.2	84.375	81.1452737	
7	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	190	16	10	3.2	89.0625	81.1452737	
8	CAFÉ II ACULCO	PARALELO	160	16	10	3.2	75	81.1452737	
							649.162189		

11.5.7.- Tono naranja Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	NARANJA GALINDO	PARALELO	190	16	10	3.3	83.7465565	69.537332	10.333518
2	NARANJA GALINDO	PARALELO	135	16	10	3.2	63.28125	69.537332	
3	NARANJA GALINDO	PARALELO	110	16	10	3.1	54.942768	69.537332	
4	NARANJA GALINDO	PARALELO	170	16	10	3.3	74.9311295	69.537332	
5	NARANJA GALINDO	PARALELO	150	16	10	3.3	66.1157025	69.537332	
6	NARANJA GALINDO	PARALELO	125	16	10	3.2	58.59375	69.537332	
7	NARANJA GALINDO	PARALELO	160	16	10	3.2	75	69.537332	
8	NARANJA GALINDO	PARALELO	170	16	10	3.2	79.6875	69.537332	
							556.298656		



11.5.8.- Resumen.

NUMERO	TONO	PLANO DE	CONDICION	PROMEDIO
		FALLA		
1	GRIS	PARALELO	SATURADO	90.28
2	ROSA 1	PARALELO	SATURADO	70.9
3	ROSA 2	PARALELO	SATURADO	46.75
4	NEGRA	PARALELO	SATURADO	36.77
5	CAFÉ GALINDO	PARALELO	SATURADO	64.02
6	CAFÉ ACULCO	PARALELO	SATURADO	81.14
7	NARANJA GALINDO	PARALELO	SATURADO	69.54

11.5.9.- Grafica de flexión paralela al plano de falla en saturado (kg./cm²).

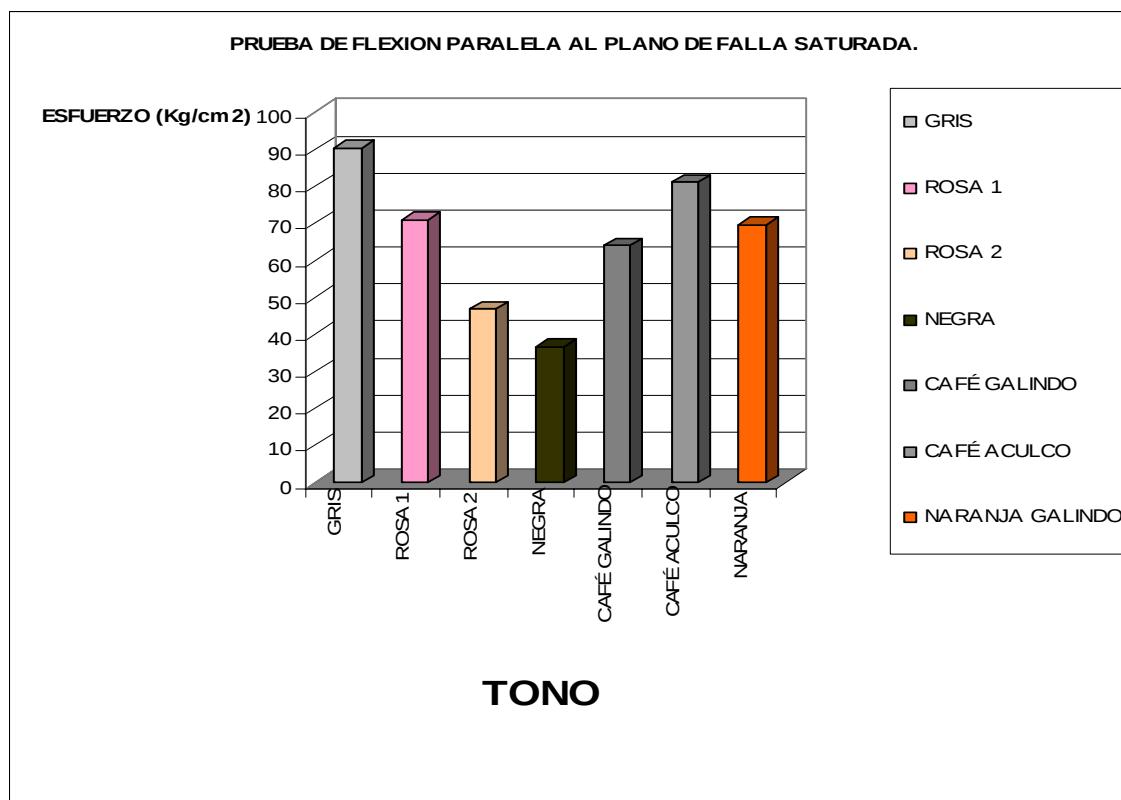


Fig. 57 Flexión paralela al plano de falla saturada J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que más Flexión Paralela Saturado tiene es la Gris debido a que su acomodo de las partículas y le sigue la Café II Aculco y la que menos



resistencia a la Flexión tiene es la Negra, sin embargo, resiste un poco menos que la Perpendicular al plano de falla.

11.6.- PRUEBA DE FLEXIÓN PERPENDICULAR SATURADO.

11.6.1.- Tono Gris.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	D	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	GRIS	PERPENDICULAR	290	16	10	3.2	135.9375	113.37891	11.8146
2	GRIS	PERPENDICULAR	240	16	10	3.2	112.5	113.37891	
3	GRIS	PERPENDICULAR	245	16	10	3.2	114.84375	113.37891	
4	GRIS	PERPENDICULAR	210	16	10	3.2	98.4375	113.37891	
5	GRIS	PERPENDICULAR	260	16	10	3.2	121.875	113.37891	
6	GRIS	PERPENDICULAR	215	16	10	3.2	100.78125	113.37891	
7	GRIS	PERPENDICULAR	240	16	10	3.2	112.5	113.37891	
8	GRIS	PERPENDICULAR	235	16	10	3.2	110.15625	113.37891	
							907.03125		

11.6.2.- Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	ROSA 1.	PERPENDICULAR	145	16	10	3.4	60.2076125	76.9778009	8.7978152
2	ROSA 1.	PERPENDICULAR	190	16	10	3.4	78.8927336	76.9778009	
3	ROSA 1.	PERPENDICULAR	165	16	10	3.4	68.5121107	76.9778009	
4	ROSA 1.	PERPENDICULAR	180	16	10	3.2	84.375	76.9778009	
5	ROSA 1.	PERPENDICULAR	160	16	10	3.2	75	76.9778009	
6	ROSA 1.	PERPENDICULAR	180	16	10	3.2	84.375	76.9778009	
7	ROSA 1.	PERPENDICULAR	180	16	10	3.3	79.338843	76.9778009	
8	ROSA 1.	PERPENDICULAR	205	16	10	3.4	85.1211073	76.9778009	
							615.822407		

11.6.3.- Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	ROSA 2.	PERPENDICULAR	100	16	10	3.4	41.5224913	48.9105911	7.01448929
2	ROSA 2.	PERPENDICULAR	130	16	10	3.4	53.9792388	48.9105911	
3	ROSA 2.	PERPENDICULAR	120	16	10	3.4	49.8269896	48.9105911	
4	ROSA 2.	PERPENDICULAR	120	16	10	3.3	52.892562	48.9105911	
5	ROSA 2.	PERPENDICULAR	85	16	10	3.3	37.4655647	48.9105911	
6	ROSA 2.	PERPENDICULAR	135	16	10	3.3	59.5041322	48.9105911	
7	ROSA 2.	PERPENDICULAR	105	16	10	3.2	49.21875	48.9105911	
8	ROSA 2.	PERPENDICULAR	100	16	10	3.2	46.875	48.9105911	
							391.284729		



11.6.4.- Tono negra. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	$\square$	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	NEGRA	PERPENDICULAR	95	16	10	3.2	44.53125	36.2541545	8.87350819
2	NEGRA	PERPENDICULAR	60	16	10	3.3	26.446281	36.2541545	
3	NEGRA	PERPENDICULAR	55	16	10	3.2	25.78125	36.2541545	
4	NEGRA	PERPENDICULAR	75	16	10	3.2	35.15625	36.2541545	
5	NEGRA	PERPENDICULAR	90	16	10	3.2	42.1875	36.2541545	
6	NEGRA	PERPENDICULAR	95	16	10	3.2	44.53125	36.2541545	
7	NEGRA	PERPENDICULAR	90	16	10	3.1	44.9531738	36.2541545	
8	NEGRA	PERPENDICULAR	60	16	10	3.3	26.446281	36.2541545	
							290.033236		

11.6.5.- Tono café Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	$\square$	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	170	16	10	3.3	74.9311295	66.3298468	13.30094
2	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	180	16	10	3.3	79.338843	66.3298468	
3	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	190	16	10	3.3	83.7465565	66.3298468	
4	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	145	16	10	3.3	63.9118457	66.3298468	
5	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	140	16	10	3.2	65.625	66.3298468	
6	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	95	16	10	3.3	41.8732782	66.3298468	
7	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	145	16	10	3.3	63.9118457	66.3298468	
8	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	130	16	10	3.3	57.3002755	66.3298468	
							530.638774		



11.6.6.- Tono café II Aculco.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	140	16	10	3.3	61.707989	67.4489984	10.764576
2	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	125	16	10	3.3	55.0964187	67.4489984	
3	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	120	16	10	3.3	52.892562	67.4489984	
4	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	160	16	10	3.3	70.523416	67.4489984	
5	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	150	16	10	3.3	66.1157025	67.4489984	
6	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	170	16	10	3.2	79.6875	67.4489984	
7	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	160	16	10	3.3	70.523416	67.4489984	
8	CAFÉ II ACULCO	PERPENDICULAR	200	16	10	3.4	83.0449827	67.4489984	
							539.591987		

11.6.7.- Tono naranja Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	□	Promedio	S
		FALLA	kg	cm	cm	cm	$3WL/(4bd^2)$		
1	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	180	16	10	3.3	79.338843	46.7749225	18.654189
2	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	135	16	10	3.3	59.5041322	46.7749225	
3	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	80	16	10	3.3	35.261708	46.7749225	
4	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	70	16	10	3.3	30.8539945	46.7749225	
5	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	70	16	10	3.3	30.8539945	46.7749225	
6	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	80	16	10	3.2	37.5	46.7749225	
7	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	80	16	10	3.3	35.261708	46.7749225	
8	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	140	16	10	3.2	65.625	46.7749225	
							374.19938		



11.6.8.- Resumen.

NUMERO	TONO	PLANO DE	CONDICION	PROMEDIO
		FALLA		
1	GRIS	PERPENDICULAR	SATURADO	113.38
2	ROSA 1	PERPENDICULAR	SATURADO	76.98
3	ROSA 2	PERPENDICULAR	SATURADO	48.91
4	NEGRA	PERPENDICULAR	SATURADO	36.25
5	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	SATURADO	66.32
6	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	SATURADO	67.45
7	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	SATURADO	46.77

11.6.9.- Grafica de flexión perpendicular al plano de falla en saturado (kg./cm²).

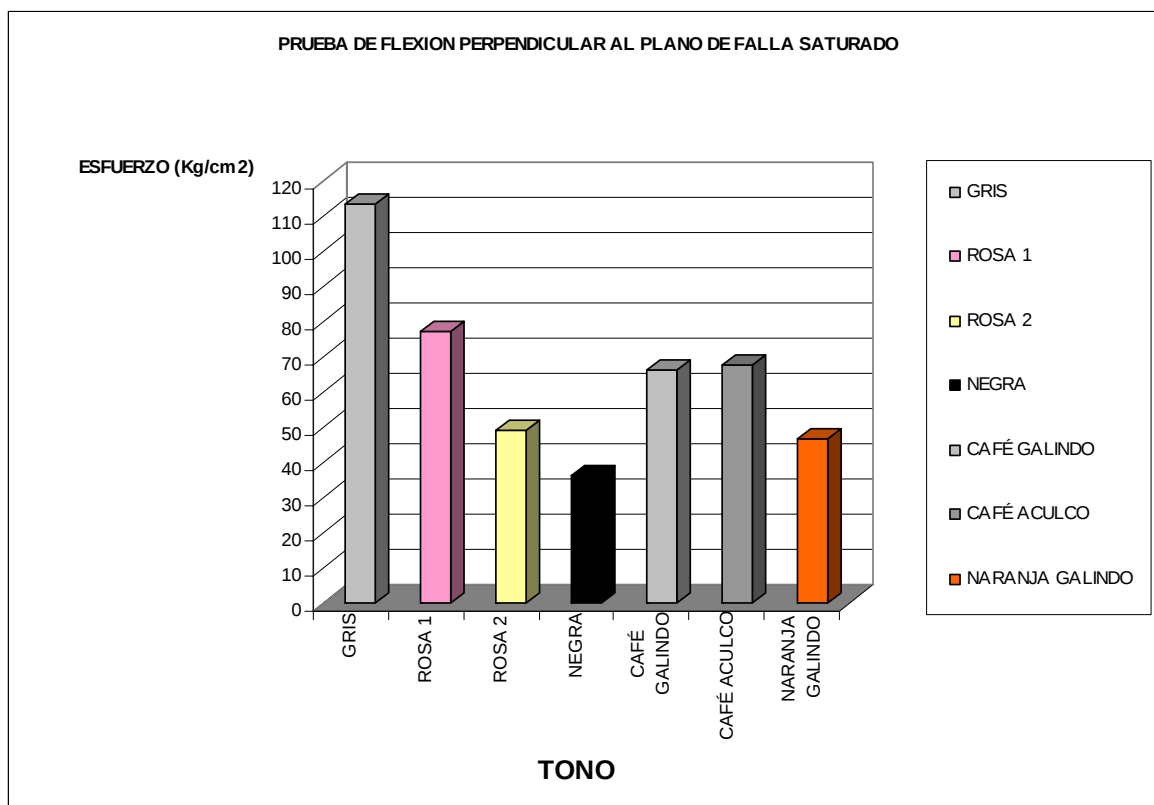


Fig. 58 Flexión perpendicular al plano de falla saturada J.F. Gómez-Lara et. al 2006



En esta prueba la ignimbrita que mas Flexión Perpendicular Saturada es la Gris debido a que su acomodo de las partículas le sigue es la Rosa1 y la que menos resistencia a la Flexión tiene es la Negra, sin embargo resiste mas que la Paralela al plano de falla.

11.7.- PRUEBA DE MODULO DE RUPTURA PARALELA EN SECO

En Donde:

W = PESO EN Kg

L = LONGITUD ENTRE APOLLOS

b = ANCHO

d = ESPESOR

MR = MODULO DE RUPTURA

11.7.1.- Tono Gris.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	GRIS	PARALELO	920	17.7	10	5.8	72.6099881	75.338782
2	GRIS	PARALELO	1140	17.7	10	6	84.075	
3	GRIS	PARALELO	800	17.7	10	5.8	63.1391201	
4	GRIS	PARALELO	1200	17.7	10	6	88.5	
5	GRIS	PARALELO	920	17.7	10	5.8	72.6099881	
6	GRIS	PARALELO	1000	17.7	10	5.8	78.9239001	
7	GRIS	PARALELO	900	17.7	10	5.8	71.0315101	
8	GRIS	PARALELO	910	17.7	10	5.8	71.8207491	
TOTAL							602.710256	

11.7.2.- Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	ROSA 1	PARALELO	800	17.7	10	5.8	63.1391201	65.6426273
2	ROSA 1	PARALELO	740	17.7	10	5.8	58.4036861	
3	ROSA 1	PARALELO	940	17.7	10	6	69.325	
4	ROSA 1	PARALELO	810	17.7	10	5.9	61.779661	
5	ROSA 1	PARALELO	820	17.7	10	5.9	62.5423729	
6	ROSA 1	PARALELO	840	17.7	10	5.9	64.0677966	
7	ROSA 1	PARALELO	940	17.7	10	5.9	71.6949153	
8	ROSA 1	PARALELO	940	17.7	10	5.8	74.1884661	
TOTAL							525.141018	



11.7.3.- Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	ROSA 2	PARALELO	800	17.7	10	6.1	57.0814297	41.3897424
2	ROSA 2	PARALELO	540	17.7	10	6	39.825	
3	ROSA 2	PARALELO	740	17.7	10	5.9	56.440678	
4	ROSA 2	PARALELO	660	17.7	10	5.9	50.3389831	
5	ROSA 2	PARALELO	580	17.7	10	5.9	44.2372881	
6	ROSA 2	PARALELO	400	17.7	10	5.8	31.56956	
7	ROSA 2	PARALELO	380	17.7	10	6	28.025	
8	ROSA 2	PARALELO	320	17.7	10	6	23.6	
TOTAL							331.117939	

11.7.4.- Tono negra. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	NEGRA	PARALELO	700	17.7	10	5.9	53.3898305	49.3333325
2	NEGRA	PARALELO	600	17.7	10	5.8	47.3543401	
3	NEGRA	PARALELO	610	17.7	10	5.9	46.5254237	
4	NEGRA	PARALELO	680	17.7	10	5.8	53.6682521	
5	NEGRA	PARALELO	620	17.7	10	5.9	47.2881356	
6	NEGRA	PARALELO	560	17.7	10	5.9	42.7118644	
7	NEGRA	PARALELO	700	17.7	10	5.9	53.3898305	
8	NEGRA	PARALELO	660	17.7	10	5.9	50.3389831	
TOTAL							394.66666	



11.7.5.- Tono café Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	CAFÉ GALINDO	PARALELO	840	17.7	10	6	61.95	62.9459216
2	CAFÉ GALINDO	PARALELO	820	17.7	10	5.9	62.5423729	
3	CAFÉ GALINDO	PARALELO	700	17.7	10	6	51.625	
4	CAFÉ GALINDO	PARALELO	780	17.7	10	6	57.525	
5	CAFÉ GALINDO	PARALELO	800	17.7	10	6	59	
6	CAFÉ GALINDO	PARALELO	1040	17.7	10	6	76.7	
7	CAFÉ GALINDO	PARALELO	960	17.7	10	6	70.8	
8	CAFÉ GALINDO	PARALELO	860	17.7	10	6	63.425	
TOTAL							503.567373	

11.7.6.- Tono café II Aculco.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	CAFÉ ACULCO	PARALELO	940	17.7	10	5.8	74.1884661	66.2338989
2	CAFÉ ACULCO	PARALELO	660	17.7	10	5.8	52.0897741	
3	CAFÉ ACULCO	PARALELO	900	17.7	10	6	66.375	
4	CAFÉ ACULCO	PARALELO	960	17.7	10	5.9	73.220339	
5	CAFÉ ACULCO	PARALELO	910	17.7	10	5.9	69.4067797	
6	CAFÉ ACULCO	PARALELO	920	17.7	10	5.9	70.1694915	
7	CAFÉ ACULCO	PARALELO	700	17.7	10	5.9	53.3898305	
8	CAFÉ ACULCO	PARALELO	900	17.7	10	5.8	71.0315101	
TOTAL							529.871191	



11.7.7.- Tono naranja Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	NARANJA GALINDO	PARALELO	860	17.7	10	5.8	67.8745541	54.233052
2	NARANJA GALINDO	PARALELO	840	17.7	10	6	61.95	
3	NARANJA GALINDO	PARALELO	760	17.7	10	6	56.05	
4	NARANJA GALINDO	PARALELO	800	17.7	10	6	59	
5	NARANJA GALINDO	PARALELO	480	17.7	10	5.9	36.6101695	
6	NARANJA GALINDO	PARALELO	780	17.7	10	6	57.525	
7	NARANJA GALINDO	PARALELO	680	17.7	10	5.8	53.6682521	
8	NARANJA GALINDO	PARALELO	540	17.7	10	5.9	41.1864407	
TOTAL							433.864416	

11.7.8.- Resumen.

TONO	PLANO DE	CONDICION	PROMEDIO
	FALLA		
GRIS	PARALELAS	SECA	75.34
ROSA 1	PARALELAS	SECA	65.64
ROSA 2	PARALELAS	SECA	41.39
NEGRA	PARALELAS	SECA	49.33
CAFÉ GALINDO	PARALELAS	SECA	62.95
CAFÉ ACULCO	PARALELAS	SECA	66.24
NARANJA GALINDO	PARALELAS	SECA	54.23



11.7.9.- GRAFICA DE MODULO DE RUPTURA PARALELA AL PLANO DE FALLA (Kg./cm²).

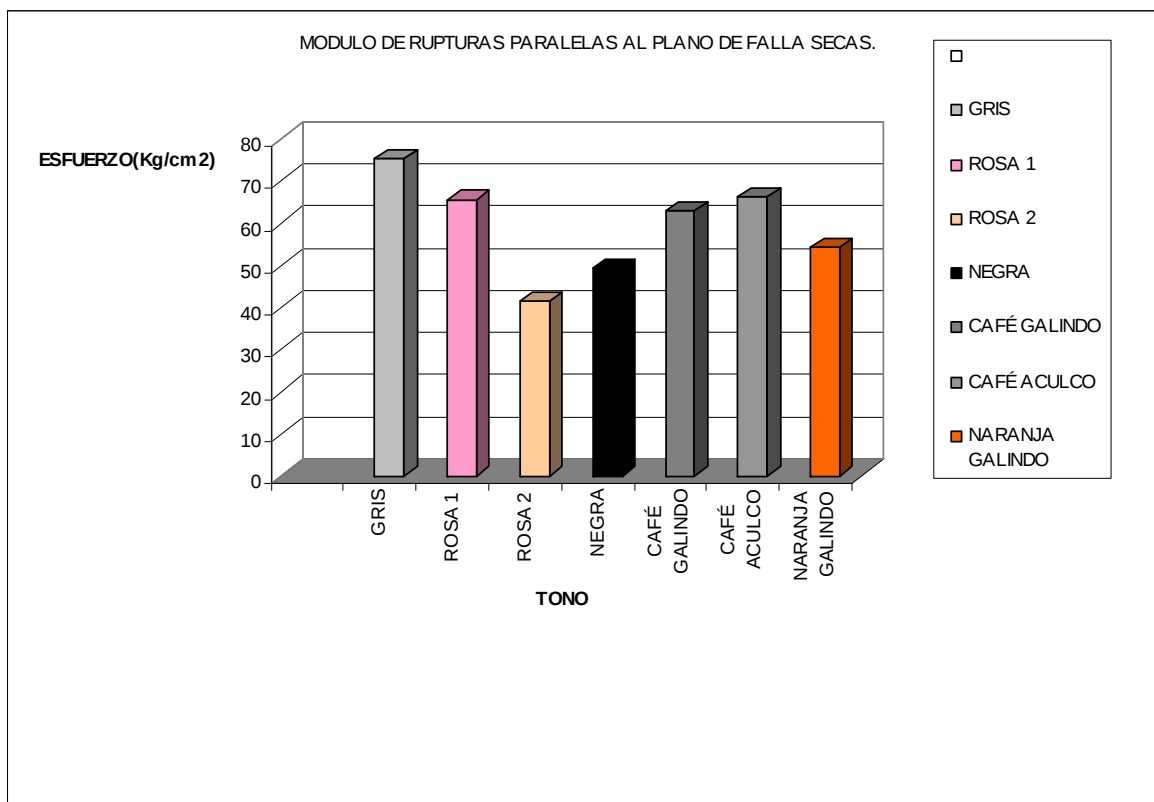


Fig. 59 Modulo de ruptura paralelo al plano de falla seco J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que mas Resistencia al Modulo de ruptura Paralela al Plano de Falla en seco tiene es la Gris debido a su acomodo de las partículas y le sigue la Café II Aculco y la que menos resistencia a la Flexión tiene es la Rosa2, sin embargo resiste mas que la Perpendicular al plano de falla.



11.8. PRUEBA DE MODULO DE RUPTURA PERPENDICULAR EN SECO.

11.8.1.- Tono Gris.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	GRIS	PERPENDICULAR	960	17.7	10	5.8	75.7669441	69.2371005
2	GRIS	PERPENDICULAR	780	17.7	10	5.8	61.5606421	
3	GRIS	PERPENDICULAR	880	17.7	10	5.8	69.4530321	
4	GRIS	PERPENDICULAR	865	17.7	10	5.8	68.2691736	
5	GRIS	PERPENDICULAR	920	17.7	10	5.8	72.6099881	
6	GRIS	PERPENDICULAR	660	17.7	10	5.6	55.8769133	
7	GRIS	PERPENDICULAR	920	17.7	10	5.7	75.1800554	
8	GRIS	PERPENDICULAR	920	17.7	10	5.7	75.1800554	
TOTAL							553.896804	

11.8.2. Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	ROSA 1	PERPENDICULAR	820	17.7	10	6.1	58.5084655	66.6523294
2	ROSA 1	PERPENDICULAR	1000	17.7	10	6	73.75	
3	ROSA 1	PERPENDICULAR	940	17.7	10	6	69.325	
4	ROSA 1	PERPENDICULAR	1040	17.7	10	6	76.7	
5	ROSA 1	PERPENDICULAR	800	17.7	10	5.9	61.0169492	
6	ROSA 1	PERPENDICULAR	940	17.7	10	6	69.325	
7	ROSA 1	PERPENDICULAR	800	17.7	10	6	59	
8	ROSA 1	PERPENDICULAR	860	17.7	10	5.9	65.5932203	
TOTAL							533.218635	

11.8.3.- Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA					$3WL/(2bd^2)$	
1	ROSA 2	PERPENDICULAR	620	17.7	10	6	45.725	49.3792025
2	ROSA 2	PERPENDICULAR	680	17.7	10	6	50.15	
3	ROSA 2	PERPENDICULAR	645	17.7	10	6.1	46.0219027	
4	ROSA 2	PERPENDICULAR	780	17.7	10	6.1	55.654394	
5	ROSA 2	PERPENDICULAR	700	17.7	10	6.1	49.946251	
6	ROSA 2	PERPENDICULAR	740	17.7	10	6	54.575	
7	ROSA 2	PERPENDICULAR	680	17.7	10	6	50.15	
8	ROSA 2	PERPENDICULAR	600	17.7	10	6.1	42.8110723	
TOTAL							395.03362	



11.8.4.- Tono negra. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	NEGRA	PERPENDICULAR	420	17.7	10	5.9	32.0338983	32.2722458
2	NEGRA	PERPENDICULAR	380	17.7	10	5.9	28.9830508	
3	NEGRA	PERPENDICULAR	435	17.7	10	5.9	33.1779661	
4	NEGRA	PERPENDICULAR	540	17.7	10	5.9	41.1864407	
5	NEGRA	PERPENDICULAR	510	17.7	10	5.9	38.8983051	
6	NEGRA	PERPENDICULAR	360	17.7	10	5.9	27.4576271	
7	NEGRA	PERPENDICULAR	430	17.7	10	5.9	32.7966102	
8	NEGRA	PERPENDICULAR	310	17.7	10	5.9	23.6440678	
TOTAL							258.177966	

11.8.5.- Tono café Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	685	17.7	10	6	50.51875	51.6743882
2	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	675	17.7	10	5.9	51.4830508	
3	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	680	17.7	10	5.9	51.8644068	
4	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	780	17.7	10	5.9	59.4915254	
5	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	720	17.7	10	5.9	54.9152542	
6	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	644	17.7	10	6	47.495	
7	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	670	17.7	10	5.9	51.1016949	
8	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	610	17.7	10	5.9	46.5254237	
TOTAL							413.395106	



11.8.6.- Tono café II Aculco.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	760	17.7	10	6	56.05	51.9162797
2	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	580	17.7	10	5.8	45.7758621	
3	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	560	17.7	10	5.8	44.1973841	
4	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	630	17.7	10	6	46.4625	
5	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	740	17.7	10	6	54.575	
6	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	720	17.7	10	6	53.1	
7	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	670	17.7	10	5.9	51.1016949	
8	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	840	17.7	10	5.9	64.0677966	
TOTAL							415.330238	

11.8.7.- Tono naranja Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	510	17.7	10	6	37.6125	35.4835011
2	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	500	17.7	10	6	36.875	
3	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	200	17.7	10	6	14.75	
4	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	580	17.7	10	6	42.775	
5	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	780	17.7	10	6	57.525	
6	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	400	17.7	10	5.9	30.5084746	
7	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	400	17.7	10	6	29.5	
8	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	450	17.7	10	5.9	34.3220339	
TOTAL							283.868008	



11.8.8.- Resumen.

TONO	PLANO DE FALLA	CONDICION	PROMEDIO
	FALLA		
GRIS	PERPENDICULAR	SECA	69.24
ROSA 1	PERPENDICULAR	SECA	66.65
ROSA 2	PERPENDICULAR	SECA	49.38
NEGRA	PERPENDICULAR	SECA	32.27
CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	SECA	51.67
CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	SECA	51.92
NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	SECA	35.48

11.8.9.- Grafica de modulo de ruptura perpendicular al plano de falla (kg./cm²).

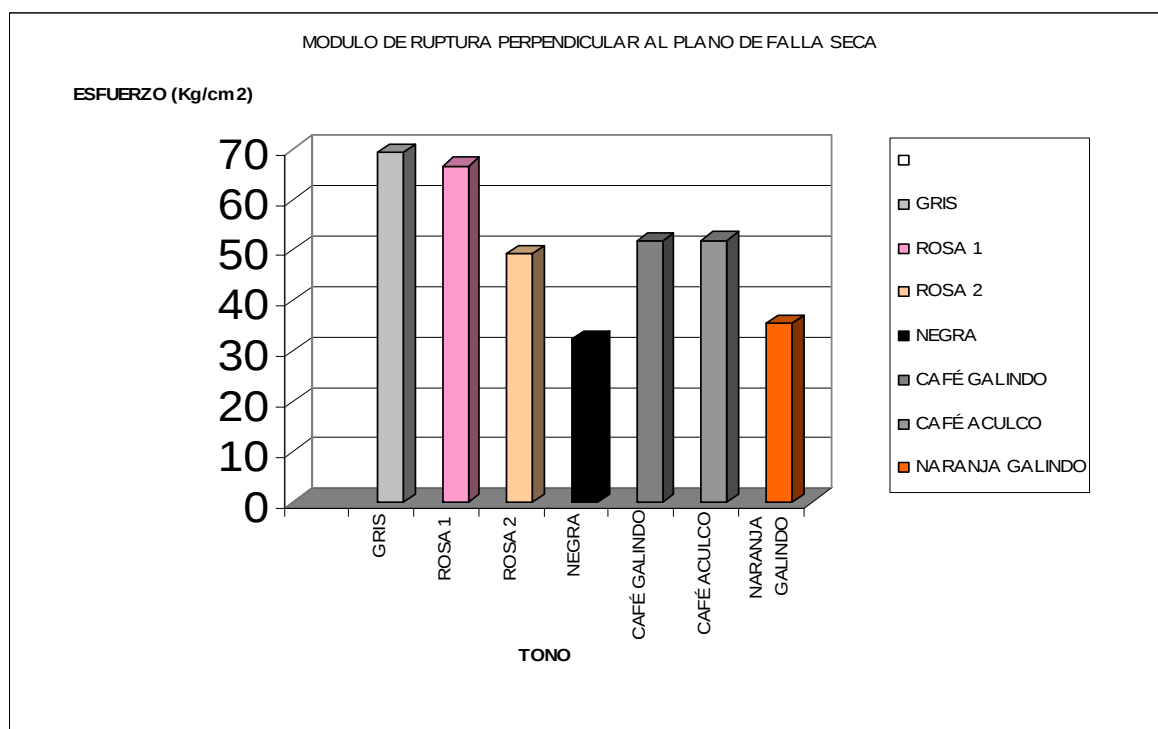


Fig. 60 Modulo de ruptura perpendicular al plano de falla seco J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que mas Resistencia al Modulo de ruptura Perpendicular al Plano de Falla en seco tiene es la Gris debido a que su acomodo de las partículas y le sigue la Rosa1 y la que menos resistencia a el Modulo de Ruptura tiene es la negra, sin embargo resiste menos que la Paralela al plano de falla.



11.9. PRUEBA DE MODULO DE RUPTURA PARALELA SATURADO.

11.9.1.- Tono Gris.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	GRIS	PARALELO	900	17.7	10	5.9	68.6440678	72.6979873
2	GRIS	PARALELO	920	17.7	10	5.9	70.1694915	
3	GRIS	PARALELO	980	17.7	10	5.9	74.7457627	
4	GRIS	PARALELO	990	17.7	10	6	73.0125	
5	GRIS	PARALELO	980	17.7	10	5.9	74.7457627	
6	GRIS	PARALELO	970	17.7	10	6	71.5375	
7	GRIS	PARALELO	960	17.7	10	5.9	73.220339	
8	GRIS	PARALELO	990	17.7	10	5.9	75.5084746	
TOTAL							581.583898	

11.9.2.- Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	ROSA 1	PARALELO	620	17.7	10	5.8	48.9328181	46.3339222
2	ROSA 1	PARALELO	600	17.7	10	5.9	45.7627119	
3	ROSA 1	PARALELO	560	17.7	10	5.9	42.7118644	
4	ROSA 1	PARALELO	640	17.7	10	5.9	48.8135593	
5	ROSA 1	PARALELO	560	17.7	10	5.9	42.7118644	
6	ROSA 1	PARALELO	580	17.7	10	6	42.775	
7	ROSA 1	PARALELO	680	17.7	10	6	50.15	
8	ROSA 1	PARALELO	640	17.7	10	5.9	48.8135593	
TOTAL							370.671377	

11.9.3.- Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA					$3WL/(2bd^2)$	
1	ROSA 2	PARALELO	200	17.7	10	5.9	15.2542373	21.9089294
2	ROSA 2	PARALELO	240	17.7	10	6	17.7	
3	ROSA 2	PARALELO	330	17.7	10	5.9	25.1694915	
4	ROSA 2	PARALELO	240	17.7	10	5.9	18.3050847	
5	ROSA 2	PARALELO	400	17.7	10	6.1	28.5407149	
6	ROSA 2	PARALELO	460	17.7	10	6.1	32.8218221	
7	ROSA 2	PARALELO	260	17.7	10	6	19.175	
8	ROSA 2	PARALELO	240	17.7	10	5.9	18.3050847	
TOTAL							175.271435	



11.9.4.- Tono negra. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	NEGRA	PARALELO	340	17.7	10	5.9	25.9322034	26.826975
2	NEGRA	PARALELO	360	17.7	10	6	26.55	
3	NEGRA	PARALELO	380	17.7	10	5.9	28.9830508	
4	NEGRA	PARALELO	360	17.7	10	6	26.55	
5	NEGRA	PARALELO	220	17.7	10	5.8	17.363258	
6	NEGRA	PARALELO	390	17.7	10	5.9	29.7457627	
7	NEGRA	PARALELO	400	17.7	10	5.9	30.5084746	
8	NEGRA	PARALELO	380	17.7	10	5.9	28.9830508	
TOTAL							214.6158	

11.9.5.- Tono café Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	CAFÉ GALINDO	PARALELO	740	17.7	10	6	54.575	54.4457627
2	CAFÉ GALINDO	PARALELO	880	17.7	10	6	64.9	
3	CAFÉ GALINDO	PARALELO	700	17.7	10	6	51.625	
4	CAFÉ GALINDO	PARALELO	800	17.7	10	6	59	
5	CAFÉ GALINDO	PARALELO	760	17.7	10	5.9	57.9661017	
6	CAFÉ GALINDO	PARALELO	740	17.7	10	6	54.575	
7	CAFÉ GALINDO	PARALELO	480	17.7	10	6	35.4	
8	CAFÉ GALINDO	PARALELO	780	17.7	10	6	57.525	
TOTAL							435.566102	



11.9.6.- Tono café II Aculco.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	CAFÉ ACULCO	PARALELO	320	17.7	10	5.8	25.255648	34.4641658
2	CAFÉ ACULCO	PARALELO	340	17.7	10	5.9	25.9322034	
3	CAFÉ ACULCO	PARALELO	300	17.7	10	5.9	22.8813559	
4	CAFÉ ACULCO	PARALELO	420	17.7	10	5.9	32.0338983	
5	CAFÉ ACULCO	PARALELO	440	17.7	10	5.9	33.559322	
6	CAFÉ ACULCO	PARALELO	660	17.7	10	5	70.092	
7	CAFÉ ACULCO	PARALELO	460	17.7	10	6	33.925	
8	CAFÉ ACULCO	PARALELO	420	17.7	10	5.9	32.0338983	
TOTAL							275.713326	

11.9.7.- Tono naranja Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	NARANJA GALINDO	PARALELO	760	17.7	10	6	56.05	48.8625
2	NARANJA GALINDO	PARALELO	540	17.7	10	6	39.825	
3	NARANJA GALINDO	PARALELO	680	17.7	10	5.9	51.8644068	
4	NARANJA GALINDO	PARALELO	760	17.7	10	6	56.05	
5	NARANJA GALINDO	PARALELO	480	17.7	10	6	35.4	
6	NARANJA GALINDO	PARALELO	760	17.7	10	6	56.05	
7	NARANJA GALINDO	PARALELO	500	17.7	10	5.9	38.1355932	
8	NARANJA GALINDO	PARALELO	780	17.7	10	6	57.525	
TOTAL							390.9	



11.9.8.- Resumen.

TONO	PLANO DE	CONDICION	PROMEDIO
	FALLA		
GRIS	PARALELAS	SATURADA	72.7
ROSA 1	PARALELAS	SATURADA	46.34
ROSA 2	PARALELAS	SATURADA	21.91
NEGRA	PARALELAS	SATURADA	26.83
CAFÉ GALINDO	PARALELAS	SATURADA	54.44
CAFÉ ACULCO	PARALELAS	SATURADA	34.46
NARANJA GALINDO	PARALELAS	SATURADA	48.86

11.9.9.- Grafica de modulo de ruptura paralela plano de falla saturado (kg./cm²).

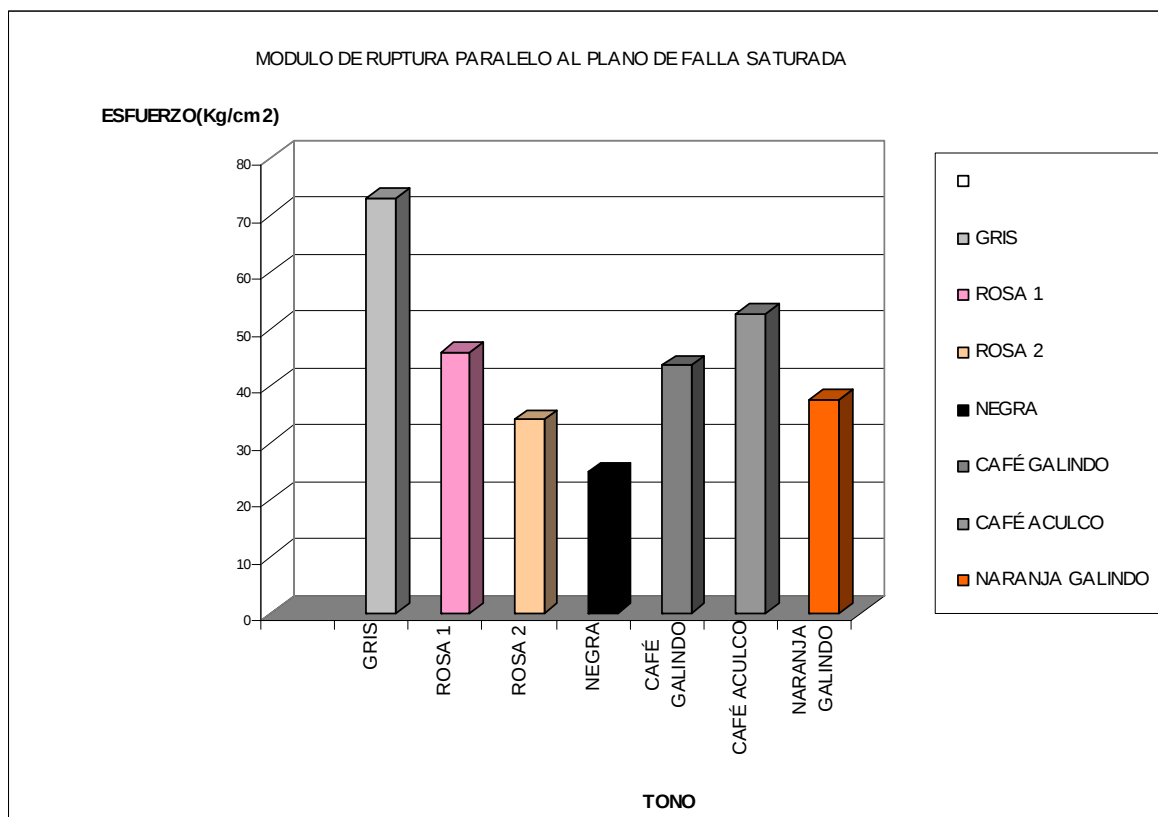


Fig. 61 Modulo de ruptura paralelo al plano de falla saturado J.F. Gómez-Lara et. al 2006

En esta prueba la ignimbrita que mas Resistencia al Modulo de ruptura Paralela al Plano de Falla saturada tiene es la Gris debido a que su acomodo de las particulas y le sigue es la Café Galindo y la que menos resistencia a el Modulo de Ruptura es la Rosa 2 , sin embargo resiste menos que la Paralela al plano de falla Saturada.



11.10.- PRUEBA DE MODULO DE RUPTURA PERPENDICULAR SATURADO EN (Kg./cm²).

11.10.1.- Tono Gris.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	GRIS	PERPENDICULAR	990	17.7	10	5.8	78.1346611	73.0453477
2	GRIS	PERPENDICULAR	840	17.7	10	5.8	66.2960761	
3	GRIS	PERPENDICULAR	940	17.7	10	5.8	74.1884661	
4	GRIS	PERPENDICULAR	900	17.7	10	5.8	71.0315101	
5	GRIS	PERPENDICULAR	860	17.7	10	5.8	67.8745541	
6	GRIS	PERPENDICULAR	840	17.7	10	5.8	66.2960761	
7	GRIS	PERPENDICULAR	960	17.7	10	5.6	81.2755102	
8	GRIS	PERPENDICULAR	970	17.7	10	5.7	79.265928	
TOTAL							584.362782	

11.10.2.- Tono rosa 1. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	ROSA 1	PERPENDICULAR	680	17.7	10	6	50.15	45.7774515
2	ROSA 1	PERPENDICULAR	670	17.7	10	6	49.4125	
3	ROSA 1	PERPENDICULAR	580	17.7	10	5.8	45.7758621	
4	ROSA 1	PERPENDICULAR	620	17.7	10	6	45.725	
5	ROSA 1	PERPENDICULAR	610	17.7	10	6	44.9875	
6	ROSA 1	PERPENDICULAR	575	17.7	10	6	42.40625	
7	ROSA 1	PERPENDICULAR	590	17.7	10	6	43.5125	
8	ROSA 1	PERPENDICULAR	600	17.7	10	6	44.25	
TOTAL							366.219612	

11.10.3.- Tono rosa 2. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA					$3WL/(2bd^2)$	
1	ROSA 2	PERPENDICULAR	560	17.7	10	6.2	38.6784599	34.0372854
2	ROSA 2	PERPENDICULAR	420	17.7	10	6.1	29.9677506	
3	ROSA 2	PERPENDICULAR	480	17.7	10	6	35.4	
4	ROSA 2	PERPENDICULAR	420	17.7	10	6.1	29.9677506	
5	ROSA 2	PERPENDICULAR	470	17.7	10	6	34.6625	
6	ROSA 2	PERPENDICULAR	540	17.7	10	6	39.825	
7	ROSA 2	PERPENDICULAR	420	17.7	10	6	30.975	
8	ROSA 2	PERPENDICULAR	460	17.7	10	6.1	32.8218221	
TOTAL							272.298283	



11.10.4.- Tono negra. Querétaro.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	NEGRA	PERPENDICULAR	280	17.7	10	5.8	22.098692	24.75492
2	NEGRA	PERPENDICULAR	380	17.7	10	5.8	29.991082	
3	NEGRA	PERPENDICULAR	300	17.7	10	5.8	23.67717	
4	NEGRA	PERPENDICULAR	300	17.7	10	5.8	23.67717	
5	NEGRA	PERPENDICULAR	320	17.7	10	5.9	24.4067797	
6	NEGRA	PERPENDICULAR	320	17.7	10	5.8	25.255648	
7	NEGRA	PERPENDICULAR	320	17.7	10	5.8	25.255648	
8	NEGRA	PERPENDICULAR	300	17.7	10	5.8	23.67717	
TOTAL							198.03936	

11.10.5.- Tono café Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	800	17.7	10	5.9	61.0169492	43.5013771
2	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	680	17.7	10	5.9	51.8644068	
3	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	540	17.7	10	5.9	41.1864407	
4	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	520	17.7	10	6	38.35	
5	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	480	17.7	10	5.9	36.6101695	
6	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	510	17.7	10	5.9	38.8983051	
7	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	560	17.7	10	5.9	42.7118644	
8	CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	490	17.7	10	5.9	37.3728814	
TOTAL							348.011017	



11.10.6.- Tono café II Aculco.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	640	17.7	10	5.8	50.5112961	52.6236066
2	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	700	17.7	10	6	51.625	
3	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	690	17.7	10	5.8	54.4574911	
4	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	710	17.7	10	5.8	56.0359691	
5	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	680	17.7	10	5.8	53.6682521	
6	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	600	17.7	10	5.8	47.3543401	
7	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	620	17.7	10	5.8	48.9328181	
8	CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	740	17.7	10	5.8	58.4036861	
TOTAL							420.988853	

11.10.7.- Tono naranja Galindo.

Nº	TONO	PLANO DE	W	L	b	d	MR	PROMEDIO
		FALLA	Kg	cm	cm	cm	$3WL/(2bd^2)$	
1	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	280	17.7	10	6	20.65	37.611679
2	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	300	17.7	10	6	22.125	
3	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	740	17.7	10	5.9	56.440678	
4	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	380	17.7	10	5.9	28.9830508	
5	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	340	17.7	10	5.9	25.9322034	
6	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	960	17.7	10	6	70.8	
7	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	380	17.7	10	6	28.025	
8	NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	650	17.7	10	6	47.9375	
TOTAL							300.893432	



11.10.8.- Resumen.

TONO	PLANO DE	CONDICION	PROMEDIO
	FALLA		
GRIS	PERPENDICULAR	SATURADA	73.05
ROSA 1	PERPENDICULAR	SATURADA	45.77
ROSA 2	PERPENDICULAR	SATURADA	34.04
NEGRA	PERPENDICULAR	SATURADA	24.75
CAFÉ GALINDO	PERPENDICULAR	SATURADA	43.5
CAFÉ ACULCO	PERPENDICULAR	SATURADA	52.63
NARANJA GALINDO	PERPENDICULAR	SATURADA	37.61

11.10.9.- Grafica de modulo de ruptura perpendicular al plano de falla (kg./cm²).

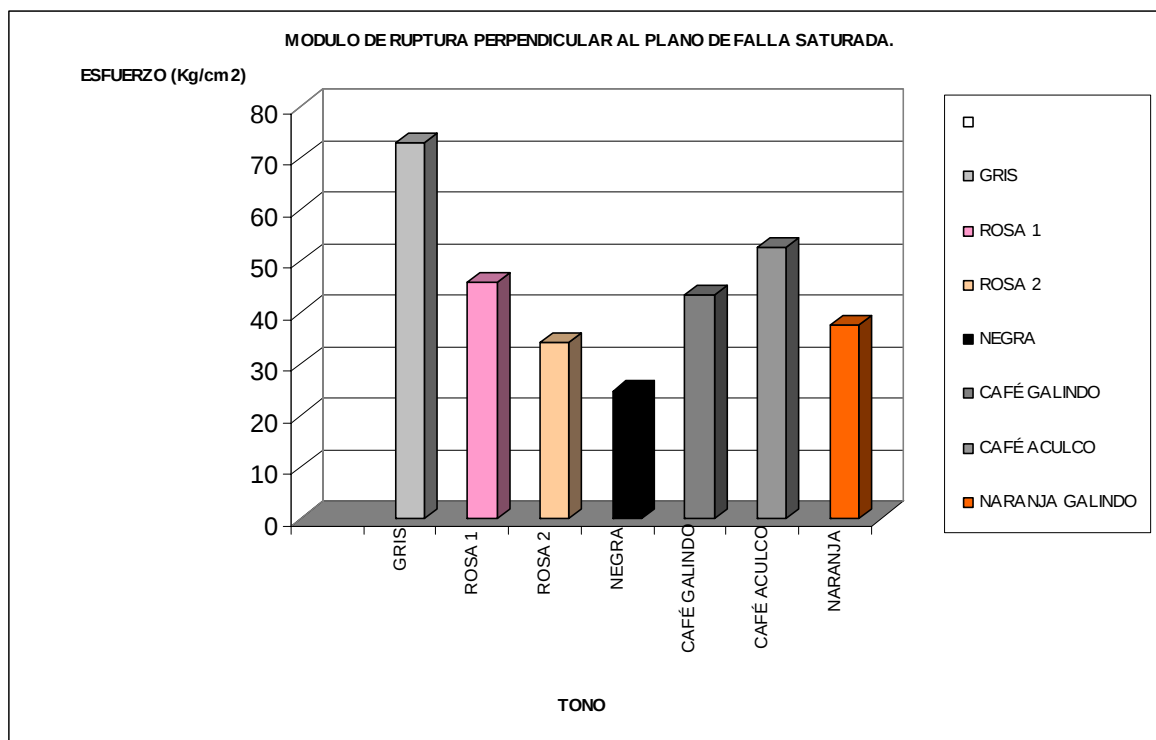


Fig. 62 Modulo de ruptura perpendicular al plano de falla saturado J.F. Gómez-Lara et. al 2006.

En esta prueba la ignimbrita que mas Resistencia al Modulo de ruptura Perpendicular al Plano de Falla en seco tiene es la Gris debido a que su acomodo de las partículas y le sigue la Café Aculco y la que menos resistencia al Modulo de Ruptura tiene es la negra, sin embargo resiste mas que la Paralela al plano de falla.



12.-RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS ESTUDIOS DE DURABILIDAD.

12.1. PRUEBA DE MOJADO Y SECADO.

12.1.1. Tono gris y tono rosa 1. Paralelas sin recubrir.

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	1.058761249
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	1.221455125
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	1.135749054
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	1.088082902
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	1.245459263
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.313479624
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.110436223
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.109950522
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.111234705
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.056211355
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.165654335
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				



12.1.2. Tono gris y tono rosa 1. Perpendicular sin recubrir.

PLANO DE FALLA	TONO	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.791407575
PERPENDICULAR	ROSA 1				1.013874066
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.986842105
PERPENDICULAR	ROSA 1				0.989010989
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	1.069518717
PERPENDICULAR	ROSA 1				1.144414169
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.213903743
PERPENDICULAR	GRIS				0.112485939
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.121580547
PERPENDICULAR	GRIS				0.121285628
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.12292563
PERPENDICULAR	GRIS				0.060096154



12.1.3. Tono gris y tono rosa 1. Paralelas con recubrir.

PLANO DE FALLA	TONO	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.530503979
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.537056928
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.373931624
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.558035714
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.485698867
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.494233937
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.052854123
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.16025641
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.054824561
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.057438254
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.109829764
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.260281104
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				



12.1.4. Tono gris y tono rosa 1. Perpendicular con recubrir.

PLANO DE FALLA	TONO	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.4784689
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.326264274
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.264550265
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.32
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.587293113
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.581395349
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.157068063
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.105540897
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.053418803
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.216099406
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.119402985
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.10373444
PERPENDICULAR	GRIS				

En esta prueba de mojado y secado únicamente fue aplicado a dos de los tonos del experimento que fueron la Gris y la Rosa1, aplicando las normas internacionales, a estos tonos se les realizó tanto en paralelo como en perpendicular con recubrimiento y sin recubrimiento haciendo un total de 34 ciclos a cada tono y un total de 48 muestras representativas de cada tono, 24 sin recubrir 12 paralelas y 12 perpendiculares y 24 recubiertas 12 paralelas y 12 perpendiculares. En las no recubiertas se notaron pocos cambios sin embargo la recubierta mostró que al sacarla del horno y ponerla a saturar se veía que absorbía menos agua que la recubierta y al poner a secar la recubierta generaba eflorescencia por la humedad que absorbía y durante los últimos ciclos se fue desgastando un poco el recubrimiento haciéndose un poco borroso ya que los números de marca de la muestra casi se le borraba a las ignimbritas recubiertas.



12.2. PRUEBA DE CONGELACIÓN.

12.2.1. Tono gris y tono rosa 1. Paralelas sin recubrir.

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	1.372648704
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.960080849
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.798722045
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.760043431
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.820933812
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.805152979
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	
PARALELA	GRIS				0.055834729
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.162249865
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.057438254
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.056338028
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.053078556
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.054347826
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				



12.2.2. Tono gris y tono rosa 1. Perpendicular sin recubrir.

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.633640553
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.481283422
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.710479574
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.523286238
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.573723465
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.817757009
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	2.400893356
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.216333153
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	7.69672602
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.169014085
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	3.821656051
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	1.086956522
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS				



12.2.3. Tono gris y tono rosa 1. Paralelas con recubrir.

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	1.08754758
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.209973753
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.053937433
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.160944206
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.531632111
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	NO	0.206504904
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.114942529
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.057736721
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.055991041
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	1.464435146
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	NO	0.057110223
PARALELA	GRIS				



12.2.4. Tono gris y tono rosa 1. Perpendicular con recubrir.

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.346420323
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.216216216
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.23242301
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.231615518
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	NO	0.229621125
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.269832704
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.107526882
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.121065375
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.158646219
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.053106745
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	NO	0.106213489
PERPENDICULAR	GRIS				

En esta Prueba de Congelación y Deshielo se le aplicó únicamente a dos tonos con un total de 48 muestras, 24 de cada tono, 12 paralelas y 12 perpendiculares, 6 recubiertas y 6 sin recubrir. La congelación se realizó en una cámara de refrigeración a una temperatura de menos 22 grados centígrados el secado se hizo en 24 horas al sol y la saturación se realizó 12 horas en tinas, al congelarse sufría pocos cambios y al sacarse se le notaba la cristalización del agua formando hielo, las muestras sin recubrimiento quedaban claras o sea más limpias y se notaban los poros más en el tono de la Rosa1, sin embargo las recubiertas les pasaba lo contrario se ponían más borrosas y el recubrimiento al secarse mostraba un poco de grietas pero únicamente en la capa del recubrimiento porque en la muestra no hubo ninguna fractura esto se debe a que la ignimbrita tiene un grado alto de acomodo de sus partículas y para que fracture por congelación y deshielo se necesita que sea mas porosa para que penetre agua y se congele y el hielo pueda fracturar a la roca por los esfuerzos internos generados.



12.3. PRUEBA DEL SULFATO.

12.9.3. 1. Sin Recubrimiento.

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	CRISTALIZACION	
PERPENDICULAR	ROSA 1	SI	SI	SI	-7.147041593
PERPENDICULAR	ROSA 1	SI	SI	SI	

12.3.2. Con Recubrimiento.

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	CRISTALIZACION	
PERPENDICULAR	ROSA 1	SI	SI	SI	-5.77034045
PERPENDICULAR	ROSA 1	SI	SI	SI	

En la prueba del sulfato de sodio únicamente se le aplicó a dos piezas del tono Rosa1, Perpendicular al plano de falla, una recubierta y otra sin recubrir, únicamente se le aplicó a dos muestras por la cantidad de sulfato de sodio requerida ya que se necesitaba 1frasco por cada 5 litros de agua, esto únicamente para sumergir una sola pieza. Se realizaron 5 ciclos y en el primero se comenzó a notar cambios ya que al sacar las piezas de la solución la cristalización y la eflorescencia se noto de una manera en el incremento de los cristales de las dos piezas y al secarse en el horno adquiriría un color blanco por la sal de la solución.

En la que no tenía recubrimiento, al segundo ciclo ya presentaba fracturas y escamas en la parte lateral y en la cara superior, de igual manera al secarse se endurecían las piezas y recobraban la superficie saturada en sales de la solución preparada obteniendo un color blanco. En el tercer ciclo las muestras ya presentaban un 90 % de fracturas y ya en un 30 % de desgaste en cada pieza. Al final de los ciclos de saturado y secado se desintegró gran parte de la pieza por el ataque de la solución dejando cristales y partículas finas de la ignimbrita mezclados con la sal del sulfato de sodio.



12.4. PRUEBA DE INTEMPERISMO.

12.4.1.-Ignimbrita paralela sin recubrimiento

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS				



12.4.2.-Ignimbrita Perpendicular sin recubrimiento

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				



12.4.3.-Ignimbrita Paralela con Recubrimiento.

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PARALELA	ROSA 1				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				
PARALELA	GRIS	NO	NO	SI	0
PARALELA	GRIS				



12.4.4.-Ignimbrita Perpendicular con Recubrimiento

PLANO DE FALLA	COLOR	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
		FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	ROSA 1	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	ROSA 1				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				
PERPENDICULAR	GRIS	NO	NO	SI	0
PERPENDICULAR	GRIS				

Esta prueba de intemperismo se aplicó a 48 muestras, 24 recubiertas y 24 sin recubrir de las cuales 12 eran Paralelas y 12 Perpendiculares de ambos colores. Estas piezas fueron puestas al intemperismo natural de Morelia Michoacán generando un microclima para que se generaran hongos y microorganismos destructores de la roca.

En los resultados visuales que se observan en la recopilación fotográfica en el capítulo 9 de esta tesis se puede apreciar que el microrecubrimiento no inhibe el crecimiento de los hongos sin embargo si reduce el crecimiento de ellos sobre la roca. las rocas sin recubrir presentan mayor cantidad y crecimiento de hongos que las recubiertas y por medios mecánicos manuales se apreció que los hongos tienen mayor adherencia en las rocas sin recubrir que en las recubiertas. Existe mayor absorción de agua, y mayor penetración de arcillas y otros agentes en las rocas sin recubrir que en las recubiertas. por lo tanto se puede determinar por medio de esta prueba que el recubrimiento funciona como un protector de la roca ante agentes biológicos y microbiológicos, sin embargo, se aclaró el mito de que los recubrimientos inorgánicos inhiben el crecimiento y desarrollo de los mismos.



13.RESULTADOS Y DISCUSION DE LAS PROPIEDADES MICROESTRUCTURALES POR MEDIO DE MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.

13.1.- Microscopia de una ignimbrita natural.

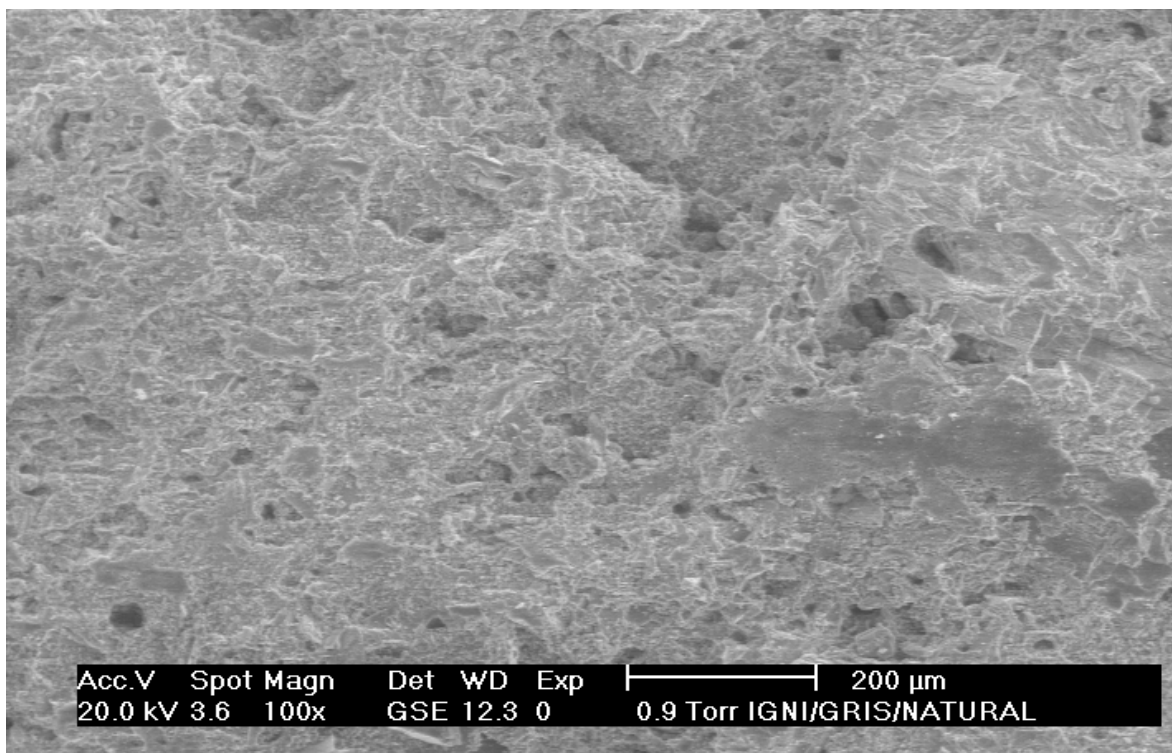


Fig. 64 Microfotografía de una ignimbrita típica sin recubrir a 100x J.F. Gómez-Lara et. al 2006.

En ella se puede apreciar una superficie porosa característica de todas las rocas, esta es la razón por la cual las rocas se destruyen debido a que esta porosidad esta conectada de una superficie a otra pudiendo absorber agua y otros líquidos que son destructores de la matriz de la roca. Es importante mencionar que también existe difusión de gases dentro de la matriz los cuales al reaccionar químicamente con el agua pueden generar ácidos los cuales reaccionan con la matriz generando nuevamente la destrucción de la misma. Esta misma porosidad junto con las propiedades inorgánicas del material y en presencia de agua o humedad y un microclima apropiado son favorables para formación y crecimiento de bacterias, hongos o fungí o bien el desarrollo de plantas las cuales nuevamente van a destruir a la roca.

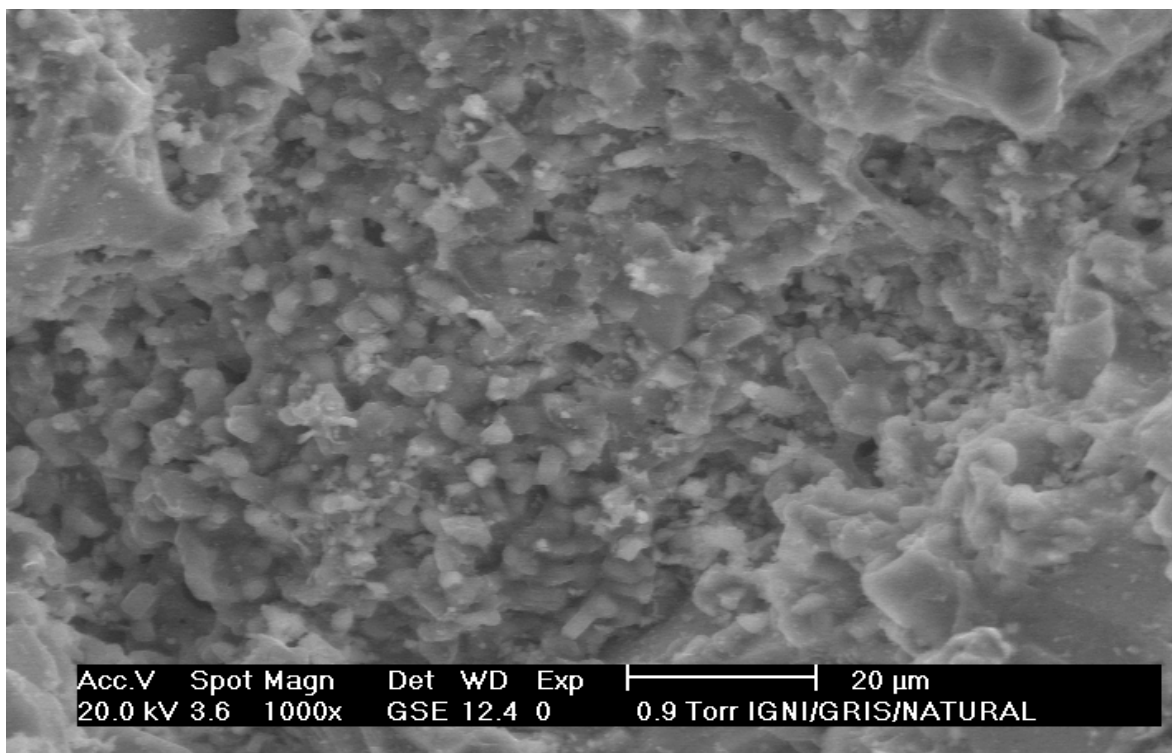


Fig. 65 Microscopia J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Macrofotografía de una ignimbrita sin recubrir (cantera natural) a 1000x, En ella se puede apreciar como esta distribuida la porosidad de la roca y los diferentes niveles topográficos del material, lo que a simple vista se observa de una manera totalmente plana aquí se puede observar que existen diferentes niveles, lo que lleva a diferentes velocidades de destrucción del material.

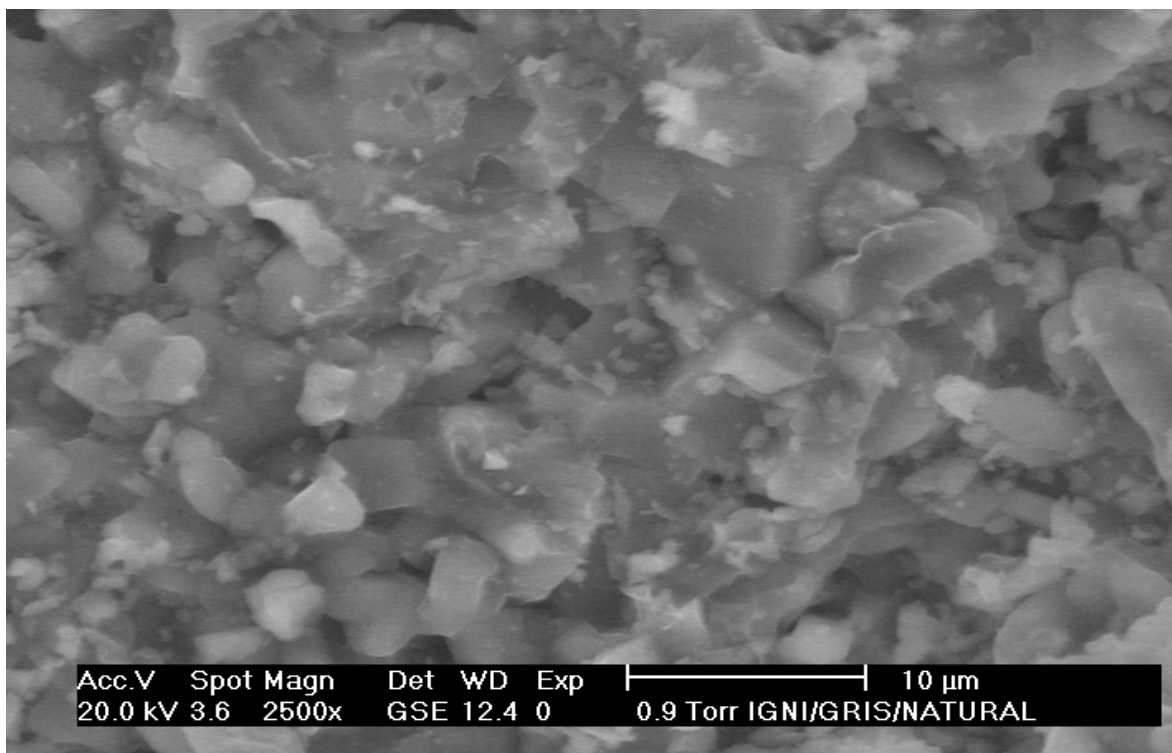


Fig. 66 Microscopia J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Microfotografía de una ignimbrita natural (cantera) a 2500x. en ella se puede apreciar la morfología del material, se observa claramente la porosidad presente en el sistema, estos poros son inferiores a 10 micras sin embargo considerando el tamaño de molécula del agua y el tamaño del radio iónico del sodio u otra sal es suficientemente grande como para que penetren dentro del sistema y que en ausencia del agua cristalicen formando sales las cuales generan esfuerzos internos dentro del material(ejemplo ataque químico con sulfato de sodio). También se aprecia que la roca tiene su constitución material vítreo.



13.2.- Microscopia de una ignimbrita natural recubierta a una capa.

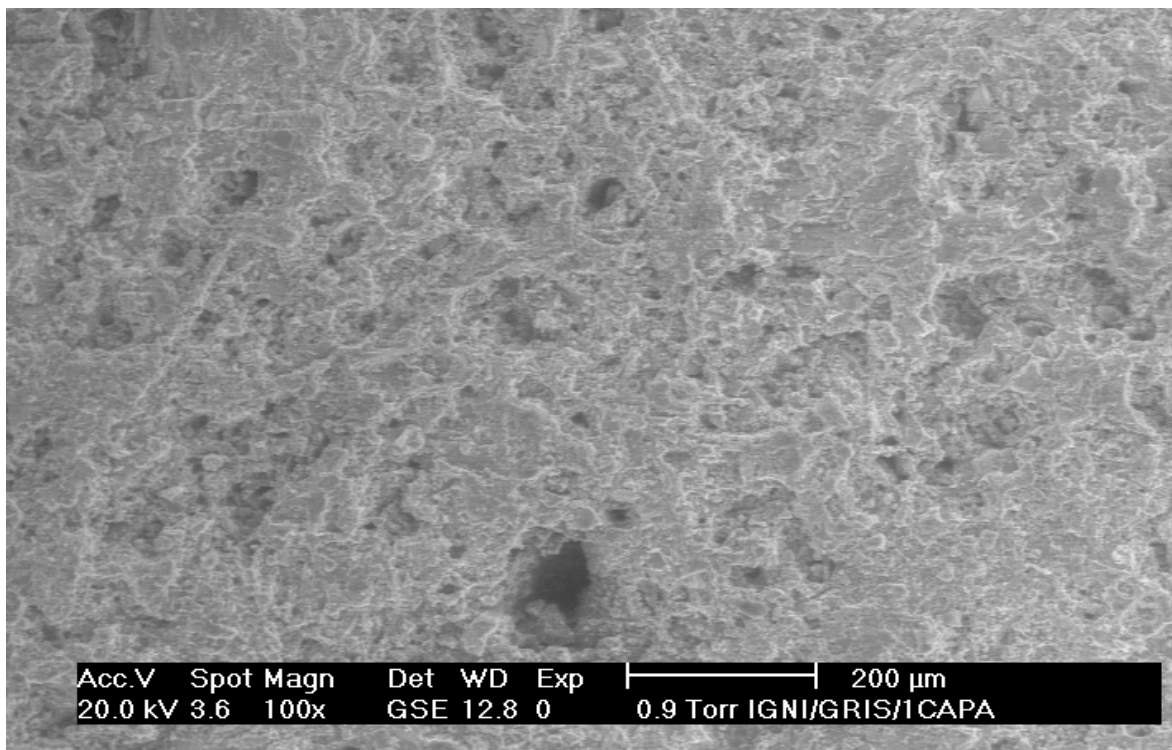


Fig. 67 Microscopia J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Microfotografía de una ignimbrita recubierta con una capa a 100x en ella se aprecia una estructura porosa similar a la ignimbrita sin recubrir (cantera natural) por lo cual se determina que una capa de recubrimiento no es suficiente para serrar el poro de las rocas.

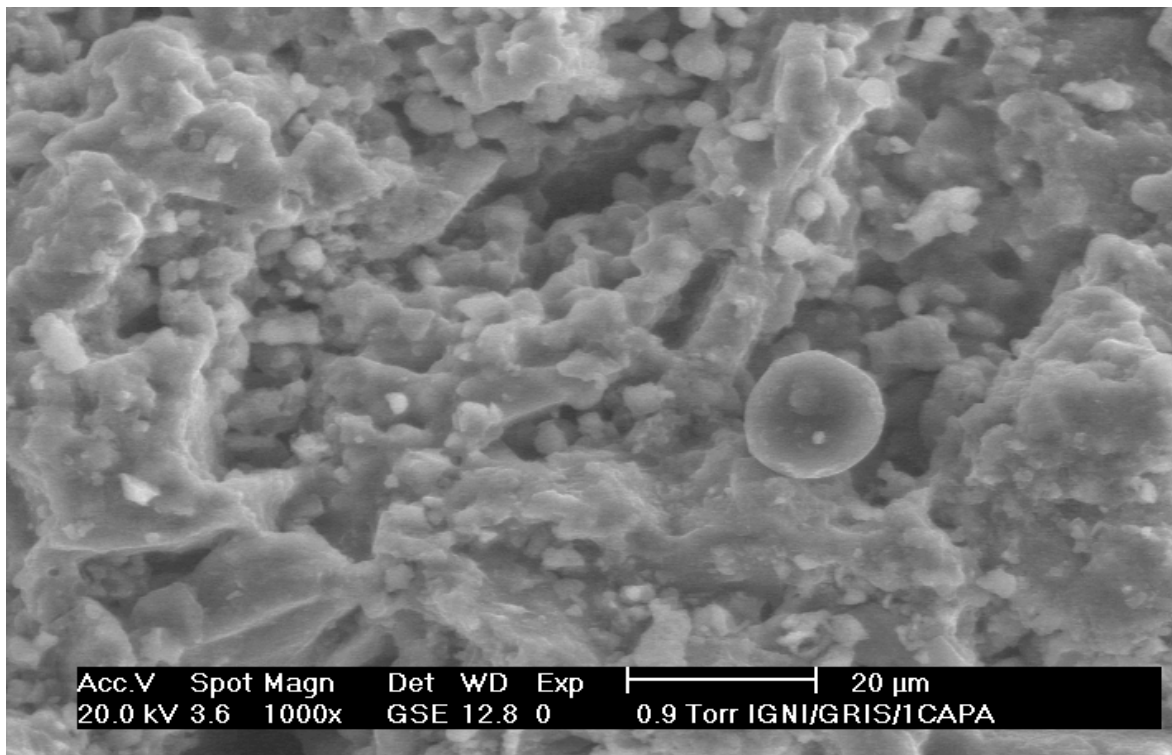


Fig. 68 Microscopia J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Fotomicrografía de una ignimbrita con una capa de recubrimiento a 1000x. En ella se aprecia la morfología de la cantera impregnada parcialmente, sin embargo debido a la alta porosidad y a la baja viscosidad del recubrimiento este penetra dentro de la roca sin lograr el sellado de la porosidad.

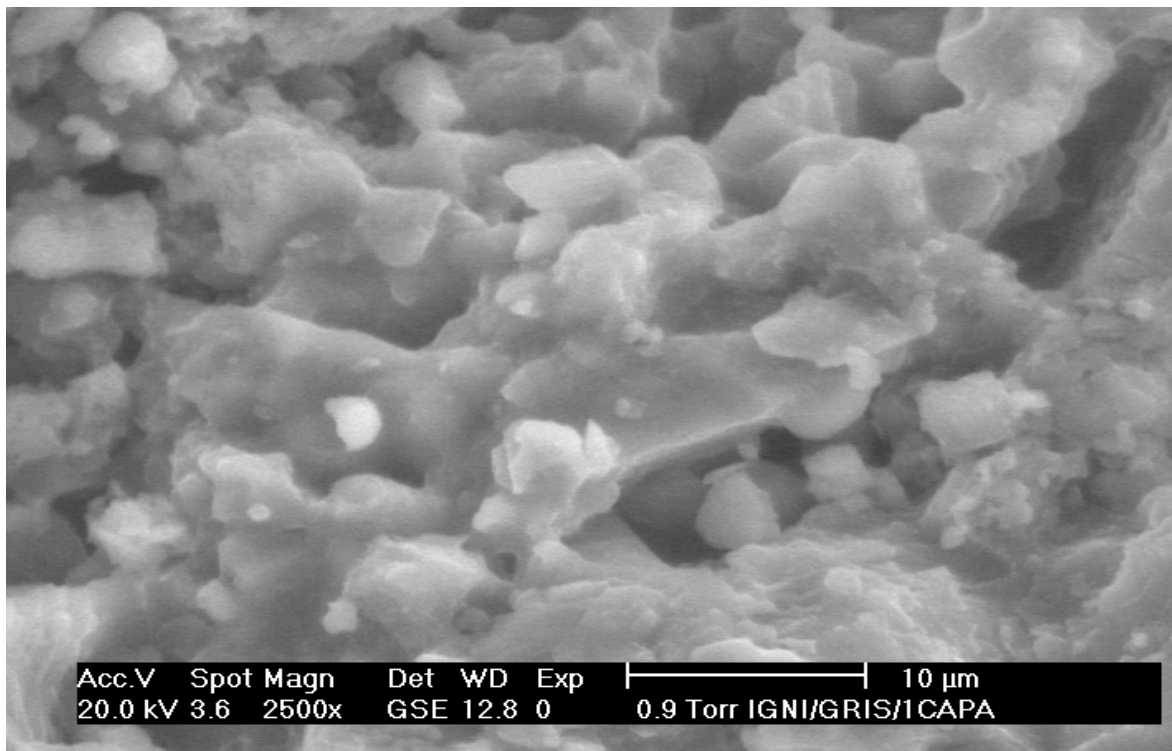


Fig. 69 Microscopia J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Fotomicrografía de una cantera natural con una capa de recubrimiento a 2500x. En esta foto micrografía se puede apreciar la estructura porosa de la roca sin sellar sin embargo se alcanza a observar una impregnación parcial de la superficie de la roca. Esta impregnación se puede identificar como un gel amorfo sobre su microestructura.



13.3.- Microscopia de una ignimbrita natural recubierta a dos capas

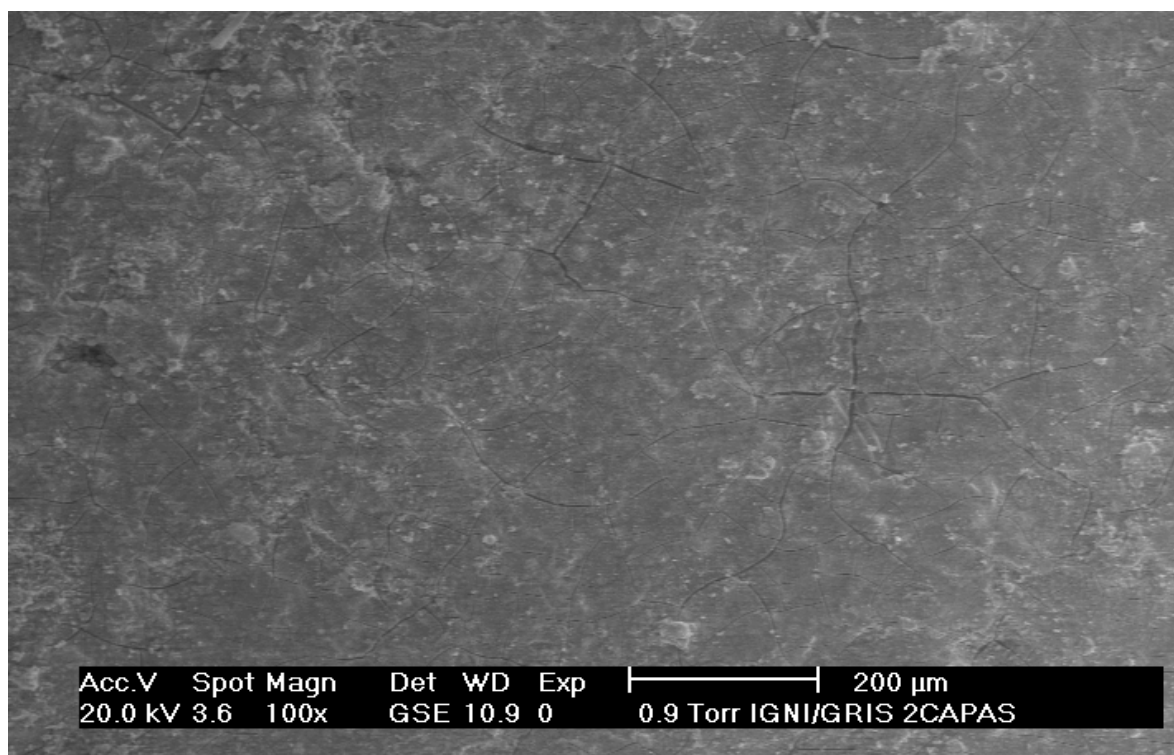


Fig. 70 Microscopia J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Fotomicrografía de una ignimbrita recubierta con dos capas de material inorgánico a 100x en esta microfotografía se ve una superficie cerrada habiendo sellado su porosidad. la topografía de la roca se observa de manera plana, lo que indica la presencia del recubrimiento amorfo y transparente sin embargo se alcanza apreciar a estas magnificaciones una fractura superficial.

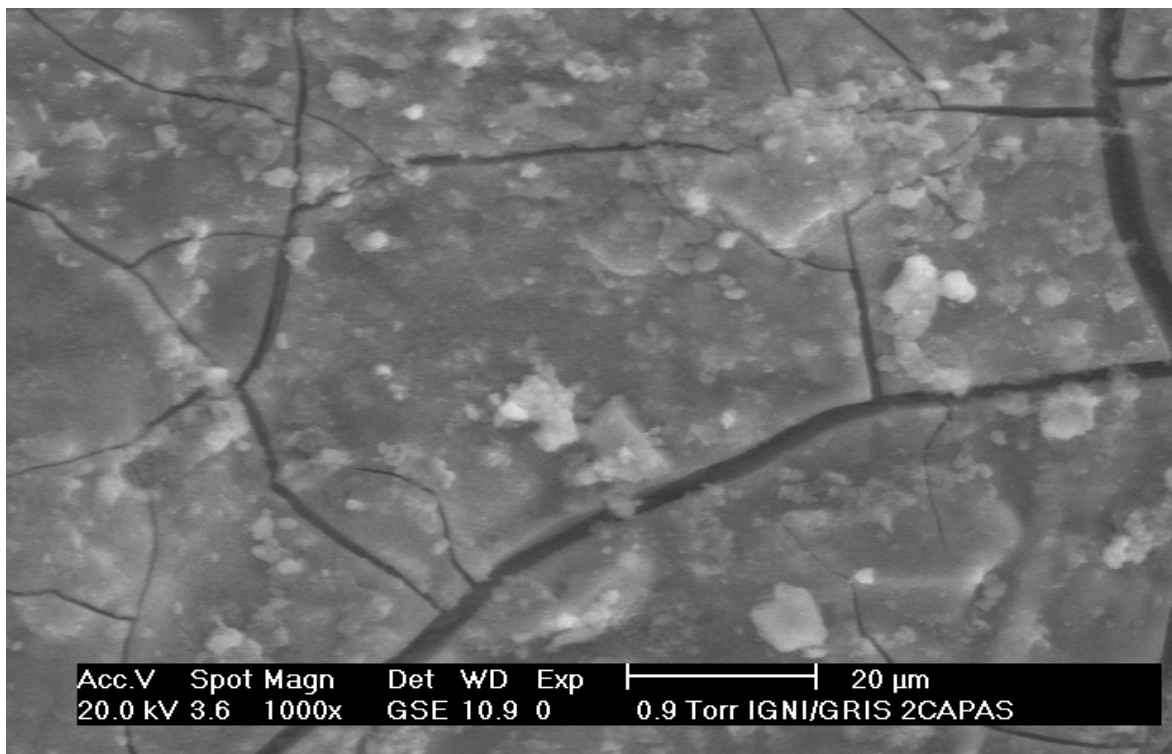


Fig. 71 Microscopia J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Fotomicrografía de una ignimbrita con dos capas de recubrimiento a 1000x. En esta microfotografía se puede apreciar la presencia del recubrimiento amorfo transparente sobre la superficie de la roca. Pequeños segmentos de material están depositados sobre la superficie protectora al momento de realizar la microscopia, se observa que el recubrimiento ya esta realizando una función protectora sobre la roca al no permitir que estas micropartículas se depositen en la superficie o en el interior de la misma evitando la destrucción de la ignimbrita. Se aprecian también un patrón de fracturas comunicadas dentro del recubrimiento sin embargo estas fracturas tienen un ancho de aproximadamente de 5 micras y se reduce a algunos manómetros locuaz garantiza una proyección parcial pero eficiente de la roca (cantera). Este incremento en la resistencia al deterioro de la roca puede observarse directamente en las fotografías observadas en la prueba de ataque químico (sulfato de sodio).

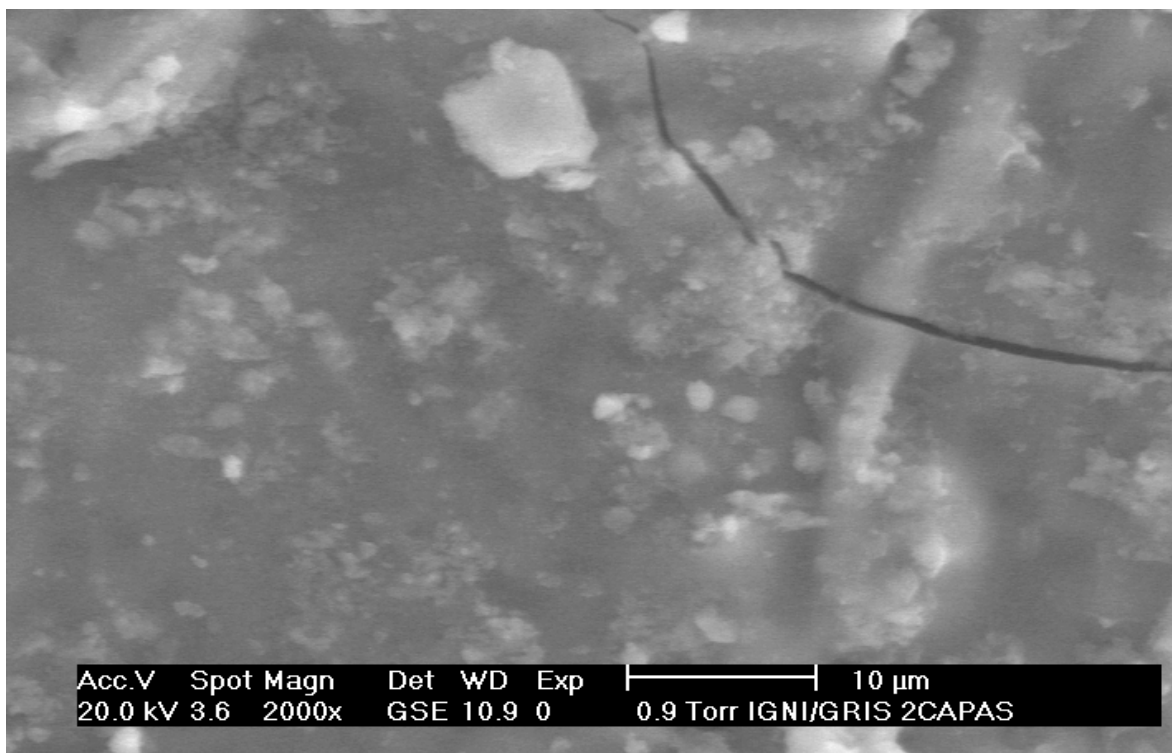


Fig. 72 Microscopia J.F. Gómez-Lara et. al 2006

Fotomicrografía de una cantera recubierta con dos capas a2000x. en esta micrografía se observa claramente el recubrimiento inorgánico formado sobre la superficie del material, se puede distinguir que es una película amorfa transparente y continua también se aprecia el efecto protector de esta película en la cantera ya que las partículas antropogénicas y naturales son detenidas en la superficie del recubrimiento y no pasan dentro de la matriz de la roca en estado solidó, sin embargo se tiene la formación de fracturas en la superficie pero se observa que son inferiores a 10 micras de ancho locuaz garantiza que solo partículas sólidas menores a este ancho penetren hacia la matriz reduciendo considerablemente la destrucción de la roca.



14.- CONCLUSIONES, TENDENCIAS FUTURAS Y APLICACIONES.

1. Las propiedades físicas y mecánicas de las ignimbritas estudiadas reportaron materiales de buena calidad para su uso en la industria de la construcción y edificación.
2. Los tonos del grupo de estudio son variados y por sus características visuales se recomiendan ampliamente para su uso en aplicaciones arquitectónicas y/o decorativas.
3. Para el desarrollo de los recubrimientos microinorgánico se realizaron alrededor de unas 100 composiciones para obtener la composición óptima. Este recubrimiento diseñado y sintetizado es un material transparente, ecológico, resistente a rayos ultravioleta y la acción solar, fácil de aplicar, con cero contenidos de compuestos orgánicos volátiles y factibles económicamente. Así mismo penetra dentro de la matriz de la ignimbrita por su baja viscosidad.
4. Microestructuralmente se pudo apreciar la calidad del recubrimiento y la cantidad de material formado en la superficie. Por medio de estos estudios se pudo determinar la cantidad óptima de material requerido para ser aplicado sobre la superficie de la roca.
5. Por medio de los estudios de durabilidad de la roca junto con los estudios microestructurales se determinó la función protectora de los microrecubrimientos. Se demostró que existe un incremento en el tiempo de vida de las rocas al ser protegidas por estas películas. Principalmente se puede apreciar este incremento de durabilidad en el ataque ocasionado por sales debido a su cristalización interna en la matriz de las rocas, así como por la destrucción interna de la roca ocasionada por los esfuerzos internos generados por la congelación y deshielo del agua o líquidos que penetren en la roca.
6. Por medio de los estudios de intemperismo se determinó que el micro recubrimiento no inhibe el crecimiento de microorganismos y plantas sin embargo, si reduce considerablemente su crecimiento.



7. Otros estudios de durabilidad realizados, no alcanzan a demostrar la eficiencia del recubrimiento debido al corto periodo de evaluación o estudio. Sin embargo, con los estudios de ataque químico y congelación y deshielo es suficiente para demostrar la acción protectora del microrecubrimiento.
8. Del trabajo de investigación realizado en microrecubrimientos, se sugiere el estudio y desarrollo de microrecubrimientos híbridos y/o funcionalizados, capaces de incrementar aún más la durabilidad de las rocas y que generen "autolimpieza de los materiales.
9. Se recomienda realizar estudios de abrasión y desgaste del recubrimiento desarrollado.
10. Se recomienda el estudio del recubrimiento a largo plazo.
11. El microrecubrimiento así como las ignimbritas pueden ser utilizadas en una infinidad de aplicaciones tanto de edificación como arquitectónicas, algunos ejemplos pueden ser en unidades de mampostería, fuentes, pisos laminados, artículos decorativos para interiores así como exteriores, entre otros.



15.- REFERENCIAS.

- 1.-Memoria del primer foro internacional.
La piedra cantera en Morelia.
Retrospectiva y perspectivas.
Dirección de Acción Social y Cultural.
Morelia H. Ayuntamiento 1996-1998.
- 2.-Petrología.
Walter T. Huang, ph.d.
Unión tipografica editorial
Hispano-Americana, S.A de C. V.
- 3.-FUENTE:www.esi2.us.es/.../Silicatos/cadena%20simple.jpg
www.esi2.us.es/.../silicatos.html
- 4.-Carta geológica
INEGI (Instituto Nacional de Estadística geografía E Informática.
Escala: 1:250,000
Querétaro F14-10.
- 5.-El deterioro y la conservación de materiales porosos de construcción de monumentos.
T. Stambolov
J.R.J. Van Asperen de Boer.
Instituto de Investigaciones Antropologicas
Icomos-Mexicano
Universidad Nacional Autónoma de México.
- 6.-Manual
Análisis de materiales.
Luís M. Navarro Sánchez.
Wilfredo Martínez Molina.
José A. Espinaza Mandujano.
- 7.-Prueba de Flexion A.S.T.M. C 880.
- 8.-Prueba de Modulo de ruptura A.S.T.M. C 99.
- 9.- Microscopia electrónica en el area de ciencia de los Materiales.



Ponentes: Dr. José Reyes Gasga, (IFUNAM), M. C. Sandra Bribiesca V.(IIM), Dr. Ramiro Pérez C. (ININ), Roberto Hernández R.,(IFUNAM), M. C. Ventura Rodríguez L., (IFUNAM), M. C: Ma. Eugenia Contreras García (IIM).

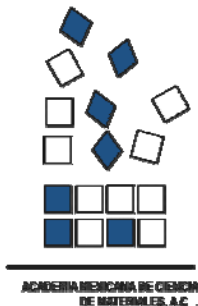
10.-método de prueba estándar para la evaluación de la durabilidad de la roca por medio del control de la erosión de las condiciones de mojado secado. A.S.T.M. D 5313.

11.-método de prueba estándar para la evaluación de la durabilidad de la roca por medio de erosión controlada bajo condiciones de congelación y deshielo. A.S.T.M. D 5312.

12.-método de prueba estándar para evaluar la durabilidad de una losa de roca por medio de ciclos de ataque utilizando sulfato de sodio o sulfato de magnesio A.S.T.M. D 5240.



16.-ANEXOS



ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIA DE MATERIALES, A. C.

XV INTERNATIONAL MATERIALS RESEARCH CONGRESS

CANCUN, QUINTANA ROO

20 – 24 August 2006

SYMPOSIUM

“Novel Building Materials and Technologies”

MESA DIRECTIVA

DR. PEDRO HUGO HERNÁNDEZ TEJEDA
PRESIDENTE

DR. ROMEO DE COSS
VICEPRESIDENTE

DR. ENRIQUE SANSORES CUEVAS
SECRETARIO

DR. DEMETRIO MENDOZA ANAYA
TESORERO

DR. LUIS FUENTES COBAS
VOCAL REGIÓN NORTE

DR. TEZOZOMOC PÉREZ
VOCAL REGIÓN SUR

DR. XAVIER MATHEW
VOCAL REGIÓN CENTRO

DR. ALFONSO LASTRAS MARTÍNEZ
VOCAL REGIÓN ORIENTE

DRA. OLIVIA GRAEVE
VOCAL ESTADOS UNIDOS

Dear Prof.

**J.F. Gómez-Lara¹, J.C. Rubio-Avalos¹, E.M. Alonso-Guzmán¹,
W. Martínez-Molina¹, M. Avalos-Borja², A. Manzano-Ramírez³,
F. Velasco-Avalos¹, H. L. Chávez- García¹.**

1. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, C.P. 58000, México.
2. Centro de Ciencias de la Materia Condensada, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, B.C. C.P. 2681, México.
3. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Querétaro, Querétaro, Querétaro, C.P. 76230, México.

I am pleased to inform you that your paper entitled “POTASSIUM SILICATE COATINGS FOR STONE CONSERVATION: A MICROSTRUCTURAL APPROACH” has been accepted for ORAL presentation in the Symposium. Session program will be published in the web page of the Congress <http://www.imrc2006.buap.mx/>. Please, remember to register your participation in the Congress activities directly on web page Congress.

Sincerely

**Dr. Jaime Horta R.
Chairman**



Evaluación de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Químicas de Ignimbritas
y su Estudio Comparativo del Deterioro Utilizando Microrecubrimientos Inorgánicos.



REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INTEMPERISMO DE ESPECIMENES SIN RECUBRIR

IDENTIFICACION		LOCALIZACION DE L BANCO	FECHA DE REGISTRO CILO	PESO EN grs	PLANO DE FALLA	COLOR	TIPO DE ROCA	CICLO	PESO FINAL	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
Nº	LADO									FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
1	A	QUERETARO.	14/03/2006	1898	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1898	NO	NO	NO	0
1	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
2	A	QUERETARO.	14/03/2006	1897	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1897	NO	NO	NO	0
2	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
3	A	QUERETARO.	14/03/2006	1854	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1854	NO	NO	NO	0
3	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
4	A	QUERETARO.	14/03/2006	1829	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1829	NO	NO	NO	0
4	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
5	A	QUERETARO.	14/03/2006	1953	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1953	NO	NO	NO	0
5	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
6	A	QUERETARO.	14/03/2006	1889	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1889	NO	NO	NO	0
6	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
1	A	QUERETARO.	14/03/2006	1813	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1813	NO	NO	NO	0
1	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
2	A	QUERETARO.	14/03/2006	1801	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1801	NO	NO	NO	0
2	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
3	A	QUERETARO.	14/03/2006	1794	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1794	NO	NO	NO	0
3	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
4	A	QUERETARO.	14/03/2006	1772	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1772	NO	NO	NO	0
4	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
5	A	QUERETARO.	14/03/2006	1937	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1937	NO	NO	NO	0
5	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
6	A	QUERETARO.	14/03/2006	1775	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1775	NO	NO	NO	0
6	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					



REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INTEMPERISMO DE ESPECIMENES SIN RECUBRIR

IDENTIFICACION		LOCALIZACION DE L BANCO	FECHA DE REGISTRO CILO	PESO EN grs	PLANO DE FALLA	COLOR	TIPO DE ROCA	CICLO	PESO FINAL	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
Nº	LADO									FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
1	A	QUERETARO.	14/03/2006	1887	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1887	NO	NO	NO	0
1	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
2	A	QUERETARO.	14/03/2006	1856	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1856	NO	NO	NO	0
2	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
3	A	QUERETARO.	14/03/2006	1737	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1737	NO	NO	NO	0
3	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
4	A	QUERETARO.	14/03/2006	1860	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1860	NO	NO	NO	0
4	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
5	A	QUERETARO.	14/03/2006	1721	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1721	NO	NO	NO	0
5	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
6	A	QUERETARO.	14/03/2006	1879	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1879	NO	NO	NO	0
6	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
1	A	QUERETARO.	14/03/2006	1732	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1732	NO	NO	NO	0
1	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
2	A	QUERETARO.	14/03/2006	1836	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1836	NO	NO	NO	0
2	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
3	A	QUERETARO.	14/03/2006	1696	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1696	NO	NO	NO	0
3	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
4	A	QUERETARO.	14/03/2006	1844	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1844	NO	NO	NO	0
4	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
5	A	QUERETARO.	14/03/2006	1685	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1685	NO	NO	NO	0
5	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
6	A	QUERETARO.	14/03/2006	1618	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1618	NO	NO	NO	0
6	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					



REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INTEMPERISMO DE ESPECIMENES CON RECUBRIMIENTO

IDENTIFICACION		LOCALIZACION DE L BANCO	FECHA DE REGISTRO CILO	PESO	PLANO DE FALLA	COLOR	TIPO DE ROCA	CICLO	PESO FINAL	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION CUALITATIVA EN %
Nº	LADO									FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	
1	A	QUERETARO.	14/03/2006	1854	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1854	NO	NO	NO	0
1	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
2	A	QUERETARO.	14/03/2006	1839	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1839	NO	NO	NO	0
2	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
3	A	QUERETARO.	14/03/2006	1945	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1945	NO	NO	NO	0
3	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
4	A	QUERETARO.	14/03/2006	1922	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1922	NO	NO	NO	0
4	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
5	A	QUERETARO.	14/03/2006	1887	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1887	NO	NO	NO	0
5	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
6	A	QUERETARO.	14/03/2006	1971	PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1971	NO	NO	NO	0
6	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
1	A	QUERETARO.	14/03/2006	1772	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1772	NO	NO	NO	0
1	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
2	A	QUERETARO.	14/03/2006	1760	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1760	NO	NO	NO	0
2	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
3	A	QUERETARO.	14/03/2006	1902	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1902	NO	NO	NO	0
3	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
4	A	QUERETARO.	14/03/2006	1897	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1897	NO	NO	NO	0
4	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
5	A	QUERETARO.	14/03/2006	1770	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1770	NO	NO	NO	0
5	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
6	A	QUERETARO.	14/03/2006	1869	PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1869	NO	NO	NO	0
6	B	QUERETARO.	14/03/2006		PARALELA	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					



REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INTEMPERISMO DE ESPECIMENES CON RECUBRIMIENTO

IDENTIFICACION		LOCALIZACION	FECHA DE	PESO	PLANO	COLOR	TIPO	CICLO	PESO	CONDICIONES DEL ESPECIMEN			EVALUACION
Nº	LADO	DE L BANCO	REGISTRO CILO		DE FALLA		DE ROCA		FINAL	FRACTURA	POROSIDAD	HONGO	CUALITATIVA EN %
1	A	QUERETARO.	14/03/2006	1715	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1715	NO	NO	NO	0
1	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
2	A	QUERETARO.	14/03/2006	1709	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1709	NO	NO	NO	0
2	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
3	A	QUERETARO.	14/03/2006	1699	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1699	NO	NO	NO	0
3	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
4	A	QUERETARO.	14/03/2006	1880	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1880	NO	NO	NO	0
4	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
5	A	QUERETARO.	14/03/2006	1725	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1725	NO	NO	NO	0
5	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
6	A	QUERETARO.	14/03/2006	1822	PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES	1822	NO	NO	NO	0
6	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	ROSA 1	IGNIMBRITA	3 MESES					
1	A	QUERETARO.	14/03/2006	1711	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1711	NO	NO	NO	0
1	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
2	A	QUERETARO.	14/03/2006	1758	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1758	NO	NO	NO	0
2	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
3	A	QUERETARO.	14/03/2006	1685	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1685	NO	NO	NO	0
3	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
4	A	QUERETARO.	14/03/2006	1897	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1897	NO	NO	NO	0
4	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
5	A	QUERETARO.	14/03/2006	1760	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1760	NO	NO	NO	0
5	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					
6	A	QUERETARO.	14/03/2006	1745	PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES	1745	NO	NO	NO	0
6	B	QUERETARO.	14/03/2006		PERPENDICULAR	GRIS	IGNIMBRITA	3 MESES					