

U Facultad de Ingeniería Civil.

M SINTESIS Y CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA
DE CEMENTOS HIBRIDOS: INORGANICO-INORGANICO.

S TESIS

Que para obtener el Título de

INGENIERO CIVIL.

N Presenta:

Manuel Quintero Márquez.

H Asesor de Tesis:

Dr. José Carlos Rubio Avalos.



Morelia Mich. Octubre del 2006.



DEDICATORIA.

De manera muy especial quiero dedicar este trabajo al que nos dio la vida y la enorme capacidad para darle un mejor uso a las cosas creadas, buscando el bien de los demás y nosotros mismos, por el apoyo en momentos difíciles de mi vida y como parte esta tesis, a mi gran amigo de vida: Dios.

También de manera muy cercana dedico todo este gran esfuerzo como una manera de agradecimiento a mis padres María del Pilar Márquez Falcón y Rodolfo Quintero Godínez, un gran regalo de Dios, y fuente de impulso para ser un hombre de bien, este trabajo es también fruto de su gran esfuerzo para poder darme la oportunidad de cultivarme a mi mismo en el campo de la ingeniería y así poder dar mas de mi a los demás. Como parte de mi familia quiero invitar a este logro en mi vida a mis hermanos Erandi, Pilar, Hugo y Rodolfo, que también me dieron su apoyo en todo momento, es un gesto de agradecimiento para mí por todos los momentos que hemos vivido juntos.

A mis grandes amigos también les dedico mi trabajo, entre ellos cito a Filemón Gómez Lara, Mario Escutía, al Dr. José Carlos Rubio Avalos que no solo formo parte como mi asesor sino también como mi amigo, Luís Renato Pérez, Blanca Estela Bueno, de manera muy especial a Mirna una amiga que en su momento me dio mucho impulso para superarme a mi mismo, y de igual manera a todos los misioneros y misioneras de la Fraternidad Católica Misionera Verbum Dei, que me han orientado en el campo de espiritual, y que les debo en gran parte mi formación como persona, a todos ellos y a todo quien me rodean gracias por su apoyo. Espero poder de esta manera responder un poco de lo mucho que e recibido de cada uno.





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 “SINTEISIS Y CARACTERIZACION FISICOQUIMICA 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 “SINTEISIS Y CARACTERIZACION FISICOQUIMICA 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.

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
I. INTRODUCCION -----	6
II. ESTADO DEL ARTE -----	7
II. I EL DESARROLLO DEL HOMBRE VINCULADO CON LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS -----	7
II. 2. CONCRETO REFORZADO -----	10
II. 2. 1. EL CONCRETO-----	10
II. 2. 2. CEMENTO PORTLAND-----	11
II. 2. 3. ACERO DE REFUERZO EN EL CONCRETO.-----	15
II. 3. PROBLEMAS ACTUALES DEL CEMENTO Y CONCRETO REFORZADO -----	16
II. 4. MORTEROS. -----	18
II. 4. 1. COMPONENTES DEL MORTERO.-----	19
II. 4. 2. CLASIFICACIÓN DE LOS MORTEROS.-----	20
II. 4. 3. USOS DE LOS MORTEROS.-----	22
II. 5. PROBLEMÁTICA DE LOS MORTEROS. -----	22
II. 6. ECOMATERIALES. -----	23
III. ESTUDIO DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES. -----	25
III. I. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES. -----	25
III. I. I. LA CAL.-----	25
III. I. 2. ESTUDIO DE LOS AGREGADOS.-----	29





III. I. 2. 1. Clasificación general del agregado.....	30
IV. DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS APLICADOS.....	35
IV. I. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS.....	35
IV. I. 1. PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS.....	35
- Humedad actual en arenas.....	36
- Humedad de absorción en arenas.....	37
- Densidad Relativa Aparente.....	39
- Determinación del peso volumétrico seco y suelto. (PVSS).....	40
- Determinación del peso volumétrico seco y varillado de una arena.....	41
- Granulometría o Análisis Granulométrico.....	42
IV. I. 2. PROPIEDADES FISICAS DE LA PASTA.....	46
- Densidad.....	46
IV. I. 3. PROPIEDADES FISICAS DE LOS MORTEROS.....	47
- Densidad.....	47
IV. II. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS.....	47
IV. II. 1. PROPIEDADES MECANICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.....	47
- Compresión simple.....	47
IV. II. 2. PROPIEDADES MECANICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.....	51
- Compresión simple.....	51
IV. III. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS.....	51
IV. III. 1. PROPIEDADES QUIMICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.....	51
- Difracción de Rayos X.....	51
IV. IV. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MICROESTRUCTURALES.....	52
- Microscopia Electrónica de Barrido.....	52





V. RESULTADOS Y DISCUSION.	55
V. I. I. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS.	55
V. I. I. 1. Clasificación del agregado.	55
V. I. I. 2. Humedad actual en arenas.	55
V. I. I. 3. Humedad superficial y humedad de absorción.	56
V. I. I. 4. Densidad Relativa Aparente.	56
V. I. I. 5. Determinación del peso volumétrico seco y suelto (PVSS) y seco varillado (PVSV)	57
V. I. I. 6. Granulometría o análisis granulométrico.	57
V. I. 2. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LA PASTA.	59
V. I. 2. 1. Densidad.	59
V. I. 3. RESULTADO Y DISCUSION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS MORTEROS.	60
V. I. 3. 1. Densidad.	60
V. II. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LAS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS.	62
V. II. I. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.	62
V. II. I. 1. Resistencia a la compresión.	62
V. II. 2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MORTEROS.	70
V. II. 2. 1. Resistencia a la compresión.	70
V. III. RESULTADO DE LA DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS.	81
V. III. I. PROPIEDADES QUIMICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.	81





V. III. I. 1. Difracción de Rayos X. -----	81
a). CAL NORMAL.-----	81
b). CAL + PUZ 1.-----	82
c). CAL + PUZ 2.-----	83
d). CAL + PUZ 2 + Na ₂ CO ₃ .-----	84
e). Difractograma Parte 2. -----	85
V. IV. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES MICROESTRUCTURALES.-----	86
V. IV. 1. Microscopia Electrónica de Barrido.-----	86
a). CAL + AGUA.-----	86
b). CAL + PUZ 1.-----	87
c). CAL + PUZ 2.-----	88
d). CAL + PUZ 2 + Na ₂ CO ₃ .-----	89
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FUTURAS.-----	90
VII. REFERENCIAS Y ANEXOS.-----	91
ANEXO 1. DENSIDAD EN CUBOS DE PASTA DE CAL.-----	92
ANEXO 2. TABLAS DE DENSIDAD DE CUBOS DE MORTERO.-----	96
ANEXO 3. TABLAS DE ESFUERZO A LA COMPRESION EN PASTAS.-----	102
ANEXO 4. TABLAS DE ESFUERZO A LA COMPRESION EN MORTEROS.-----	128
ANEXO 5. PONENCIA ORAL INTERNACIONAL PRESENTADA EN EL XV INTERNATIONAL MATERIALS RESEARCH CONGRESS; V NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS; NACE INTERNATIONAL SETION MEXICO CONGRESS; SYMPOSIUM 13, Novel Building Materials and Technologies, Cancun, Quintana Roo, México 20- 24, August, 2006.-----	163





RESUMEN.

En el presente trabajo de investigación se sintetizó un cemento inorgánico - inorgánico amigable con el medio ambiente, considerado como un ecomaterial mas específicamente como un ecocementante.

El desarrollo de cementantes ha sido una necesidad básica y fundamental desde tiempos antiguos. La necesidad de crear y tener disponibles adhesivos que puedan ser utilizados en la construcción, se ha buscado por miles de años. Los egipcios desarrollaron cementos ecológicos y económicos, que han perdurado hasta nuestros días, los romanos establecieron los cementos romanos, los cuales hasta el día de hoy permanecen en funcionamiento, posteriormente se desarrollo el cemento Pórtland y actualmente bajo estudio intenso los nanocementos o cementos avanzados.

Combinando las tecnologías y conocimientos antiguos y presentes se propuso el diseño y la síntesis objeto de esta investigación, en la cual se obtuvo un material micro compuesto de una matriz inorgánica modificada por polímeros inorgánicos de cadenas infinitas. Estos polímeros inorgánicos incrementan las propiedades mecánicas del adhesivo y se demuestra en la presente investigación por medio de una caracterización mecánica (análisis estadístico de esfuerzos a compresión) y por una caracterización micro- estructural por medio de microscopía electrónica de barrido y difracción de rayos X.

La caracterización macro estructural no esta separada de la caracterización microestructural ya que como aquí se demuestra las propiedades macroestructurales están en función de la microestructura formada.

Los resultados obtenidos aun cuando satisfactorios ya que se obtienen incrementos en la resistencia mecánica del orden de hasta un 2800 %, comparado con otros cementantes son solo el comienzo de investigaciones futuras, y su uso actualmente sigue al margen de una aplicación industrial, por la razón de que se requieren mas análisis y modelos de su comportamiento a corto y largo plazo, así como evitar o neutralizar la formación del precipitado cristalino que actualmente se presenta en estos cementantes. Sin embargo es el inicio del desarrollo de nuevos ecocementantes.





I. INTRODUCCION.

La necesidad del desarrollo de nuevos materiales esta íntimamente ligada a las necesidades de la humanidad. El desarrollo de materiales sustentables o bien de procesos sustentables es de vital importancia en la actualidad. La contaminación ambiental tanto por sólidos, líquidos y gases ha ido en aumento, por lo que cualquier aportación aun cuando sea mínima en el desarrollo de materiales que disminuya algunas de estas contaminaciones son de vital importancia, no solo para la industria, sino para la humanidad. Las industrias cementeras actualmente producen cerca de una tonelada de Dióxido de Carbono por cada tonelada de cemento Pórtland, y considerando que el concreto elaborado con cemento Pórtland es el segundo material mas utilizado del mundo (el primero es el agua), los consumos de cemento Pórtland son elevados a nivel mundial, es así que es imperativo el desarrollo de materiales para la construcción amigables con el medio ambiente y que reduzcan la emisión de Dióxido de Carbono a la atmósfera. Los cementos activados muestran algunas posibilidades del desarrollo de ecomateriales. Sin embargo, estos cementantes aún están bajo investigación, siendo considerados como “novedosos”, sin embargo, estas nuevas tecnologías ya habían sido utilizadas con éxito hace unos cuantos miles de años, y por razones desconocidas se perdieron en el transcurso del tiempo, en la presente tesis se sintetizó una matriz inorgánica la cual es activada alcalinamente para formar compuestos inorgánicos o polímeros inorgánicos de cadenas infinitas. Esto se realiza a temperatura ambiente, con precursores de bajo costo y que son amigables con el medio ambiente. Diferentes fases cristalinas se lograron desarrollar a presión atmosférica y humedad ambiente.

Una microestructura más densa y resistente fue obtenida.





II. ESTADO DEL ARTE.

II. I. EL DESARROLLO DEL HOMBRE VINCULADO CON LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS.

Desde el origen de la humanidad nos hemos visto envueltos en una singular unión con el desarrollo de construcciones que resguarden nuestra seguridad, y aumenten la calidad de vida de las civilizaciones, en un principio el hombre como sabemos habitó las cavernas donde se resguardaba de las inclemencias del clima, simultáneamente la caverna se convirtió en un importante centro de convivencia humana, ese espacio que hoy llamamos hogar adquirió además un valor profundo e innato del hombre, un sentido místico, espiritual, en espacio donde podía expresarse, buscarse a si mismo, creando de una simple cueva en un santuario un punto de reunión vital para el hombre, ya que como hoy explican los filósofos el hombre es un ser social, espiritual, racional. *“La aparición del arte rupestre convierte a la cueva en un santuario, que la convierte en el centro del universo familiar. Las cuevas tenían áreas de actividades bien definidas: lugar para encender la hoguera, talleres para el trabajo de piedra, hueso, madera, etc.”*¹. Son características de nosotros mismos, y que requieren de espacios dedicados a tales objetivos que buscan el desarrollo de nuestro propio ser.

El hogar como las demás construcciones para el hombre desde sus principios tiene una parte indispensable, no solo por la subsistencia, sino porque asegura la calidad de la vida humana, no es solo una estructura inanimada, la importancia no recae sobre si misma, la estructura sin el hombre carece de sentido, pero el hombre sin la estructura a mi juicio no se desplegaría en todas las dimensiones que nos componen como personas, requerimos de esos espacios que nos ayudan a nuestra propia integración y desarrollo personal.

Con la evolución la transformación de los materiales acompaño el progreso del hombre, dejando las cavernas para construir sus propias chozas. *“El Cro-Magnon se enfrentó, en hordas de 15 a 30 hombres. Sus viviendas se ubicaban en las entradas de cuevas o bien eran refugios colectivos con paredes de pieles y cueros, reforzadas con huesos de animales, y con tejados de hojas o de paja.”*² La manipulación de los distintos materiales que nos rodean fueron utilizados como hoy en día, invirtiendo la razón para generar técnicas y procedimientos, *“Desde que el ser humano supero la época de las cavernas, a aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con*





requerimientos específicos"³. Esto ha sido una característica del hombre en su búsqueda de satisfacer nuestras necesidades. Es una constante búsqueda progresiva de mejorar la calidad de los materiales y técnicas para la construcción.

Dando un salto en la historia del hombre vemos el progreso de las grandes civilizaciones de la Edad Antigua, tomaremos como ejemplo a la cultura Romana, la cual hasta ahora nos vemos influidos por sus avances tecnológicos, ellos en sus majestuosas edificaciones utilizaban como aglomerante la argamasa, que esta compuesta por arena, cal y agua, lo que hoy conocemos como mortero, esto claramente era para las juntas de las edificaciones de roca que construían. *"Los ingenieros romanos abordaban obras civiles, militares y la construcción de casas y edificios utilizando como materia prima la piedra, la arcilla, la argamasa y la madera. Para la construcción se usaban maquinaria especializada, como grúas y poleas."*⁴; *"La argamasa era una mezcla de arena, cal y agua, con la que se unían los ladrillos."*⁵ La cal ya jugaba un papel indispensable en la construcción de los grandes monumentos romanos, así como la tecnología que intrínsecamente se generaba dentro de la matriz de sus morteros ya que como resultado de la mezcla del agua con la arena volcánica y la cal se comportaba como una mezcla química reactiva y estable, muy semejante a la investigación que estamos presentando.



Fig. 1. Edificación antigua.

En numerosas culturas se utilizó la cal como aglutinante mezclado con arcillas o arenas, podemos ver en las numerosas construcciones, la





nuestra no es la excepción *“A través de la historia de los pueblos egipcios, griegos y romanos, se utilizó la cal como ligante en sus construcciones. En la América Prehispánica los Aztecas la emplearon también en la fabricación de tabiques y techos armados con caña y bambú.”*⁶

Todos al menos una vez en nuestras vidas hemos escuchado de estas construcciones romanas, donde aun a pesar de la influencia del desgaste por intemperismo, sismos y demás aun se mantienen en pie, esto nos da una idea de la gran importancia que ha tenido el desarrollo de técnicas y materiales de contracción para el desarrollo del hombre, hoy en día son joyas de nuestra historia, huellas del paso del hombre por la tierra, expresión de lo que el mismo es, no es ya solo una forma de protegerse, sino de una manifestación artística compleja, ya que cumple no solo con el propósito de ser una estructura útil para las diversas actividades sociales, sino que ya entra en una parte fundamental del hombre: el arte. Las grandes construcciones en todas las culturas no tienen solo el fin de mantener la estructura erguida, sino que tienen un valor espiritual, sentimental así como histórico-social.

Recorriendo la historia de los diferentes materiales de construcción llegamos al siglo XIX, donde se creó el aglomerante más utilizado en nuestros días, el cemento Pórtland *“En 1824, un albañil Inglés llamado Joseph Aspdin, patentó un producto que él llamó cemento Pórtland, pues al endurecerse adquiría un color semejante al de una piedra de la isla Pórtland en Inglaterra. En 1838, este cemento se utilizó por primera vez en una construcción de importancia en uno de los túneles construidos bajo el río Támesis en Londres. David Saylor, un técnico norteamericano, fue el primero en fabricar cemento en América, así nació en 1850 la industria cementera en Norteamérica. El uso del cemento Pórtland continuó extendiéndose hasta convertirse en el material de construcción más utilizado en el mundo.”*⁷ Uno de los elementos que componen al cemento que hoy conocemos es la cal, cuyo nombre es hidróxido de Calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) *“El cemento “Pórtland” tiene sus orígenes en la cal u óxido de calcio, a partir del cual y luego de cientos de años de estudios empíricos y científicos, se llega a lo que hoy se conoce como cemento.”*⁸, el cemento es el material más utilizado hoy en día en la industria de la construcción, porque tiene propiedades físicas y mecánicas que favorecen mucho a los objetivos que se pretenden en la creación de las diferentes obras de ingeniería.

Sin perder de vista el objetivo del porque el avance técnico de los materiales de construcción con los que contamos, continuamos nuestra investigación, siendo énfasis en la importancia de las obras civiles para el desarrollo del hombre, es uno de los aspectos por los cuales esta tesis sugiere el mejoramiento del cemento o la posible creación de otros materiales que resguarden más la seguridad, vida útil y la economía que es





un factor que toma parte en nuestra cultura postmoderna, es algo que como ingenieros no podemos perder de vista, es muy importante buscar el equilibrio de seguridad, estética y economía en nuestras obras, porque la vida humana es digna de nuestro esfuerzo, la cual es el objetivo de nuestra dedicación. Con este preámbulo es necesario profundizar en lo que hoy en nuestros días es el aglomerante mas utilizado en la construcción el concreto también llamado hormigón.

II. 2. CONCRETO REFORZADO.

II. 2. 1. EL CONCRETO.

Definición.- El concreto es un tipo de piedra artificial mas utilizada en la construcción. El término concreto es originario del latín concretus que significa “crecer unidos”, o “unir”. Su composición básica es la unión de varios materiales, es una mezcla de uno o más conglomerantes (generalmente, se usa cemento) con materiales pétreos (grava, gravilla y arena), agua y, eventualmente, aditivos y adiciones. El cemento se hidrata en contacto con el agua, iniciándose complejas reacciones químicas que derivan en el fraguado y endurecimiento de la mezcla, obteniéndose al final del proceso un material con consistencia pétreo.

Composición.- Dentro de la matriz del concreto se encuentran los agregados, que conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total del mismo, por lo que son responsables de gran parte de las características que presenta. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones. La pasta cementicia (mezcla de cemento y agua) es el material activo dentro de la masa y como tal es en gran medida responsable de la resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad. Es la matriz que une los elementos del esqueleto granular entre sí. Cada elemento tiene su rol dentro de la masa y su proporción en la mezcla es clave para lograr las propiedades deseadas, esto es: trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía. La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará la resistencia del concreto.

Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm. que el volumen absoluto del Cemento esta comprendido usualmente entre el 7 y el 15 % y





el agua entre el 14 y el 21 %. El contenido de aire y concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso. Como los agregados constituyen aproximadamente el 60 al 75 % del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada así como resistencias a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto a condición que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas mas rígidas; pero con vibración, a un las mezclas mas rígidas pueden ser empleadas. Para una calidad dada de concreto, las mezclas mas rígidas son las mas económicas.

II. 2. 2. CEMENTO PORTLAND

El Cemento Pórtland conlleva materias primas fundamentales las cuales son rocas calcáreas y las arcillas. Estas se extraen de yacimientos a cielo abierto. La otra materia prima que se utiliza es el yeso, que se incorpora en el proceso de la molienda, para regular el tiempo de fraguado.

Proceso de elaboración:

“El proceso consiste en tomar las rocas calcáreas y las arcillas en proporciones adecuadas y molerlas intensivamente, de manera que el compuesto de la caliza (CaO) se vincule íntima y homogéneamente con los compuestos de la arcilla (SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3). El producto resultante denominado polvo crudo ingresa al horno y egresa como clínker. El proceso se completa con la molienda conjunta del clínker y yeso, obteniendo el cemento Pórtland.

Trituración primaria: Los bloques de rocas calcáreas y las arcillas provenientes de las canteras, ingresan a la trituradora primaria quedando reducidas a tamaños inferiores a los 10 cm.

Trituración secundaria: Ingresa el material proveniente de la trituradora primaria y sale con tamaños máximos inferiores a 2,5 cm

Molienda: El material resultante de la trituradora secundaria ingresa a un molino, resultando un producto impalpable, denominado polvo crudo.

Homogeneización: Con el fin de alcanzar la unión íntima de los compuestos, se somete al polvo crudo a un mezclado intensivo, por medio de ciclones de aire.





Calcinación: El polvo crudo ingresa al horno, elevándose la temperatura hasta alcanzar los 1450 °C, en donde se produce una fusión incipiente del producto resultante, denominado clínker.

Molienda: Finalmente, el clínker conjuntamente con el yeso se muele hasta obtener el Cemento Pórtland.

Se utilizan dos métodos de manufactura: los procesos mojado y seco. En ambos procesos se prefiere el circuito cerrado pulverizado en preparación de los materiales crudos que el circuito abierto de pulverizado porque en el primero las partículas pequeñas o finos son colados y los gruesos del material son regresados; mientras que en el segundo, el material crudo es molido continuamente lo que significa que en lo más fino se consigue el valor deseado.

El proceso mojado fue desplazado por un tiempo por el proceso en seco, pero actualmente empieza a ser adaptado por nuevas plantas debido al control más exacto y el mezclado de los materiales crudos con sus proporciones. El material sólido después de un secado abrumador, es reducido a un estado fino de división en un tubo mojado o molino de pelota y pasa por un slurry o lechada a través de un clasificador de balón o colador. El slurry es bombeado a tanques correctivos donde unas aspas hacen una mezcla homogénea y permite los ajustes finales en la composición. Fig. 2

Este slurry es filtrado en un filtro rotatorio continuo y alimentado al horno. El proceso en seco se aplica especialmente a los cementos de roca natural y para la mezcla de roca con cal y esquisto o pizarra. En este proceso los materiales son bruscamente molidos en molinos con mandíbulas seguidas de molinos rotatorios; después son secados, reducidos de tamaño y aún más molidos en un molino de tubo. Este material secado, es decir, en polvo, se alimenta directamente a los hornos rotatorios donde toman lugar las reacciones químicas. El calor es provisto por aceite quemado, gas natural, carbón pulverizado usando aire precalentado del enfriamiento del clínker.



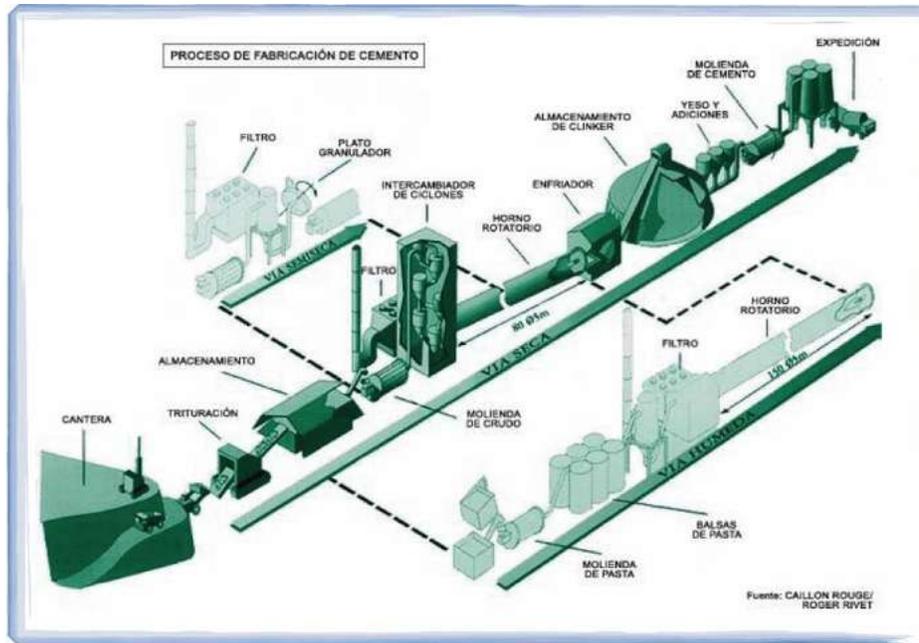


Fig. 2. Proceso de elaboración del cemento.

Los hornos del proceso en seco pueden ser de 150 ft y en el proceso mojado los hornos son de 300 a 500 ft, con esto vemos que no son hornos muy comunes. El diámetro interno usualmente es de 8 a 15 ft y tienen una rotación de $\frac{1}{2}$ a 2 rpm dependiendo del tamaño; están un poco inclinados para que los materiales alimentados en la parte superior viajen lentamente a la parte baja tomando de 2 a 3 hr.

Operaciones unitarias, procesos unitarios. Esencialmente las operaciones unitarias preparan los materiales crudos en las proporciones necesarias y el estado físico propio de la finura y contacto íntimo tal que las reacciones químicas (procesos unitarios) pueden tomar parte en la temperatura de calcinación en el horno para formar, por doble descomposición o neutralización, los siguientes componentes:

FORMULA	NOMBRE	ABREVIATURA
$2CaO.SiO_2$	Silicato dicálcico	C_2S
$3CaO.SiO_2$	Silicato tricálcico	C_3S
$3CaO.Al_2O_3$	Aluminato tricálcico	C_3A
$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	Alumino ferrito tetracálcico	C_4AF
MgO	En estado libre.	
K_2O y Na_2O	formando pequeños montículos de varios componentes con CaO , Al_2O_3 , SiO_2 y SO_2	

Tabla 1. Componentes del proceso unitario del cemento.





También toman lugar otras reacciones, tal como deshidratación y descarbonización o calcinación de la piedra de cal, ambos siendo endotérmicos con valores de 380 y 665 BTU/lb respectivamente. La formación del clínker es exotérmica con un valor probable de 200 BTU/lb de clínker.

Sin embargo, la consumación del carbón indica 3000 o 4000 BTU/lb de clínker. Este calor es despedido del horno en las reacciones siguientes:

Temperatura Reacción Intercambio de calor. 100° C Evaporación de agua libre Endotérmica 500°C y más Evolución de agua combinada Endotérmica. con la arcilla 900°C y más Evolución del dióxido de carbono Endotérmica del carbonato de calcio. 900°C - 1200°C Reacción principal entre la Exotérmica cal y la arcilla. 1250°C - 1280°C Principio de formación del Endotérmica líquido. 1280°C y más Formación de más líquidos Probablemente y componentes endotérmica.

Se debe notar que más de las reacciones en el horno proceden en las fases sólidas y en el final ocurre la fusión incipiente. Todas estas reacciones con aprovechadas en la “quema de cemento”. Para obtener una gran economía de calor, las operaciones unitarias se usan para remover parte del agua del slurry. Algunos procesos usan filtros de slurry y espesadores Dorr. Algunos otros adjuntos comunes para los hornos rotatorios son los separadores ciclónicos de polvos y precipitadores Cottrel. Los calentadores de calor de desecho algunas veces se utilizan para conservar el calor y son, particularmente, salvadores o guardadores en el proceso en seco, donde los gases de desecho del horno son más calientes que los que provienen del horno en el proceso mojado que puede ser de 800°C. Debido a que el revestimiento del horno tenía que resistir abrasiones severas y ataque químico a altas temperaturas en la zona del clínker y que el cambio del revestimiento refractario es difícil; comúnmente se usa ladrillo de superalúmina y ladrillo de supermagnesio; sin embargo si solo se utiliza cemento Pórtland, es satisfactorio.

El conocimiento de la elaboración del cemento nos facilita el entendimiento del como reacciona el cemento al contacto con el agua, gracias a la composición química que en su elaboración sufren los diferentes componentes del mismo, hemos visto que sus componentes brutos con el Yeso, la Cal, rocas calcáreas y las arcillas, al molerlas y calentarlas conjuntamente adquieren propiedades químicas, como sabemos al agregar al agua sufren un cambio molecular, dando así las propiedades físicas necesarias para la elaboración de las obras civiles *“La propiedad de liga de las pastas de cemento Pórtland se debe a la reacción química entre el cemento y el agua llamada hidratación. El cemento Portland no es un compuesto químico simple, sino que es una mezcla de*





muchos compuestos. Cuatro de ellos conforman el 90% o más de el peso del cemento Pórtland y son: el silicato tricálcico, el silicato dicálcico, el aluminato tricálcico y el aluminio ferrito tetracálcico. Además de estos componentes principales, algunos otros desempeñan papeles importantes en el proceso de hidratación”⁹.

II. 2. 3. ACERO DE REFUERZO EN EL CONCRETO.

Realizando pruebas de laboratorio se ha visto que el cemento tiene una gran capacidad de adherencia, y presenta una resistencia muy alta a la compresión, pero es necesario ser asistido por los agregados, ya que al secarse se contrae, al paso del tiempo, en base a experiencias y experimentación se han encontrado resultados muy benéficos en la construcción, al conjuntar materiales pétreos (arenas y gravas) al cemento, para formar así el concreto que comúnmente conocemos, hay múltiples proporcionamientos para brindar resistencias usando el cemento necesario ya que para la elaboración del concreto es la materia prima que mas costo económico tiene, podemos encontrar concretos de resistencias de 100, 150, 200, 250, 300 Kg/cm² entre los mas comunes, hoy en día se encuentran los concretos modificados con resistencias mucho mas altas, pero que son utilizados en obras de alto rendimiento, en cualquiera de los casos, el concreto no tiene gran capacidad de resistencia a la flexión, es así como el concreto sufrió un cambio, a lo que llamamos concreto reforzado *“El concreto simple, sin refuerzo, es resistente a la compresión, pero débil en tensión, lo que limita su aplicabilidad como material estructural.”¹⁰*

El Concreto Reforzado esta compuesto por concreto y acero, el concreto asume los esfuerzos de compresión, y el acero soporta los esfuerzos debidos por la tensión, para darnos una idea, el cemento tiene una resistencia a la flexión muy semejante a la de un gis, si tomáramos un gis de pizarra, con uno de cemento, tienen una resistencia muy semejante al ser rotos por flexionarlos, es por eso que el concreto necesita del acero, viene a ser la estructura, y uno se necesita del otro. El acero que mas comúnmente se utiliza para darle esa capacidad al concreto es la varilla, que varia de muchos diámetros, una varilla por si misma no puede soportar peso, se doblaría por esbeltez, es entonces cuando el concreto y el acero se comportan como un solo elemento, adquiriendo cada cual las cargas, esfuerzos y momentos a los que se ven influidos.



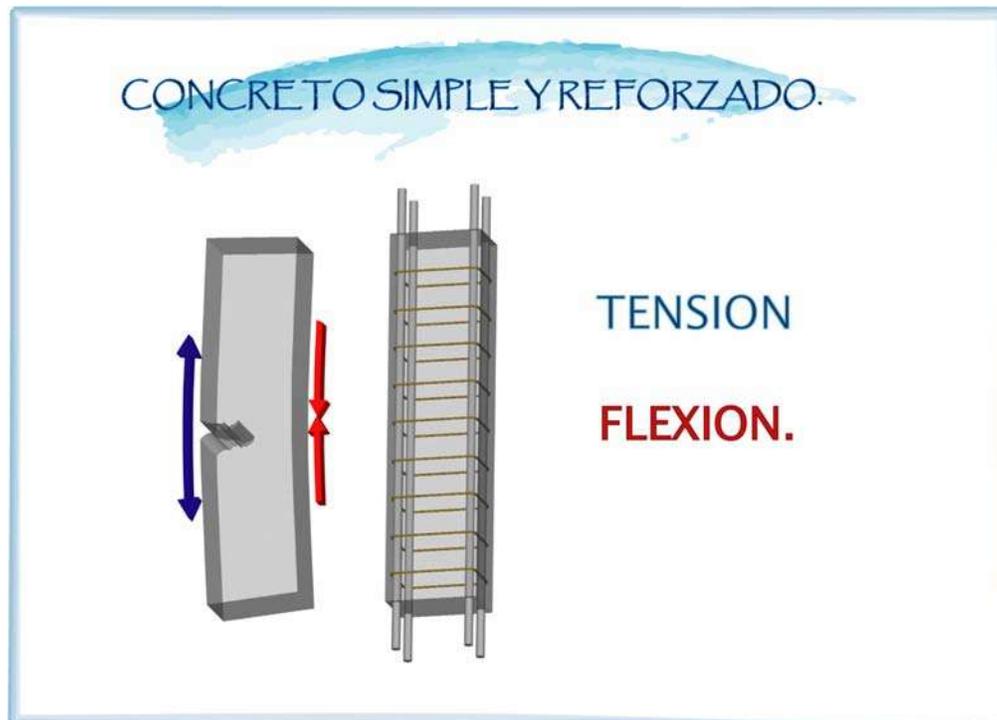


Fig. 3. Comportamiento del concreto simple y reforzado. Diseño M. Quintero Márquez.

II. 3. PROBLEMAS ACTUALES DEL CEMENTO Y CONCRETO REFORZADO.

Todo trabajo experimental y aun mas de investigación, tiene la finalidad de crear o buscar una mejoría de los materiales o procedimientos para el beneficio humano, este trabajo no es la excepción, así que al igual que es importante conocer la benevolencia del cemento, es también tener en claro que no es un producto perfecto, que esta abierto a muchas mejorías, incluso a una posible substitución del mismo.

a) Contaminación ambiental: Un tema vital en nuestra actualidad es la contaminación, muchos desconocemos la gran contaminación que genera el proceso de elaboración del cemento, se ha visto que por una tonelada de cemento se genera otra igual de CO₂ (Dióxido de Carbono), la producción mundial de cemento es de aproximadamente 1500 millones de toneladas, con la consecuente emisión de casi la misma cantidad de CO₂, que es exhalado a la atmósfera, es de vital importancia para nuestra cultura ser concientes del gran daño generado a nuestra madre naturaleza, y el calentamiento global en el que todos tenemos parte, el Dióxido de





Carbono degrada la capa de ozono, que es la que nos protege de los rayos solares, y es excesivo la gran cantidad de toneladas que se generan por año de cemento, y es de igual magnitud lo que se arroja a la atmósfera, este es quizás el mas grande problema del cemento, se le puede decir externo, pero también tiene otros a nivel matricial, al interior.

b) Carbonatación: El cemento en su composición tiene cal, es algo implícito en el, la cal le da una resistencia mínima, pero toma un papel muy importante en que le brinda alcalinidad al cemento, la alcalinidad repercute directamente en la prevención de la corrosión del acero de refuerzo. En un ambiente alcalino la corrosión del acero es impedida por el pH que lo rodea, el problema radica en que cuando pierde alcalinidad el acero empieza a corroerse, a desprender óxido, como en una especie de hojuelas, esto provoca que se hinche dentro de la estructura de concreto y se desprenda del mismo, fracturando el elemento estructural, cuando este fenómeno se presenta el funcionamiento de la estructura ya no es la misma como se diseño en un principio, porque ya no funcionan como un solo elemento, sino como dos, y si el diseño es bueno, pero el funcionamiento no es el requerido la estructura queda vencida, ya no brinda el funcionamiento para la cual fue diseñada, y las medidas de reparación suelen ser costosas, además de que si no se le da mantenimiento a tiempo es peligroso porque la estructura puede fallar. A este fenómeno se le conoce comúnmente como la carbonatación del concreto, como bien sabemos al momento de cimbrado y colado, el acero es necesario quede protegido por un espesor mínimo de 2 cm, precisamente para evitar este fenómeno, pero por investigaciones aun con ese espesor el concreto sufre carbonatación, químicamente la carbonatación es cuando la cal en el concreto reacciona con el CO₂ de la atmósfera, la cal pierde sus propiedades alcalinas y es entonces cuando inicia la corrosión del acero *“La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral”*¹¹. *“el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo ahogado contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino.”*¹². *“Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto.”*¹³

La manera más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper un pedazo de concreto (preferentemente cerca de un borde) en donde se sospeche que hay carbonatación. Después de soplar todo el





polvo residual del espécimen o del sustrato, se pulveriza una solución de 1 o 2 por ciento de fenolftaleína en alcohol sobre el concreto (**Figura 3**). Las **áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color**, mientras que las áreas con un pH mayor de 9 a 9.5 adquirirán un color rosado brillante.³ Este cambio muy apreciable de color muestra cuán profundamente ha progresado el “frente” de carbonatación dentro del concreto.



Fig. 3. Prueba de carbonatación en concreto.

Este es un problema matricial, que ocurre dentro de la matriz del concreto, las reparaciones son muy costosas, y todos los elementos de concreto sufren de este mal, en nuestra investigación buscamos no solo mejorar la matriz del cemento, sino también buscar otras alternativas en materiales de construcción, por las problemáticas que hemos ya citado, la propuesta se basa en una teoría sencilla, hacer reaccionar la cal antes de que reaccione con el Dióxido de Carbono, si se logra, se previene ya anula la reacción química del Hidróxido de Calcio (cal) con el CO₂, la reacción tendrá que ser con un compuesto inorgánico, para asegurar mas durabilidad del cemento, dándole mas vida útil a las estructuras de concreto reforzado.

II. 4. MORTEROS.

La palabra mortero tiene su origen en la expresión latina mortarius que es el nombre que se le dio al caldero que se uso para cocer la cal.

Los morteros toman un papel muy importante en la industria de la construcción, ya que es utilizado de muy diversas formas. El mortero es básicamente **Aglutinante + Material inerte + Líquido de amasado**. Es en si la mezclas de sustancias inertes, como arenas, con algún aglutinante, como la cal, y un liquido de amasado, como el agua, que al unirse forman una masa pastosa y maleable que se endurece en un tiempo de





aproximadamente 24 horas, formando así una roca artificial, cuyas características y calidades (resistencia, forma, tamaño, etc.) varían según sea necesario. En este sentido lo que hace variar las proporciones de la mezcla son, el uso que se le valla a dar, los materiales disponibles, el presupuesto económico y demás factores presentes en una obra, de la dosificación aglutinante-agregado, de las características y granulometría del material inerte y de la calidad y cantidad del líquido de amasado.

Por esta razón es necesario exponer el mortero en sus diferentes componentes, para tener una mayor noción del proporcionamiento y de las posibles alteraciones que se le pueden hacer para mejorarlo.

II. 4. 1. COMPONENTES DEL MORTERO.

Aglutinante.

Los aglutinantes son materiales que mezclados con agua o algún solvente se hacen plásticos y al endurecer logran alcanzar un grado de resistencia mecánica. Los aglutinantes pueden ser cal, cemento, yeso, arcilla por mencionar algunas sustancias que sirven para aglomerar, adherir o unir. El aglutinante proporciona de acuerdo a sus características, diferente resistencia, tiempo de fraguado, durabilidad y economía.

Material inerte (Agregado).

El material inerte utilizado para la elaboración de morteros es la arena principalmente de origen volcánico, en nuestra región el más comúnmente utilizado es la arena negra triturada proveniente del basalto, ya que bien sabemos estamos en una zona volcánica, y todos estos son de origen ígneo.

Durante las pruebas preliminares, tuvimos un problema en relación a los agregados, ya que tenían un alto índice de finos, y eso altera en gran medida los resultados de la investigación, ya que no se ajustaba a las normas que regulan la granulometría de los agregados, es por eso que tomamos la decisión de encontrar un agregado mejor proporcionado, las normas especifican que deben de asemejarse lo mas posible a la arena de Ottawa Canada, ya que esta arena es muy peculiar en su granulometría, esta muy bien equilibrada, y lo mas semejante a ella en esta región es la arena de río, en especial la del río Ojo de Cuervo, cerca de Ciudad de Hidalgo, esta arena tiene menos finos que la arena del banco de "joyitas", y necesitamos una arena que no altere muchos los resultados.

El material inerte se utiliza para cumplir con varias funciones dentro del mortero:

- Proporciona resistencia mecánica al mortero.
- Reduce al mínimo los cambios volumétricos que se originan al fraguar el aglutinante.





- Permite la entrada de CO_2 , favoreciendo la etapa de carbonatación (endurecimiento) del mortero.
- Reduce el costo de la mezcla ya que el material inerte produce un abundamiento en la mezcla.

El material inerte al mezclarse con el aglutinante constituye el soporte para el mortero y su resistencia a la compresión. La arena debe estar limpia, lavada, sin lodos ni impurezas orgánicas. Una buena arena debe crujir al momento de ser apretada con la mano, la granulometría de las arenas a emplear debe estudiarse cuidadosamente, ya que una composición granulométrica adecuada nos ofrece muy buenos resultados.

Líquido de amasado.

El líquido de amasado por lo general en los morteros es agua extraída de algún manto freático o de un río o de un lago. Ya que su función es la de provocar el fraguado del aglomerante mezclado con la arena y se lleven a cabo las reacciones químicas. El agua que se emplee en la mezcla de morteros debe ser limpia, que no contenga residuos que puedan ser perjudiciales. Por lo que se deberán eliminar del agua residuos de materias orgánicas o arcillas, sulfatos grasas y cloruros. Se recomienda efectuar un análisis químico del agua disponible para verificar que cumpla con los límites indicados.

En la siguiente tabla se presentan las limitaciones que son usuales para valuar la calidad del agua que se piense utilizar en la elaboración de concretos:

Sulfatos (como SO_4) máximo en ppm	300
Cloruros (como CL) máximo en ppm	300
Magnesio (como MgO) máximo en ppm	150
Materia orgánica (oxígeno consumido en medio ácido) máximo en ppm	10
Solidos totales en solución máximo en ppm	1500
PH no menor de	7

Tabla 2. Límites recomendables de impurezas en agua para concreto.





II. 4. 2. CLASIFICACIÓN DE LOS MORTEROS.

En el caso de los morteros son clasificados de acuerdo al tipo de fraguado o según la composición del tipo de aglutinante que lo compone.

a).- Clasificación dependiendo del tipo de fraguado.

Mortero físico:

Se le denomina mortero físico a la mezcla que pasa del estado pastoso o semilíquido al sólido se hace mediante secado o fraguado sin recursos químicos. Esto es aplicable a los morteros de barro, morteros de tierra refractaria, el mortero del asfalto y los morteros adhesivos basados en materiales sintéticos.

Mortero químico:

En este mortero el fraguado tiene lugar en forma de proceso químico. El mortero de la cal, el mortero del cemento y el mortero de yeso se encuentran en este tipo de mortero. Las mezclas entre este tipo de morteros y el empleo de distintos aditivos son las que más frecuentemente se emplean hoy en las obras civiles.

b).- Clasificación de acuerdo con su composición del tipo del aglutinante.

Morteros aéreos.

Son aquellos cuya solidificación completa y endurecimiento llevan un proceso lento y se efectúa por la acción del aire. Se encuentran de diferentes aglutinantes como son:

- De arcilla.
- De yeso.
- De cal

Morteros hidráulicos.

Son los morteros que tienen la propiedad de endurecer rápidamente y que pueden completar su fraguado indistintamente en el agua o en contacto con el aire. Dentro de esta categoría encontramos:

- De yeso hidráulico
- De cales hidráulicas
- De cementos.

Morteros terciados.

Son aquellos morteros que se le agregan barro común o tierra del lugar de su fabricación, en proporción de un volumen de tierra o de barro





por un volumen de mortero, o también, un volumen de barro o tierra por dos de mortero.

Morteros bituminosos

Son los morteros en los cuales se emplean emulsiones asfálticas o cemento asfáltico para su elaboración.

II. 4. 3. USOS DE LOS MORTEROS.

La función principal de los morteros es la de unir mampostería ya sea natural o artificial, para las juntas de asiento y verticales. Esto se hace para muros divisorios o para muros de carga, así mismo como para las juntas entre piedras en la cimentación de mampostería con piedra.

Otra función importante para el mortero es la de recubrir los muros con aplanados, protegiendo los muros de la intemperie, y a su vez obtener una superficie mas lisa y uniforme.

También el mortero es empleado en la fabricación de piedras artificiales como son tejas, ladrillos, bloques, placas, tubos, etc.

II. 5 PROBLEMÁTICA DE LOS MORTEROS.

Los morteros son una mezcla de cemento, cal, arena y agua, comúnmente lo vemos para las juntas en los muros de ladrillo o block (Fig 4).



Fig. 4. Juntas de mortero en un muro.

Los morteros son comúnmente de cemento, hay unos que son solo de cal, arena y agua, pero tienen una resistencia muy baja, los que contienen cemento tienen una resistencia mas alta, pero tienen la misma problemática que el concreto, se carbonata, y baja su resistencia, y mas en





este tipo de mezclas ya que tienen un alto contenido de cal, porque el cemento es lo que mas aumenta el costo, también este tipo de morteros es el que usamos en el repellado de los muros, o mas vulgarmente en el enjarre o entortado.

Existe en gran medida el mejoramiento de la cal, para que en lugar de que el cemento sea el aglutinante, esto modificaría el uso del cemento ya sea en menor medida, o el uso de otros compuestos con la cal, para obtener los mismos o mejores resultados, ya que como hemos visto el menor uso del cemento no es solo menos costoso, sino menor contaminante a la atmósfera por su elaboración, es un cemento nuevo por así decirlo, por supuesto que esta teoría llevara un proceso por el cual se determina si es o no posible y funcional, este es un aspecto medular en la búsqueda de aglutinantes nuevos en la elaboración de los nuevos morteros y componentes de nuevos concretos.

II. 6 ECOMATERIALES.

“La palabra ecomateriales fue creada por EcoSur en 1991 para denominar los materiales viables económica y ecológicamente. Los EcoMateriales promueven el uso de tecnologías tradicionales utilizando materiales locales, pero también nuevas interpretaciones y desarrollos. Sin embargo, a veces es difícil encontrar métodos y costumbres tradicionales en los lugares, ya que la propaganda para productos industriales ha marginado muchas soluciones populares” 14. En la cultura ambientalista que nos lleva a una conciencia mas adecuada a las problemáticas actuales, nos lleva a la búsqueda de nuevas formas de vivir, sin causar mas daño a nuestro mundo, estos nuevos materiales son revolucionarios, y son una forma de vivir mas armónicamente con nuestro entorno, esta tesis de investigación precisamente se encuentra dentro de esta cultura ambiental, es una participación personal, poniendo en común nuestros conocimientos para el bien de la sociedad, buscando un bien global desde una participación regional, *“Después de varios años de experimentación se les dio vida a los ecomateriales, insumos que buscan disminuir la contaminación ambiental al usar los residuos sólidos industriales y bajar - en grandes cantidades- los precios de la construcción de Viviendas de Interés Social (VIS).”* 15

La raíz de estos materiales consta en hacer uso de los materiales que se encuentran en la región, pero buscando que el nivel de contaminación no sea alto, *“Para trabajar con Ecomateriales, se trata de descubrir la materia prima existente en el lugar y combinarla con tecnologías conocidas, si fuese posible de la misma región, a veces transfiriendo*





conocimientos de un lugar a otro, inclusive de un continente a otro. No obstante, esto nunca puede reducirse a aplicar una receta; tiene que ser una combinación creativa que tome en cuenta factores técnicos, sociales y económicos. A menudo es evidente la solución, pero a veces requiere un análisis intensivo de alguna materia prima para definir su utilidad”¹⁶.

Desde una perspectiva global el concreto es un material que esta abierto a múltiples modificaciones, es por esto que surgen los ecometariales, y dentro los ecocementantes, el mismo problema que sufre el concreto es el que sufre el mortero, ya que su aglutinante principal es el cemento, y es el que mas contamina en su elaboración como ya hemos visto. En la búsqueda de nuevos materiales, es necesario eliminar factores que puedan generar “ruido” en los resultados, separaremos la cal del concreto, la teoría se basa en que si hacemos reaccionar la cal por separado podremos garantizar lo que sucederá en la matriz del concreto, además de que puede existir la posibilidad de generar otro tipo nuevo de cementos. Parte del procedimiento para dicho objetivo de esta separación de la cal del cemento (por así decirlo), es la elaboración de morteros de cal, donde juega el principal rol de aglutinante, y también formara parte de los nuevos ecocementantes, que son una nueva gama de productos que ayudan a cuidar el medio ambiente, que como bien conocemos el cemento perjudica en gran parte.





III. ESTUDIO DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES.

En la búsqueda de resultados confiables, es conveniente e indispensable evitar los mas problemas posibles que nos alteren los resultados, en este campo de la búsqueda de nuevos materiales o mejoramiento hemos visto que separar la cal del cemento nos dará unos resultados mas confiables, ya que los aditivos que utilizaremos son para que la cal reaccione, es por eso que los cementantes que usamos es solo la cal, conjuntamente con agregados y agua, pero hemos dado un paso mas, que es la pasta de cal con agua, para “filtrar” mejor los resultados, y ver mas de cerca las reacciones que se producirán en la cal.

III. I DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES.

III. I. I LA CAL.

Es el producto que se obtiene calcinando la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio. En ese estado se denomina cal viva (óxido de calcio) y si se apaga sometiéndola al tratamiento de agua, se le llama cal apagada (hidróxido de calcio). La cual la podemos encontrar en cualquiera de estas tres formas: piedra caliza, cal viva y cal hidratada.

La cal forma un ciclo:

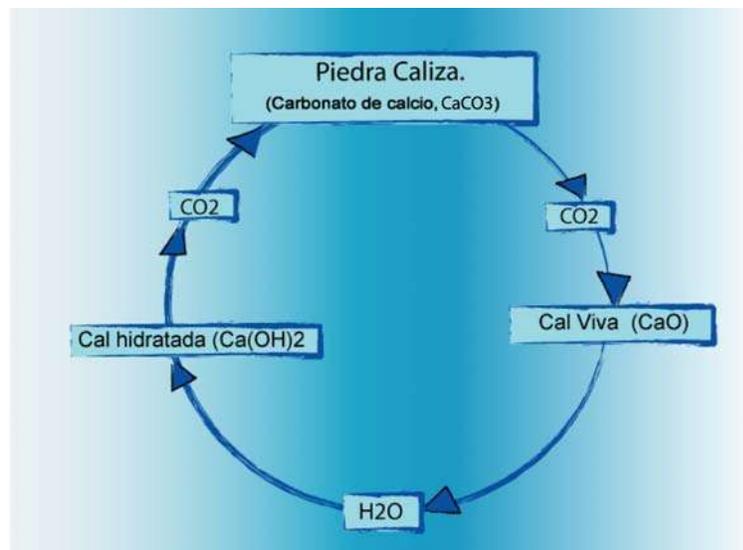


Fig. 5. CICLO DE LA CAL.





Piedra caliza.

Como se dijo anteriormente en este proyecto, la piedra caliza es una roca de origen sedimentario, que se formó a partir de material precipitado por la acción química y orgánica sobre las aguas de escurrimiento lacustre, zonas marinas, cavernas y llanuras secas. Los elementos de calcio y magnesio que están distribuidos en la corteza terrestre se encuentran formando la piedra caliza en forma de carbonatos. La roca caliza esta compuesta básicamente por carbonato de calcio (calcita), y por carbonato de magnesio (magnesia) hasta un 30 %, e impurezas como sílice, alúmina, oxido de hierro entre otros. La roca caliza tiene un contenido total de más del 50 % de carbonato de calcio.

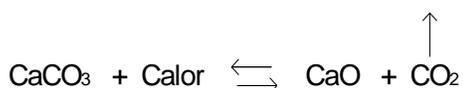
La principal propiedad industrial de la caliza, es su facilidad de descomposición bajo la acción del calor, o a una temperatura de 800° a 900° C, formándose dos productos: La cal viva (CaO) y el dióxido de carbono. A su vez, la cal viva con agua (H₂O) forman la cal hidratada (Ca(OH)₂). (Cortes A. y Bautista M. 1987).

Cal viva.

Material obtenido de la calcinación de la caliza que al desprender anhídrido carbónico, se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua, para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada (hidratada), se aplique en la construcción, principalmente en la elaboración del mortero de albañilería. Es llamada así por endurecer dentro del agua, en contraste con la cal hidráulica. La cal viva es un polvo blanco, este color puede variar en función de su pureza y calcinación. Esta tiene un olor suave característico que es difícil de describir, excepto, que recuerda ligeramente la humedad o la tierra. (R. S. Boyton).

La cal viva se fabrica a partir de piedra caliza triturada que contenga carbonato de calcio y magnesio en cantidades superiores al 95 % a una temperatura de entre 880° y 900° C provocando la siguiente reacción:

El proceso de la calcinación contiene tres operaciones generales:



1. La piedra caliza pierde primero su agua de cantera que contiene en su estado natural entre 120° y 150° C. Este paso se le conoce como precalentamiento.
2. Se lleva la piedra caliza a una temperatura de entre 880° y 900° C. Con lo cual se provoca la disociación en oxido de calcio CaO y bióxido de carbono CO₂.
3. El bióxido de carbono en forma de gas se pierde en la atmósfera quedando como producto aprovechable el oxido de calcio CaO.





El bióxido de calcio, obtenido de la anterior reacción endotérmica es conocido comúnmente como cal viva.

Cal apagada.

Se dice que se obtiene "cal apagada" cuando los albañiles vierten agua sobre la cal viva en las construcciones. El apagado es exotérmico: se desprende gran cantidad de calor que evapora parte del agua utilizada. Simultáneamente la cal viva se desterrona y expande. Es pastosa y como es cáustica, no debe tocarse con los dedos. El apagado de la cal viva se practica en un hoyo excavado en el terreno o dentro de una batea de madera. Mientras el albañil añade agua, remueve constantemente la mezcla. Después cubre con agua el producto obtenido y lo estaciona un mínimo de 48 horas. Con cal apagada, arena y en ocasiones polvo de ladrillo se hace la mezcla, argamasa o mortero aéreo, para asentar ladrillos, fijar baldosas y azulejos y revocar paredes.

Cal hidratada.

Se conoce con el nombre comercial de cal hidratada a la especie química de hidróxido de calcio, la cual es una base fuerte formada por el metal calcio unido a dos grupos hidróxidos. El óxido de calcio al combinarse con el agua se transforma en hidróxido de calcio.

La cal hidratada es un polvo de color blanco o ligeramente gris, esponjoso, con tamaño de partículas de una micra o inferior a ésta, y con partículas gruesas cuando tienen impurezas como el sílice. La cal hidratada es hidróxido de calcio, pero la cal viva no es apagada a pie de obra, sino en condiciones cuidadosamente controladas. El óxido de calcio debe recibir una cantidad estrictamente necesaria de agua, obteniéndose un hidróxido como polvo seco, que se muele finamente. La cal hidratada se expende en bolsas de papel impermeable. Como el proceso ya se elabora con anterioridad es de mayor ventaja, ya que no necesita apagarse la cal, sino que se hace una mezcla de aplicación inmediata. Este tipo de cal es la que mas comúnmente utilizamos en las obras de construcción.

Cuando la piedra caliza se somete a calcinación, contiene o esta mezclada artificialmente con una cierta cantidad de arcilla, mayor de un 5% pero sin superar el 20% a temperaturas superiores a los 1000°C, reaccionan los productos de la disociación de la arcilla, SiO_2 y Al_2O_3 con el CaO , dando como producto resultante la cal hidráulica.

De una manera aproximada ya que los silicatos y aluminatos de calcio obtenidos no son bien conocidos se puede escribir la siguiente reacción que toma lugar en la calcinación.





La indeterminación de los subíndices de los silicatos y aluminatos se deberá que estos varían de acuerdo con las temperaturas alcanzadas, dando lugar a productos hidráulicos de propiedades distintas.

Al someterse al proceso de apagado una cal hidráulica, el óxido de calcio CaO libre en ella, reacciona en la misma forma que en las cales ordinarias, formando hidróxido de calcio Ca(OH)₂.

Proceso de obtención de la cal hidratada.

La cal hidratada se obtiene a partir de la cal viva (óxido de calcio) añadiendo una cantidad limitada de agua durante su fabricación. El óxido de calcio en presencia de agua produce la siguiente reacción exotérmica, produciendo el hidróxido de calcio o cal hidratada.



Esta reacción también se puede producir cuando el óxido de calcio absorbe el vapor de agua que se encuentra en la atmósfera y de las sustancias vegetales y orgánicas que están en contacto con él.

En este proceso de hidratación o apagada de la cal viva, la temperatura se eleva a 160° C y el producto resultante es un polvo amorfo, blanco, de efectos cáusticos. Cuando se mezcla con el agua forma una pasta de color blanco, untosa de fluidez variable que es el aglutinante o aglomerante.

PROCESOS DE OBTENCIÓN

Los procesos para la obtención de cal que se presentan a continuación están simplificados.

Extracción. Se desmonta el área a trabajar y se lleva a cabo el descapote, posteriormente se barrena aplicando el plan de minado diseñado, se realiza la carga de explosivos y se procede a la voladura primaria, moneo, tumbe y rezagado, carga y acarreo a planta de trituración.

Trituración. En esta etapa es sometida a un proceso de trituración que arrojará como producto trozos de menor tamaño que serán calcinados en hornos verticales. La trituración secundaria se realiza cuando se requieren fragmentos de menor tamaño y se tienen hornos rotatorios para calcar.

Calcinación. La cal es producida por calcinación de la caliza y/o dolomía triturada por exposición directa al fuego en los hornos. En esta etapa las rocas sometidas a calcinación pierden bióxido de carbono y se produce el óxido de calcio (cal viva).





Es importante que el tamaño de la roca sometida a calcinación sea homogéneo para que la calcinación se realice en forma efectiva y en su totalidad en todos los fragmentos.

Enfriamiento. Posteriormente se somete a un proceso de enfriamiento para que la cal pueda ser manejada y los gases calientes regresan al horno como aire secundario.

Inspección. El proceso siguiente es la inspección cuidadosa de muestras para evitar núcleos o piezas de roca sin calcinar.

Cribado. Se somete a cribado separando a la cal viva en trozo y en gujarros de la porción que pasará por un proceso de trituración y pulverización.

Trituración y pulverización. Este paso se realiza con el objeto de reducir más el tamaño y así obtener cal viva molida y pulverizada, la cual se separa de la que será enviada al proceso de hidratación.

Hidratación. Hecho esto el siguiente paso es el proceso de hidratación, en donde la cal viva es tratada aproximadamente con un 30% de exceso de agua sobre los requerimientos de la reacción química teórica para que sea transformada en hidróxido de calcio o cal hidratada.

La relación promedio por peso de la reacción química de la hidratación es de 1:1.30, lo cual significa que en promedio una tonelada de cal se convierte en 1.30 toneladas de cal hidratada.

El material de hidratación sale en forma de polvo con una temperatura entre 130° y 150° C, este se deja enfriar a una temperatura ambiente hasta que se estabiliza la misma.

Finalmente el producto resultante, cal hidratada, es empaquetado para su venta y comercialización

III. I. 2 ESTUDIO DE LOS AGREGADOS.

Las propiedades de los agregados juegan un rol muy importante en el diseño de los concretos y de los morteros, porque el agregado llega a ser por lo menos tres cuartas partes del volumen total de la mezcla, por esta razón la calidad de los agregados determinara en mucho las propiedades físicas y mecánicas del concreto y el mortero. *“El agregado limita la resistencia del concreto, ya que un agregado débil no puede producir un concreto resistente y, además, afecta mucho la durabilidad y el comportamiento estructural del concreto”*¹⁷.

En mucho tiempo el agregado tenía importancia en gran medida por la cuestión económica, “El agregado se consideraba originalmente como un material inerte, que estaba disperso dentro de la pasta de cemento y cuya motivación era sobre todo económica. Es posible, sin embargo, adoptar el





punto de vista contrario, y considerar el agregado como un material de construcción que se une a un todo cohesivo por medio de la pasta de cemento, de manera similar a la construcción de mampostería. De hecho, el agregado no es realmente inerte y sus propiedades físicas y térmicas, y algunas veces también químicas, influyen sobre el comportamiento del concreto”¹⁸. La razón por la cual el agregado adquiriría tal importancia económica es porque aun en la actualidad el cemento tiene un valor económico muy alto. Es así como se busca que el concreto lleve el menor contenido de cemento y lo mas que se pueda de agregados, para abaratar el costo, pero es también un peligro, porque puede bajar la calidad del mismo, y claro dependerá mucho del tipo y calidad de agregado. “El agregado es más barato que el cemento y, por lo tanto, resulta económico poner la mezcla un máximo de agregado y el mínimo posible de cemento. Pero la economía no es la única razón por la que se utiliza este material: el agregado confiere considerables ventajas técnicas al concreto, el cual tiene más estabilidad de volumen y mejor durabilidad que la pasta de cemento sola”¹⁹.

III. I. 2. 1. Clasificación general del agregado.

“El tamaño del agregado varía desde fracciones de milímetros en sección transversal. El tamaño máximo varia, pero en cualquier mezcla se incorporan partículas de varios tamaños; la distribución del tamaño de las partículas se llama granulometría. La principal división se hace entre el agregado fino, que a menudo se llama arena, cuyo tamaño no excede de 5mm o 3/16 pul. Y el agregado grueso, el cual comprende material de no menos de 5 mm...Generalmente se considera que la arena tiene un tamaño menos limite de alrededor de 0.007 mm o poco menor. El material entre 0.06 mm y 0.002 se clasifica como limo, y las partículas menores se denominan arcilla. La marga es un depósito blando compuesto por arena, limo y arcilla en proporciones aproximadamente iguales”²⁰. En general como se describe, el agregado se divide en gravas, arenas y limos, y dependiendo de lo que se diseñe será su proporcionamiento en la mezcla, en el caso de los morteros solo se usa la arena, porque las gravas son más gruesas y no le proporcionan una adecuada trabajabilidad a la mezcla.

Todas las partículas de agregado proceden de una masa mayor, que puede haberse fragmentado por procesos naturales de interperismo y abrasión o mediante la trituración artificial. Por lo tanto, muchas de las propiedades del agregado dependen de las propiedades de la roca original... Por otra parte, alguna propiedades corresponden al agregado, pero no a la roca original: forma y tamaño de la partícula. Textura superficial, absorción.

Las arenas por su procedencia se pueden clasificar en:

Arena natural. Proviene de la desintegración de roca natural (material pétreo, inerte que pasa por la malla No 4) producida en forma





natural, cuyos fragmentos son llevados y depositados por fuerzas naturales, en depósitos de forma acústica, (fluvial, lacustre, marina, glaciario, etc.) eólica, (dunas) o ígneas (piroclastos). Esta arena no se somete a ningún tipo de proceso físico o químico para ser empleada como agregado en la elaboración de concretos, morteros y mezclas para carpetas asfálticas.

Arena triturada mecánicamente. Material inerte obtenido artificialmente, que proviene de un proceso de reducción progresiva, mediante cualquier proceso de trituración y molienda de las rocas duras de materiales pétreos secundarios previamente fragmentados en dimensiones adecuadas, el material resultante debe pasar por la malla No. 4. Este material se utiliza para la elaboración de concretos y morteros. Presentan superficies rugosas y granos angulosos, prácticamente no contienen polvos, ya que estos se pierden en el proceso de criba al que son sometidos. Estas arenas son buenas para la elaboración de morteros y concreto siempre que provengan de rocas duras y no tengan aristas muy vivas ni sus ángulos muy agudos pues hace que disminuya la resistencia de estos elementos. (Saad, 1982)

De acuerdo con el tamaño de agregado se clasifican en: (A.S.T.M.)

Arena gruesa: los granos de estas arenas pasan por la malla No. 4 y son retenidos en la malla No 10.

Arena media: los granos pasan por la malla No. 10 y son retenidos en la malla No. 40.

Arena fina: los granos pasan en la malla No. 4 y son retenidos por la malla No 200.

La arena se clasifica de acuerdo con su módulo de finura:

Modulo de finura	Clasificación
< 2.00	Muy fina
2.00 - 2.30	Fina
2.30 -2.60	Media fina
2.60 - 2.90	Media
2.90 - 3.20	Media gruesa
3.20 - 3.50	Gruesa
> 3.50	Muy gruesa

Tabla 3. Manual del concreto parte 1 1982.





De acuerdo con su origen las rocas se clasifican en:

Arenas silíceas o cuarzosas: Se consideran las mejores debido a su dureza y estabilidad química.

Arena calizas: Estas pueden ser utilizadas si provienen de rocas duras, desechándose las blandas

Arena granítica: No debe usarse salvo cuando contengan bastante cuarzo, debido a su alterabilidad y poca homogeneidad.

Arena arcillosa: Estas pueden ser empleadas cuando contengan menos del 3% ya que esta altera el fraguado y la plasticidad del mortero. (Saad, 1982)

Dependiendo del tipo de su yacimiento se denominan:

Arena de río: Se caracterizan por ser partículas redondeadas debido al acarreo que han sufrido, pueden contener arcillas y otras impurezas o estar limpias dependiendo de su localización. Esta arena da muy buen resultado para la fabricación de concretos o morteros debido principalmente a la forma de sus partículas.

Arena de mina: Estas arenas se forman en el interior de la tierra, son de granos más angulosos y ordinariamente contienen arcillas y material orgánico.

De acuerdo con la cantidad y calidad de impurezas que contienen estas arenas se presentan de diferente coloración que son el azul, parda y rosa.

Siendo las azules las más puras por provenir de la desintegración de las andesitas. Las arenas pardas contienen un porcentaje alto de polvos y las rosas contienen óxidos, ambas pueden ser exitosamente empleadas en la fabricación de morteros o concretos, pero algunas tienen que ser lavadas para poder ser utilizadas.

Dentro de las arenas rosas existe la llamada poma rosa de características puzolánicas que son aptas para la elaboración de morteros con base de cal aérea.

Arena de playa o duna: La característica de estas arenas es la cantidad tan elevada de sales alcalinas, que absorben y retienen humedad, dando con el tiempo origen a eflorescencias que son perjudiciales para acabados interiores, sus granos son muy pequeños y para la fabricación de morteros resultan antieconómicos y tienen muy poca plasticidad.

Arena volcánica: Estas arenas suelen encontrarse en las faldas de los volcanes o zonas próximas a ellos. Proviene de rocas ígneas extrusivas tales como el basalto, el tezontle, la piedra pómez (espuma volcánica), el tepetate entre otros.





Arenas de canteras: Se obtienen de la explotación de cerros y montañas en forma abierta atacando varios frentes a la vez, el material resultante se somete a trituración y molienda para reducir las partículas a tamaños en los que se puedan trabajar como arena (que pase la malla No 4) Estas arenas son de buena calidad si se elige una roca sana y de estructura uniforme, es aconsejable eliminar las rocas tales como pizarras, esquistos y otras que presenten planos de fractura, ya que al ser sometidas al proceso de trituración se obtienen agregados con forma de laja que alteran las propiedades del mortero y el concreto, teniendo la necesidad de agregar el contenido de arena y de aglutinante para lograr una mezcla manejable.

Forma de las partículas.

No todos los agregados son iguales, tienen una morfología definida, además de que hay muchos tipos de formas, para poder definir nuestro material es conveniente definir que tipo de agregado tenemos, *"Además de las propiedades petrológicas del agregado, las características externas son importantes, en particular la forma de las partículas y su textura superficial. La forma de un cuerpo de tres dimensiones es difícil de describir y, por lo tanto, conviene definir ciertas características de estos cuerpos"*²¹.

La redondez mide el filo o la angulosidad de las aristas y esquinas de una partícula. La redondez depende en gran medida de la dureza y la resistencia a la abrasión de la roca de donde proviene el agregado, así como del desgaste al cual la partícula ha sido sometida. En el caso de agregados obtenidos por trituradoras, la forma de la partícula depende de la naturaleza de la roca original y del tipo de quebradora y la relación de reducción, es decir, el cociente del tamaño del material puesto en la trituradora, entre el tamaño del producto terminado. Una clasificación conviene de la redondez es la de la norma B.S. 812: 1967, dada en la tabla 3.

CLASIFICACION	DESCRIPCION	EJEMPLOS
Redondeadas	Totalmente desgastada por el agua o completamente limada por frotamiento	Grava de río o playa; arena del desierto, playa y acarreada por el viento.
Irregular	Irregularidad natural, o parcialmente limada, por frotamiento y con orillas redondeadas	Otras gravas, pedernales del suelo o de excavación.
Escamosa	Material en el cual el espesor es pequeño en	Roca laminada.





	relación a las otras dos dimensiones.	
Angular	Posee orillas bien definidas que se forman en la intersección de caras más o menos planas.	Rocas trituradas de todos tipos; taludes detríticos, escorias trituradas.
Elongadas	Material normalmente angular, en el cual la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones.	
Escamosa y Elongada	Material cuya longitud es considerablemente mayor que el ancho, y éste considerablemente mayor que el espesor	

Tabla 4. Clasificación de la forma de las partículas, según la Norma B.S 812: 1967. ²²





IV. DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS APLICADOS.

Para una mejor búsqueda de resultados durante el recorrido de la investigación surgió la idea de separar la cal del agregado, es por eso que simultáneamente se elaboraron cubos de cal y de motero con los distintos componentes, para ver los cambios que se generan en la cal, y no atribuirlos a posibles reacciones con los agregados, para esto el proceso fue, de tomar la cal como el elemento base, y todos los porcentajes fueron en relación a la cal, los porcentajes se tomaron no en volumen sino en peso.

Los estudios realizados fueron de tres tipos de propiedades, Físicas, Mecánicas, Químicas y Micro estructurales, cimentadas en lo que recomienda los lineamientos o normas, que precisamente están para regular los procedimientos, y los cuales influyen directamente sobre los resultados dejando en claro la calidad de los materiales y las mejoras hechas a los mismos, los reglamentos que se usaron son ASTM (American Society for Testing and Materials) y por el Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado. (ACI).

Al efectuar el diseño de una mezcla conviene adoptar los siguientes lineamientos básicos, encontrar el proporcionamiento adecuado, es necesario buscar la cantidad precisa de agua, que también no fuera un factor que afectara los resultados, este porcentaje se sujeto a todas las proporciones, como ya hemos dicho en relación a la cal. Los porcentajes no fueron en relación al volumen sino al peso.

IV. I DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS.

Las propiedades físicas en general son aquellas en las que se mantienen las propiedades originales de la sustancia ya que sus moléculas no se modifican, y las pruebas que se le aplican es precisamente con ese objetivo, encontrar sus características físicas.

IV. I. I. PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS.

Las pruebas hechas a estos agregados fueron las siguientes:

- Humedad actual en arenas
- Humedad de absorción.
- Densidad Relativa Aparente.
- Determinación del peso volumétrico seco y suelto (PVSS)
- Determinación del peso volumétrico seco y varillado (PVSV)
- Granulometría o análisis granulométrico

Como podemos ver estrictamente el procedimiento estipula el muestreo de agregados, cuarteo, determinación de la materia orgánica en





arenas, sedimentación, material que pasa por la malla N° 200 y la prueba de terrones en arcilla, pero en este caso por ser una arena manipulada no requiere esas pruebas, ya que son procedimientos que se usan para determinar características físicas en arenas que vienen de campo, o que se toman muestras representativas de una gran cantidad de arena que será aplicada a la obra, pero nuestro problema no es ese, y que es arena de río, que por propia naturaleza esta lavada, además son cantidades muy pequeñas, de 5 kilos, y no de toneladas, como es el caso de un camión de volteo, los 5 kilos están muy bien mezclados porque se encuentran en una bolsa, que cada vez que se requería material se mezclaba muy bien el material. El problema que mas podría variar la calidad del agregado así como los resultados, es la cantidad de materia orgánica en la arena, pero al ser cribada en las mallas, se elimino manualmente toda la material que pasa la malla 100, esto significa que no existen problemas ni de arcillas orgánicas, que es lo que determina una buena o mala calidad de la arena, es por eso que se eliminaron las pruebas de materia orgánica en arenas, sedimentación, material que pasa malla 200, y la prueba de terrones de arcilla.

- Humedad actual en arenas.

El objetivo de esta prueba es determinar el porcentaje de humedad que contiene una arena en el momento que se va a utilizar para la elaboración de una mezcla, para así poder hacer realizar la corrección correspondiente por humedad.

Equipo:

- Muestra representativa de arena de un kilogramo aproximadamente
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Parrilla eléctrica.
- Metálica.
- Espátulas.
- Cristal.

Procedimiento:

De la muestra representativa se pesan 300 gramos registrándose éste valor como peso inicial de la muestra o peso húmedo actual (Ph) posteriormente, ésta muestra se coloca en una charola metálica sobre la parrilla eléctrica para hacer el secado del material moviéndolo este con una espátula en forma constante para que el secado sea homogéneo hasta eliminar completamente la humedad del material.

Para saber cuando el material ya esta seco, se coloca el cristal sobre el material y en el momento que ya no se empañe esto significa que el material ya esta seco. De ahí se procede a enfriar un poco el material y





pesarlo éste peso se registrará. Éste peso se registrará como peso final o peso seco de la muestra (Ps).

Cálculos:

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

Donde:

- Ph** = Peso de la muestra en gramos
- Ps** = Peso seco del material en gramos
- Ph - Ps** = Peso del agua que contenía el material

- Humedad de absorción en arenas

El objetivo de ésta prueba es la de determinar la capacidad máxima de absorción que tiene una arena expresada en porcentaje.

Equipo:

- Una muestra representativa de material de aproximadamente 2 kilogramos.
- Una balanza con aproximación al décimo de gramo
- Una parrilla eléctrica
- Charolas metálicas
- Un cono metálico (truncocónico)
- Un pizón
- Una espátula

Procedimiento:

Se pone a saturar (en agua) la muestra de 2 kilogramos durante 24 horas como mínimo. Al término de este tiempo se seca superficialmente con la ayuda del truncocónico como se describe a continuación:

- Se coloca la arena en la charola y se coloca en la parrilla eléctrica para realizar la eliminación de agua que contiene en exceso, esto es hacer el secado de la arena en forma superficial.
- Para saber cuando la arena esta seca, se coloca el molde truncocónico dentro de la charola con el diámetro mayor hacia abajo, se llena el molde con la arena en tres capas distribuyendo 25 golpes dados con el pizón, dando 12 a la primera, 8 a la segunda y 5 a la tercera. Inmediatamente se retira el cono y si la arena trata de disgregarse quiere decir que ya esta seca superficialmente, y si la arena mantiene





la forma del cono significa que todavía tiene agua en exceso por lo tanto hay que seguir secando el material hasta que se obtenga el secado superficial. Conforme vaya perdiendo la humedad la muestra hay que realizar más continuamente el procedimiento con el cono para evitar que se seque en exceso.

Cuando la arena este seca superficialmente hay que pesar una muestra de 300 gramos, registrando este peso como saturado y superficialmente seco (Ph).

Esa muestra de 300 gramos, se coloca en una charola hasta un peso constante, o sea, hasta eliminar completamente el agua. Para saber cuando el material ya esta seco se coloca el cristal sobre el material, si no lo empaña retiramos el material y se deja enfriar un poco, procediendo a pesarlo y registrar el peso como peso seco del material (Ps), si todavía se empaña el cristal hay que seguir secando el material hasta secarlo completamente.

Cálculos:

$$\% \text{ Humedad de absorción} = \frac{Ph - Ps}{Ps} (100)$$

Donde:

Pw= Peso húmedo (gramos).

Pa= Peso seco del material (gramos) .

Agua Absorbida = **Pw-Pa**

% de Humedad de Absorción = $[(Pw-Pa)/Pa]*100$



Fig. 6. Procedimiento de la prueba de humedad de absorción en arenas.

Foto M. Quintero Márquez.





- Densidad Relativa Aparente.

El objetivo es determinar el peso de la unidad de volumen de ese material, sin considerar los vacíos que existen entre partícula y partícula. Las partículas se consideran saturadas en agua y superficialmente secas. Este resultado se utilizará en los proporcionamientos de concreto.

Equipo:

- Una balanza con capacidad de 2 kilogramos y un décimo de aproximación.
- Cono de latón y pizón para secado superficial de la arena.
- Un picnómetro.
- Probeta de 500 ml.

Procedimiento:

Aprovechando la humedad superficialmente seca de la prueba anterior se toma una muestra de 300 gr, pesados en la balanza, de ahí llevamos la muestra al picnómetro, y tomamos la lectura de la probeta del volumen desplazado.

Cálculos:

Densidad Relativa Aparente: P_a / V_a

Donde:

P_a = Peso superficialmente seco.

V_s = Volumen desalojado.



Fig. 7. Prueba de Densidad Relativa Aparente.

Foto M. Manuel Quintero Márquez.





- Determinación del peso volumétrico seco y suelto. (PVSS)

El objetivo de esta prueba es determinar el peso por unidad de volumen de una arena cuando el acomodo de sus partículas es en forma libre y natural.

Equipo:

- Una muestra de arena completamente seca
- Un recipiente de volumen y peso conocido
- Una varilla lisa punta de bala de 5/8 de diámetro.
- Una balanza o báscula.
- Un cucharón y una pala.

Procedimiento:

Se vacía arena dentro del recipiente dejándose caer a una altura medida a partir de la arista superior del recipiente de aproximadamente 5 centímetros, llenando completamente el recipiente hasta colmarlo formando un cono.

Enseguida se enrasa el recipiente con la varilla y se limpia el recipiente de las partículas adheridas en las paredes exteriores procediendo a pesarlo.

Al peso obtenido anteriormente se le resta el peso del recipiente para obtener el peso de la arena.

Cálculos:

$$PVSS = P / V$$

Donde:

PVSS = Peso volumétrico seco y suelto (gramos/cm³)

P = Peso del material (gramos)

V = Volumen del recipiente.

- Determinación del peso volumétrico seco y varillado de una arena.

El objetivo de esta prueba es obtener el peso por unidad de volumen de una arena, cuando el material tiene una determinada compactación.

Equipo:

- Una muestra de arena completamente seca.
- Un recipiente de peso y volumen conocido.
- Una varilla lisa punta de bala de 5/8" de diámetro.





- Una balanza o báscula.
- Un cucharón y una pala.

Procedimiento:

Se procede a llenar el recipiente con la arena a volteo dejándola caer a una altura aproximada de 5 centímetros, el llenado del recipiente debe hacerse en tres capas dando a cada capa de arena 25 golpes con la varilla punta de bala distribuyéndolos en toda la superficie del material.

Debe cuidarse que la varilla no penetre en la capa anterior al dar los golpes.

Se enraza el recipiente con la varilla punta de bala y se limpian todas las partículas que hayan quedado adheridas a las paredes exteriores.

Después de haber realizado los pasos anteriores se pesa el recipiente con el material y se le resta el peso del recipiente para así obtener el peso neto del material.

Cálculos:

$$PVSV = P / V$$

Donde:

PVSV = Peso volumétrico seco y varillado (gr/cm³)

P = Peso del material (gr)

V = Volumen del material (cm³)

- Granulometría o Análisis Granulométrico.

El objetivo de esta prueba es pasar por una serie de mallas o tamices la muestra representativa de arena, para conocer la distribución de los diámetros de las partículas y el módulo de finura.

Para lo cual se deberá efectuar el registro correspondiente y el cálculo para comparar los resultados de decidir si es o no aceptable la arena.

Existen normas que rigen la calidad de los agregados en cuanto a su granulometría, porque no conviene que tenga o muchos finos, o muchos gruesos, una arena que esta bien equilibrada en sus partículas es de mejor calidad, los finos afectan en que absorben mas agua, incrementara la relación agua cemento, ya que se requiere mas cemento para su mezclado, afectara negativamente la resistencia, habrá problemas de contracción y eso perjudica el mortero, porque lo fractura desde dentro.





La arena que más cumple con estos requerimientos es la arena de Ottawa Canada, pero es muy cara, buscando el mismo resultado al menos en la composición granulométrica pasamos la arena por las diferentes mallas, pero de igual manera que con la arena de joyitas tenía muchos finos, aunque no eran limos arcillosos, no voy a recurrir al procedimiento de cuarteo y demás, que es el proceso adecuado para poder determinar la granulometría de un agregado, en nuestro caso, buscando que la arena fuera la más adecuada, la pase por las diferentes mallas que la norma específica, la cual es la siguiente:

Standard Specification for STANDARD SAND.

MALLA	PORCENTAJE
	RETENIDO ACUMULADO
8	0
16	0
30	30
50	75
100	100
200	0
CHAROLA	0

Tabla 5. Norma C 778 - 80ª ASTM

PROCEDIMIENTO DEL PROPORCIONAMIENTO.

Extracción del material: En este apartado quisiera agradecer a Ramses Pineda Cardenas un compañero de trabajo, ya que generosamente colaboro en ir a recolectar el material hasta el río ojo de Cuervo, el material por supuesto estaba muy húmedo, y de diferentes granulometrías.

Secado: una vez en el laboratorio el material se extendió en un espacio plano y al sol, para que se seque más rápidamente, el material se extiende con una rastrillo metálico, dejando una capa delgada, para que el agua que contenga se evapore.

Primer tamizado: Ya seco el material, fue pasado por unas dos primeras mallas, una para quitarle las piedras de más de 1cm, esto claro para facilitar el tamizado consiguiente, la segunda malla, quitaba las gravas de aproximadamente 0.5 cm, esto dejó una arena más fina y trabajable.

Tamizado: Este procedimiento es más delicado, ya que se seleccionaron las mallas apropiadas, en este caso fueron las mallas 16, 30, 50 y 100, todo lo que se retuvo en la malla 16 se retiró del material, así





como lo que quedaba en la charola que pasaba por la malla 100, que estos son todos los finos, ya que como podemos ver la norma no permite que contenga mas que un mínimo. El proceso fue manual y mecánico, utilizando las cribadoras que cuenta el laboratorio de materiales.

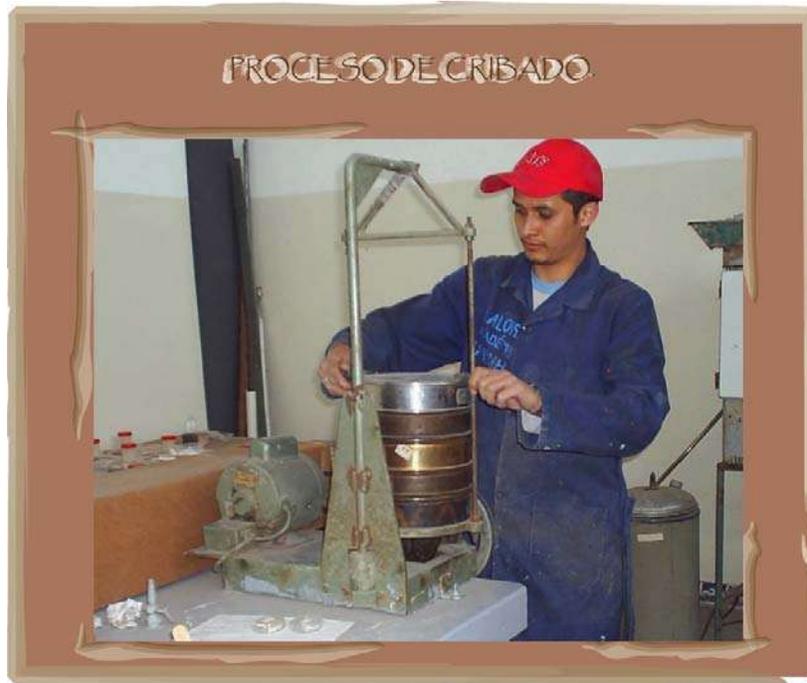


Fig. 8. Cribado por medio mecánico. Foto M. Quintero Márquez.

Separación por granulometrías: En unas charolas grandes se puso el peso retenido de cada malla, después se iba colocando en bolsas herméticamente cerradas, para no permitir la humedad en la arena.



Fig. 9. Cribado manual. Foto M. Manuel Quintero Márquez.





Pesado y mezclado de la arena: En una báscula electrónica de capacidad de 5 kilos, se pesaba por separado cada granulometría, para poder hacer una proporción adecuada de agregado, que cumpliera claro con la norma, fue un trabajo hasta cierto punto cansado, pero el objetivo recordemos es eliminar lo mas posible los factores que nos alteren los resultados. Ya una vez pesado el material, se mezcal todo en una bolsa, para obtener un mejor mezclado, cada mezcla para ser mas precisa su granulometría era en base a un total de material de 5 kilos.



Fig. 10. Granulometrías. Foto M. Quintero Márquez.

Equipo:

- Un juego de mallas con abertura rectangular o circular del No 4, 8, 16, 30, 50, 100 y charola con su respectiva tapa.
- Una balanza con capacidad de 2160 gramos y aproximación al décimo de gramo.
- Charolas, espátulas y parrillas eléctricas.
- Cepillos de cerdas y alambre.
- Hojas de papel.

Procedimiento:

Se toma una muestra representativa de arena de aproximadamente 600 gramos. Se seca la muestra hasta peso constante, a una temperatura no mayor a los 110° C. Cuando el material este seco y frío, se toman 500 gramos pesados al décimo de gramo. Se colocan las mallas en orden decreciente (4, 8, 16, 30, 50, 100 y charola), se coloca la muestra de 500 gramos y se tapa. Se agita el juego de mallas durante un tiempo de 10





minutos como mínimo, el agitado puede ser a mano o mecánicamente. En una superficie horizontal y limpia se colocan siete hojas de papel y sobre ellas se coloca el material retenido en cada una de las mallas, para lo cual se invertirá la malla con todo cuidado limpiando con cepillo de alambre las mallas 4, 8, 16 y 30 para desalojar el material que se encuentra entre los espacios de la malla, las mallas 50 y 100 se limpiarán con cepillo de cerdas

Se procede a pesar cada uno de los materiales retenidos en las mallas hasta el décimo de gramo anotando los pesos en el registro correspondiente.

1	2	3	4	5
Malla	Peso retenido	% Retenido	% Acumulativo	% Que pasa
8				
16				
30				
50				
100				
200				
Charola				
Suma				

Tabla 6. Registro de Granulometrías.

Cálculos:

Se anotan los pesos retenidos en las respectivas mallas en la columna uno.

El retenido de la columna dos se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Retenido malla } 4 = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Suma de peso retenido}} \times 100$$

El porcentaje acumulativo se calcula a partir de los datos de la columna tres como sigue:

$$\% \text{ Acumulativo malla } 1 = \% \text{ retenido malla } + \% \text{ acumulativo malla anterior.}$$

El porcentaje que pasa se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ que pasa la malla } = 100 - \% \text{ acumulativo malla.}$$





Modulo de finura:

Suma del porciento acumulativo de todas las mallas sin incluir la charola.

$$MF = \frac{\quad}{100}$$

Recomendaciones y especificaciones.

Para afine de calidad se recomienda que el modulo de finura este entre 2.5 y 3.0, puede quedar entre 2.3 y 3.1. (Especificaciones de granulometría según Bureau Of Reclamation ASTM.)

Malla	% que pasa
3/8	100
4	95 - 100
8	80 - 100
16	50 - 85
30	25 - 60
50	10 - 30
100	2 - 10

Tabla 7. Relación malla - Porciento que pasa.

El porciento referido de dos mallas sucesivas no debe de ser mayor a 45%.

IV. I. 2. PROPIEDADES FISICAS DE LA PASTA.

- Densidad.

El objetivo es determinar el peso de la unidad de volumen de las diferentes proporciones de pastas.

Equipo:

- Una balanza electrónica con capacidad de 5 kilogramos.
- 5 muestras representativas de cada proporción.
- Vernier o pie de rey.

Procedimiento:

Con el vernier se miden las 3 caras de los cubos, registrando sus medidas, y enseguida se pesa la muestra en la balanza. Las muestras





representativas es necesario que estén secas, se recomienda que tengan por lo menos 28 días de haber sido elaboradas.

Cálculos:

$$\text{Densidad} = P / V$$

Donde:

P= Peso (gr).

V= Volumen (cm³) = Altura X Ancho X Espesor.

IV. I. 3. PROPIEDADES FISICAS DE LOS MORTEROS.

- Densidad.

En el caso de los morteros se sigue el mismo procedimiento que con el de las pastas.

IV. II DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS.

En ingeniería, las propiedades mecánicas de los materiales son las características inherentes que permiten diferenciar un material de otros, desde el punto de vista del comportamiento mecánico de los materiales en ingeniería, entre estas características mecánicas destacan: la resistencia a esfuerzos, el desgaste, la dureza, la resiliencia, etcétera.

Debido a que cada material se comporta diferente, es necesario analizar su comportamiento mediante pruebas experimentales.

IV. II. I. PROPIEDADES MECANICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.

- Compresión simple.

El objetivo de esta prueba es determinar la resistencia a la compresión en morteros compuestos de cal, arena y agua.

En este caso los que compondrá nuestra pasta será la cal, el agua y los diferentes materiales que forman las diferentes proporciones.

Equipo:

- Un molde acrílico para fabricación de cubos de mortero de 5 X 5 X 5 cm por lado.
- Un pizón de material no absorbente.
- Una balanza electrónica.





- Capsulas de porcelana de 30 cm de diámetro.
- Una probeta graduada
- Vernier.
- Espátulas.
- Agua suficiente para elaborar las mezclas.
- Máquina Universal Tinius Olsen.
- Mezcladora electrónica.

Procedimiento:

Se fabrica una mezcla en peso, agregándole agua hasta que el material sea manejable, procurando que esta sea la cantidad suficiente para elaborar los especímenes de 5 cm de lado. Cúbrase ligeramente las caras interior con aceite o grasa lubricante ligeramente y posteriormente se llena el molde en dos capas, aplicando con el pizón 16 golpes en cada capa repartidos en toda el área, se engrasa el molde con la espátula y se ponen en reposo durante 24 horas .

Transcurrido ese tiempo se descimbran los especímenes y se dejan en reposo según el tiempo especificado hasta la fecha de prueba.

Las fechas de ruptura o prueba de las muestras son: 3 días, 7 días, 14 días, 28 días y 90 días.

Para probar los especímenes, se miden las dimensiones de la cara que va a estar en contacto con la platina móvil de la maquina universal de pruebas, se llevan las muestras a la maquina debiendo poner sobre la platina fija una cama de arena fina colocándose el cubo sobre esta. Sobre la cara superior de la muestra se pondrá también una cama superior de arena, esto con la finalidad de que la carga se distribuya uniformemente en toda el área y se aplica la carga en forma lenta y constante hasta la falla de la muestra.

La velocidad del máquina a de ser constante, la velocidad que utilice fue la primera, tanto en el motor como en las velocidades por las palancas de la máquina.

Cálculos:

$$R = W/A$$

Donde:

R = Resistencia a la compresión.

W = Carga de ruptura de la muestra en Kg

A = área de la muestra en centímetros.





TABLA DE RESULTADOS.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS.						
CALCULO DE ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE CAL.						
Fecha de la prueba:						
Proporción.						
MUESTRA	LADOS (cm)		AREA (cm²)	CARGA (kg)	RESISTENCIA kg/cm²	
	a	b				
	Fecha de elaboración:					
1						
2						
3						
4						promedio
5						

Tabla 8. Resultados de Prueba de Esfuerzo a Compresión.

Antes de adentrarnos a los resultados de esta prueba, es necesario hacer un paréntesis, ya que una gran parte de este trabajo de tesis fue el trabajo de preliminares que consto de hacer un trabajo exhaustivo de experimentación, buscando la forma de ser más eficiente la investigación. Una parte fundamental fue la de diseñar un molde adecuado para la elaboración de los morteros, ya que en el laboratorio hay muy pocos moldes, y se requerían hacer muchos y el factor tiempo fue muy determinante.

El diseño de planteo de la siguiente manera, buscar un material que no fuera absorbente, y que ensamblado quedara lo mas hermético posible mortero con mortero, primeramente planteamos que el material fuera de acero, pero su elaboración era muy cara, con lo que el presupuesto no lo cubría, entonces decidí hacerlo de acrílico, ya que es un material que cumple con las especificaciones recomendadas, el diseño fue el siguiente:





Fig. 11. Diseño del molde para cubos. Diseño M. Quintero Márquez.

Fue un trabajo exhaustivo, pero al final se obtuvieron resultados satisfactorios, aquí vemos un poco del como se elaboro el molde:



Fig. 12. Proceso de elaboración del molde de Acrílico. Foto M. Quintero Márquez.





IV. II. 2. PROPIEDADES MECANICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.

- Compresión simple.

El objetivo de esta prueba es determinar la resistencia a la compresión en morteros compuestos de cal, arena y agua. El procedimiento y demás es el mismo caso que con el que seguimos con los cubos de pasta.

IV. III DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS.

IV. III. I. PROPIEDADES QUIMICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.

- Difracción de Rayos X.

En un estudio mas profundo de nuestra investigación, consta en el análisis de fases cristalinas que se generan en todo el material de la cal, ya que al agregar los distintos componentes se generan cambios cristalinos en la matriz, además que los cambios físicos necesitan una explicación mas profunda.

En si la difracción de Rayos X es... *“La aplicación fundamental de la difracción de Rayos X es la identificación cualitativa de la composición de las fases cristalinas de una muestra. La difracción está basada en las interferencias ópticas que se producen cuando una radiación monocromática atraviesa una rendija de anchura comparable a la longitud de onda de la radiación.”*²³

Procedimiento.

Se seleccionan las muestras que se les quiere aplicar el estudio, en nuestro caso es de los morteros, se limpian con aire a presión, y se seleccionan pequeños trozos, como de 0.5 cm³, y se trituran en un mortero de Agata, hasta dejarlos finamente molidos, y se etiquetan en una pequeña bolsa, para después dárselos al operador del difractograma y les haga el análisis.

Para investigaciones resulta de utilidad en análisis de fases en cementos, suelos, aceros, y en general en compuestos orgánicos e inorgánicos. Los resultados los citaremos mas adelante, para explicar las mejoras que se dieron en las diferentes mezclas y proporciones, y así darles una explicación mas completa.





Fig. 13. Equipo de difracción de Rayos X.

IV. IV. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MICROESTRUCTURALES.

- Microscopia Electrónica de Barrido.

Siguiendo con la línea de ir un paso más adentro de la estructura del material, parte importante de la investigación fue el análisis morfológico del mismo, esto se logro utilizando un microscopio electrónico de barrido. A través de microscopia electrónica de barrido se pueden observar cambios dentro de la estructura cristalina del material, esto nos adentra más a la comprensión de las propiedades intrínsecas del material.

“La microscopia electrónica de barrido es una técnica instrumental que encuentra gran cantidad de aplicaciones en diversos campos de la ciencia y la tecnología. El equipo permite obtener imágenes de muestras tanto en alto vacío como en presión variable. El equipo está capacitado para obtener buenas imágenes a bajo potencial, lo que permite en algunos casos (ciertas muestras biológicas, polímeros, aluminio,...) no tener que realizar pretratamiento de las muestras. Se trata de un equipo





*que es útil para el estudio de muestras típicas en ingeniería (materiales, circuitos, etc.) y de muestras de origen biológico o mineral".*²⁴

La ventaja de los microscopios electrónicos frente a los ópticos esta en que la longitud de onda del haz de luz es aproximadamente 1/200, lo cual aumenta la resolución. *"El aumento de la imagen producido por el microscopio de barrido resulta de la relación entre las dimensiones de la imagen final y el área de la muestra que ha sido barrida. Así, por ejemplo, si la sonda barre un área de 1 mm² de la muestra y la imagen en la pantalla es de 100 mm², ésta ha sido ampliada 100 veces. Este microscopio tiene un rango de aumentos que varía desde 10 hasta 200.000 con una distancia focal de 35 mm. El poder de resolución del microscopio es determinado directamente por el área mínima que la sonda es capaz de escanear. El menor diámetro de la sonda con un número mínimo de electrones".*²⁵

Aplicaciones al microscopio electrónico en la caracterización de materiales.

En resumen, existen varios tipos de materiales que han sido caracterizados en microscopía electrónica, tanto convencional, de barrido, analítica y de alta resolución, entre los que podemos mencionar:

1. Cerámicas superconductoras.
2. Semiconductores.
3. Pequeñas partículas.
4. Aleaciones metálicas.
5. Vidrios metálicos.
6. Óxidos no estequiométricos.
7. Minerales.
8. Cristales moleculares.

Y son varios los procesos físicos y químicos que pueden ser estudiados por medio de microscopía electrónica, algunos de ellos son:

1. Procesos epitaxiales.
2. Crecimiento cristalino.
3. Transformación de fase.
4. Corrosión y/o oxidación.
5. Precipitación.
6. Implantación iónica.





Detalles de cada una de estas aplicaciones de la microscopía electrónica no son mostrados aquí, pero algunos ejemplos de ellas son presentados en el siguiente capítulo. ²⁶

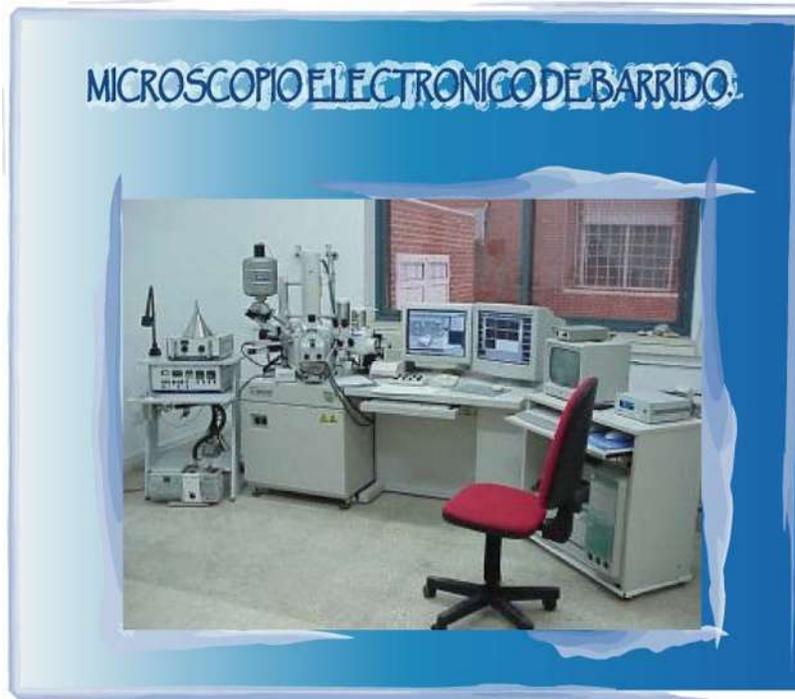


Fig. 14. Fotografía de un laboratorio de análisis microestructural.

Procedimiento.

En un principio seleccionamos la muestra que queremos analizar, se cortan con un exacto un trozo pequeño, de alrededor de unos 0.5 cm de cada lado, formando pequeños cubos, lo mas posible, pero sin limar las caras, se hacen varias para poder seleccionar las mejores. Una vez seleccionando la muestra se limpia con aire a presión, enseguida se le da un baño en oro en un cabezal de recubrimiento metálico con tarjeta de oro, esto para que la imagen tenga una resolución mas definida. De ahí el proceso lo lleva el que maneja el microscopio electrónico. Conjuntamente con el se observa en la pantalla la imagen que mas convenga.





V. RESULTADOS Y DISCUSION.

V.I. I. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS.

V. I. I. 1. Clasificación del agregado:

La forma de nuestro agregado es de procedencia natural, proveniente de un río, por lo cual las partículas son de forma redondeada, la textura es del tipo mixto así como su composición, ya que al ser un material obtenido por arrastre está compuesto de lo que la corriente va acumulando, la forma redondeada provoca un mejor acomodo de las partículas, sin embargo la adherencia a la pasta cementante se reduce por la geometría superficial de las partículas; nuestro material al ser de río es poroso, y eso afecta la resistencia y la calidad.

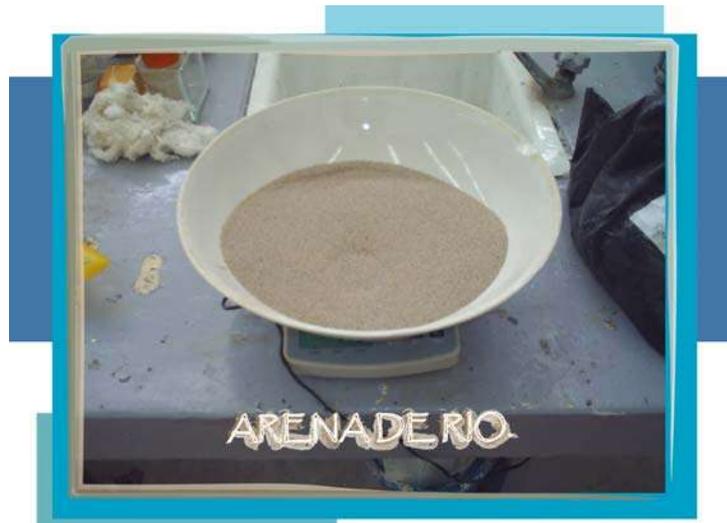


Fig. 15. Muestra de agregado.

V. I. I. 2. Humedad actual en arenas.

HUMEDAD ACTUAL EN ARENAS				
15 de Febrero del 2006				
% HUMEDAD ACTUAL =			$((Ph - Ps) / Ps) * 100$	
Peso húmedo (Ph) =	250			
Peso Seco (Ps) =	248.2	=	0.725%	

Tabla 9. Resultado de Humedad Actual en Arenas.





Este resultado es bajo, puesto que la arena utilizada fue alterada para evitar lo mas posible las variaciones que influyeran directamente en los resultados, la arena que se le hizo este análisis es de una arena que fue secada previamente al sol, como resultado vemos entonces que es una arena seca, con un índice de humedad muy baja.

V. I. I. 3. Humedad superficial y humedad de absorción

ABSORCION		
Peso Húmedo (Pw) gr	174.3	173
Peso Seco (Pa) gr	160	159
Agua Absorbida (Pw-Pa)	14.3	14
absorción[(Pw-Pa)/Pa]*100	8.94	8.81
PROMEDIO	8.871%	

Tabla 10. Resultado de Absorción en Arenas.

Como vemos el resultado es en base a un promedio para poder dar un valor mas confiable, el resultado nos muestra que es una arena con un índice de absorción muy alto, ya que si lo comparamos con el "cuarzo tiene una absorción del 0.16 %, " ²⁷ y el "basalto de menor o igual al 0.5%" ²⁸.

V. I. I. 4. Densidad Relativa Aparente.

DENSIDAD		
Vol. Desalojado (V)	142	82
Peso Superficialmente Seco (Pa) gr.	300	187.6
Densidad Relativa Aparente (Ps/Vs)	2.11	2.29
PROMEDIO (gr/cm3)	2.20	

Tabla 11. Resultado de Densidad en Arenas.

La densidad obtenida en el agregado pétreo puede ser considerada como una densidad media, la cual la hace adecuada para su uso en morteros estándares. Es importante mencionar que todos los agregados minerales con una densidad de 1Gr/cm3 o inferiores se consideran agregados ligeros, y con densidades superiores a 4 Gr/cm3 se consideran agregados pesados.





V. I. I. 5. Determinación del peso volumétrico seco y suelto (PVSS) y seco varillado (PVSV)

PESO VOLUMETRICO				
	P.V.S.S.		P.V.S.V.	
Peso Bruto	4367	4353	4607	4675
Tara	1909	1909	1909	1909
Peso Bruto (Pn)	2458	2444	2698	2766
Volumen (V)	2759	2759	2759	2759
Peso Volumétrico Pn/V	890.90	885.83	977.89	1002.54
PROMEDIO	888.37		990.21	

Tabla 12. Resultado de Peso Volumétrico Seco, y Varillado en Arenas.

El PVSS Y PVSV de este material se puede considerar en función de la densidad obtenida y de los resultados obtenidos anteriormente como un material de peso medio, por lo cual es el indicado para su uso en morteros estándares.

V. I. I. 6. Granulometría o análisis granulométrico.

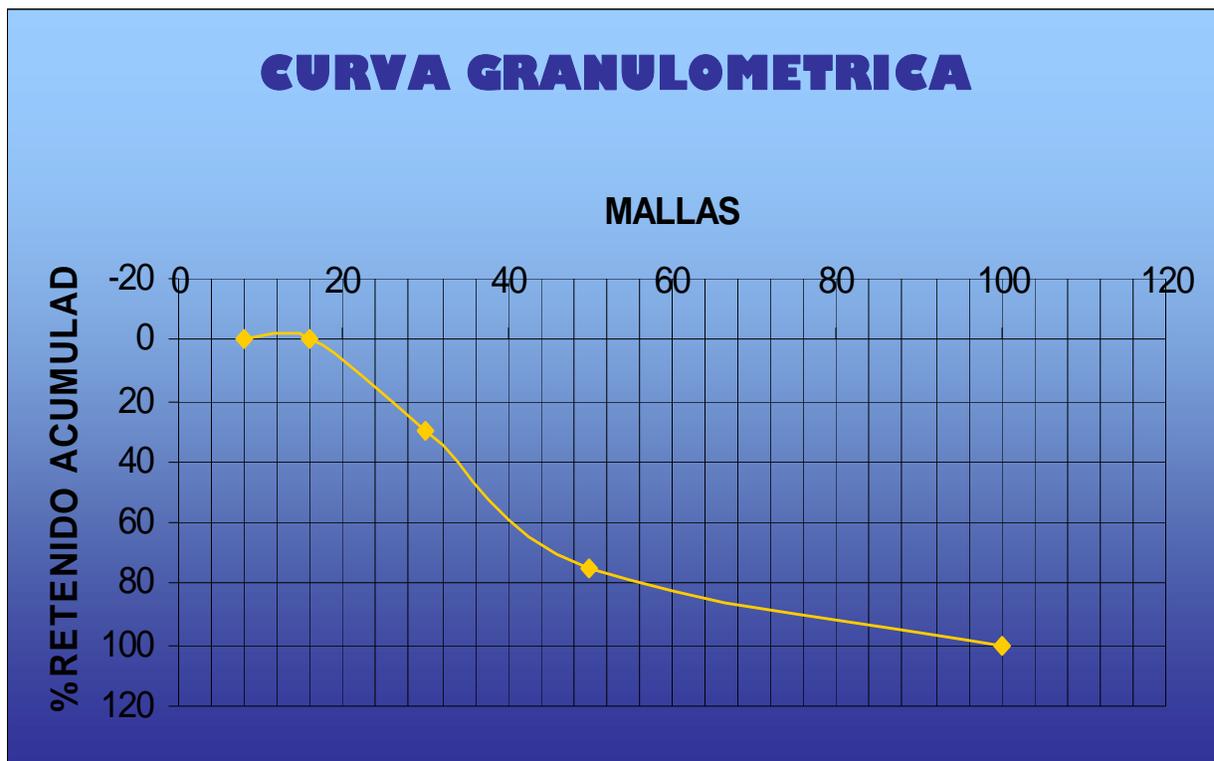
Material=	Arena de Río		
Procedencia=	Río ojo de Cuervo		
Operador=	Manuel Quintero Márquez.		
Fecha=	16 de Febrero del 2006		
COMPOSICION GRANULOMETRICA			
	PESO DE LA MUESTRA =		2000 gr
MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO
8	0	0	0
16	0	0	0





30	600	30	30
50	900	45	75
100	500	25	100
200	0	0	0
CHAROLA	0	0	0
SUMA	2000	100	

Tabla 13. Resultado de Composición Granulométrica.



Grafica 1. Curva Granulométrica del Agregado.

El resultado de esta prueba es adecuada, ya que es lo que especifica la norma.





V. I. 2. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LA PASTA.

V. I. 2. 1. Densidad.

PROPORCION	DENSIDAD (gr/cm ³).
CAL+80% AGUA	0.974
CAL+80% AGUA+ 1% PUZ 1	1.043
CAL+80% AGUA+ 20% PUZ 2	0.989
CAL+80% AGUA+ 5% PUZ 2	0.984
CAL+80% AGUA+ 10% PUZ 2	1.03
CAL+80% AGUA+ 20% PUZ 2	1.081
CAL+80% AGUA+ 5% PUZ 2+ 20% Na ₂ CO ₃	1.25
CAL+80% AGUA+ 10% PUZ 2+ 10% Na ₂ CO ₃	1.179
CAL+80% AGUA+ 10% PUZ 2+ 20% Na ₂ CO ₃	1.332
CAL+80% AGUA+ 20% PUZ 2+ 20% Na ₂ CO ₃	1.434

Tabla 14. Densidad Cubos de Pasta (Ver anexo 1)



Grafica 2. Resumen de Densidad en cubos de pasta.





Como podemos apreciar la densidad en los morteros de pasta aumenta aproximadamente un 47 % en relación a la cal, esto comparándolo con el valor mas alto que es el la mezcla de cal con puzolana 2 mas el carbonato de sodio.

Un aumento en la densidad expresa que tiene un cambio en la estructura del material, en este caso mayor, expresa un cambio físico en la cal.

V.I. 3. RESULTADO Y DISCUCION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS MORTEROS.

V.I. 3. 1. Densidad.

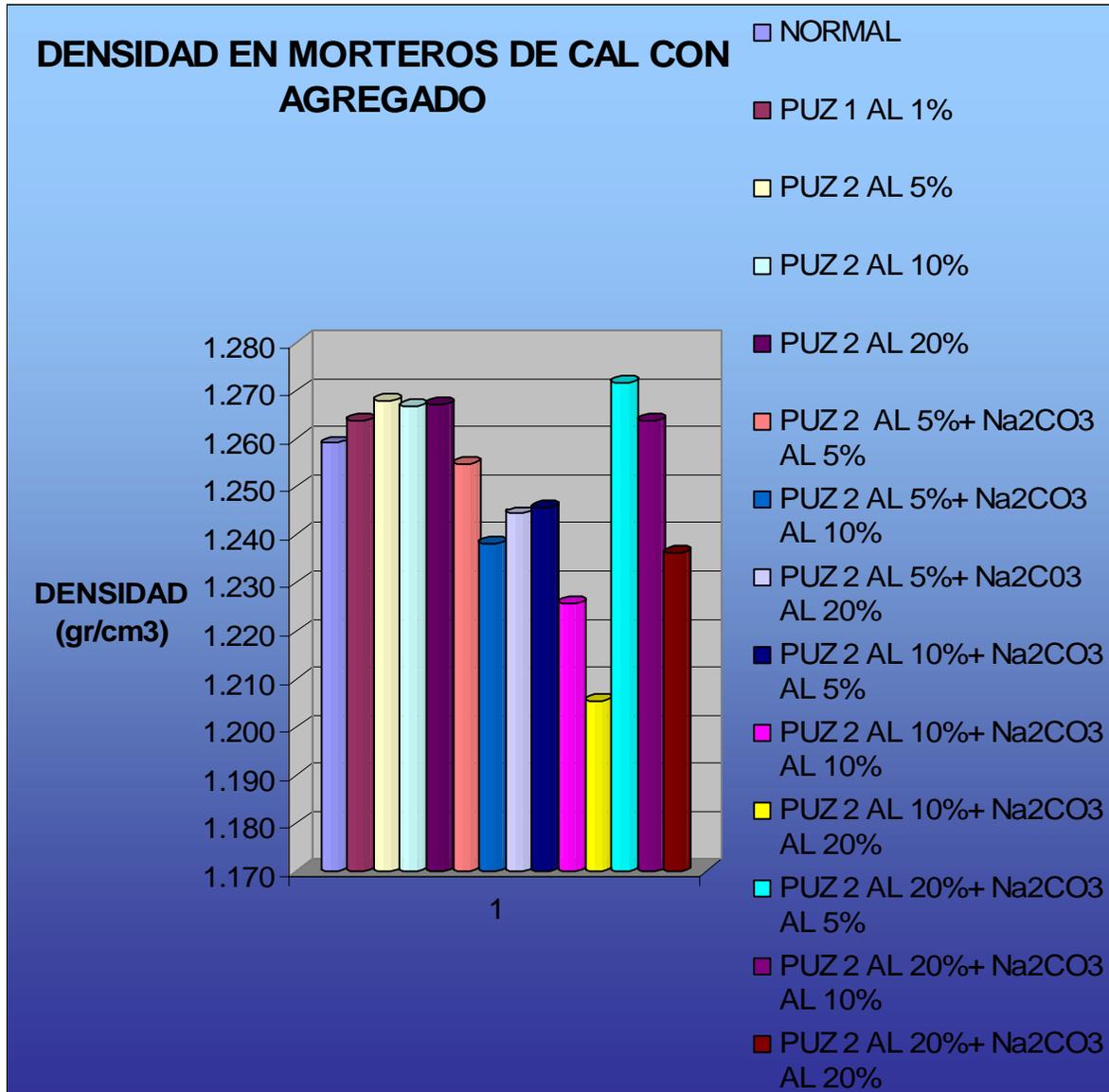
PROPORCION	DENSIDAD (gr/cm ³)
CAL+ AGREGADO + 156% AGUA	1.259
CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 1% PUZ 1	1.264
CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 2% PUZ 1	FALTA
CAL+ AGREGADO + 156% AGUA + 5% PUZ 2	1.268
CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 10% PUZ 2	1.267
CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 20% PUZ 2	1.267
CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 5% PUZ 2 + 5% NA ₂ CO ₃	1.255
CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 5% PUZ 2 + 10% NA ₂ CO ₃	1.238
CAL+ AGREGADO + 170% AGUA + 5% PUZ 2 + 20% NA ₂ CO ₃	1.244
CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 10% PUZ 2 + 5% NA ₂ CO ₃	1.246
CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 10% PUZ 2 + 10% NA ₂ CO ₃	1.226
CAL+ AGREGADO + 170% AGUA + 10% PUZ 2 + 20% NA ₂ CO ₃	1.206
CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 20% PUZ 2 + 5% NA ₂ CO ₃	1.272
CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 20% PUZ 2 + 10% NA ₂ CO ₃	1.264
CAL+ AGREGADO + 170% AGUA + 20% PUZ 2 + 20% NA ₂ CO ₃	1.236

Tabla 15. Densidad Cubos de Mortero (Ver anexo 2).





En la presente grafica se puede apreciar la diferencia de densidades de todos los morteros en relación al mortero de cal.



Gráfica 3. Resumen de Densidad en Morteros.





V.II RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LAS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS.

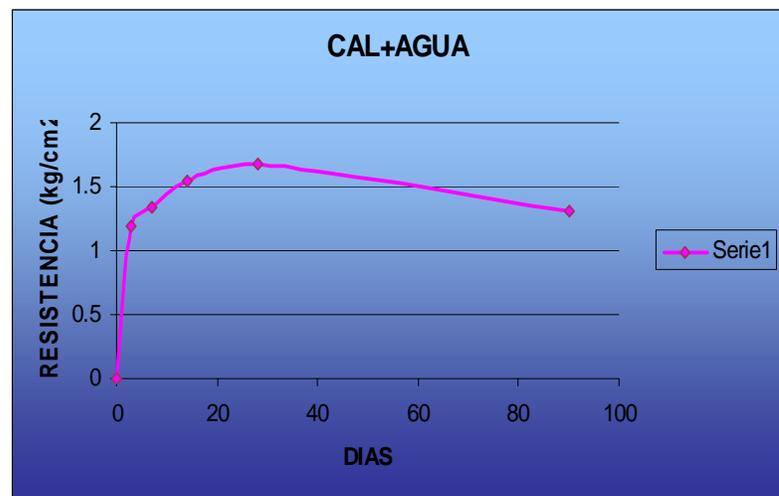
V. II. I. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.

V. II. I. 1 Resistencia a la compresión

NORMAL.

DIAS	ESFUERZO (kg/cm ²)
0	0
3	1.19
7	1.33
14	1.54
28	1.68
90	1.31

Tabla 16. Esfuerzo en pasta de cal estándar.

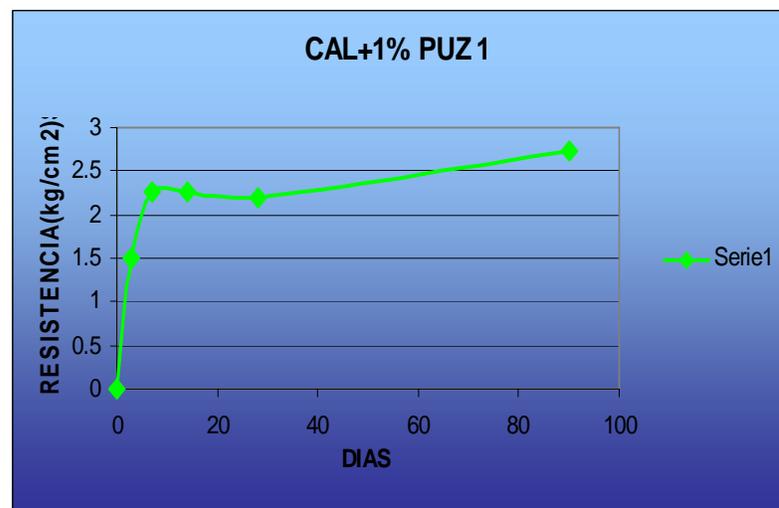


Gráfica 4. Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal.

CAL + PUZ 1

DIAS	ESFUERZO (kg/cm ²)
0	0
3	1.50
7	2.26
14	2.31
28	2.19
90	2.72

Tabla 17. Esfuerzo en pasta de cal y puzolana 1 al 1%.



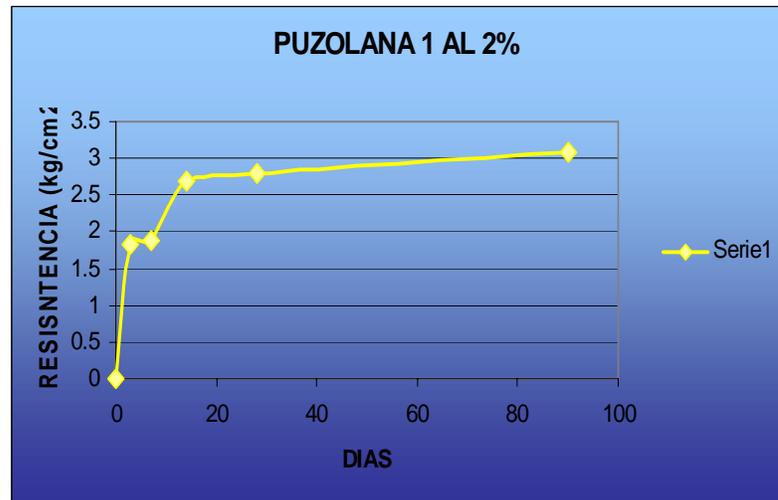
Gráfica 5. Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal y puzolana 1 al 1%.



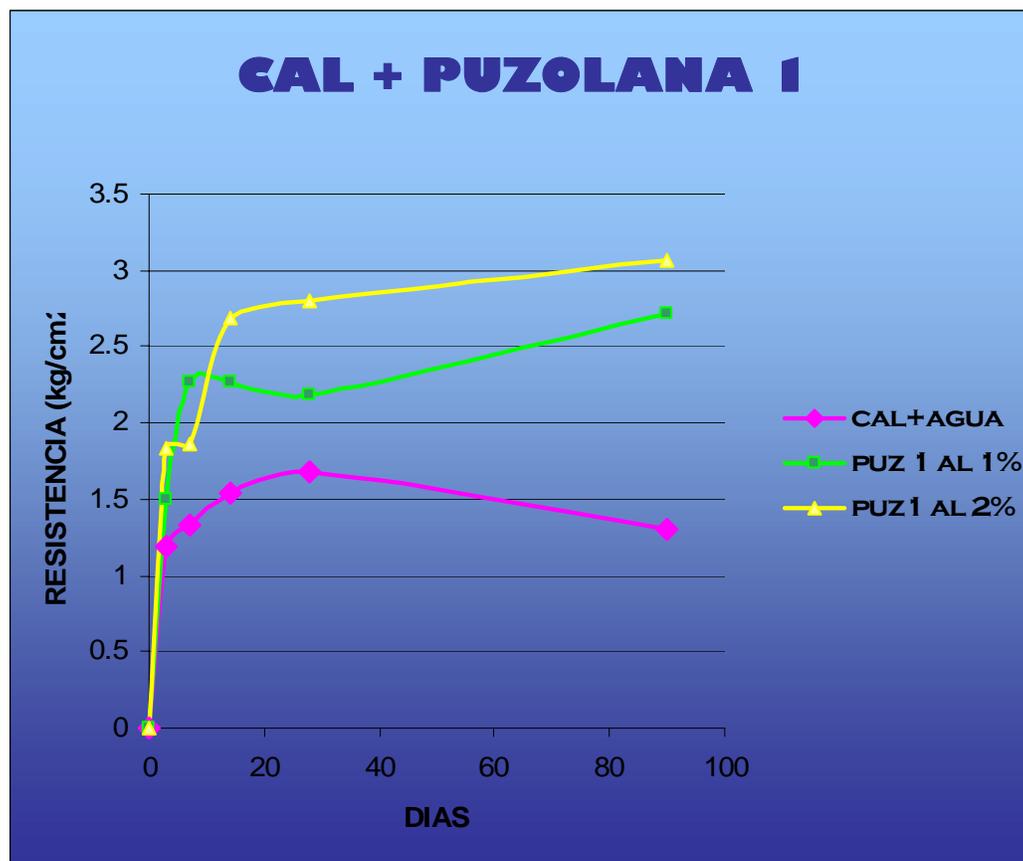


DIAS	ESFUERZO (kg/cm ²)
0	0
3	1.83
7	1.87
14	2.69
28	2.79
90	3.07

Tabla 18. Esfuerzo en pasta de cal y puzolana 1 al 2%.



Gráfica 6. Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal y puzolana 1 al 2%.



Gráfica 7. RESULTADOS DEL ESFUERZO A COMPRESION DE LA PUZOLANA 1.

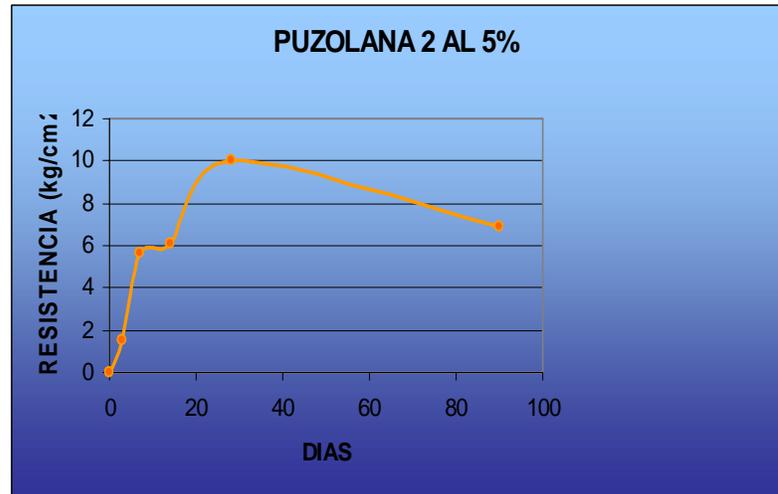




CAL + PUZ 2.

DIAS	ESFUERZO (kg/cm ²)
0	0
3	1.48
7	5.67
14	6.11
28	9.99
90	6.94

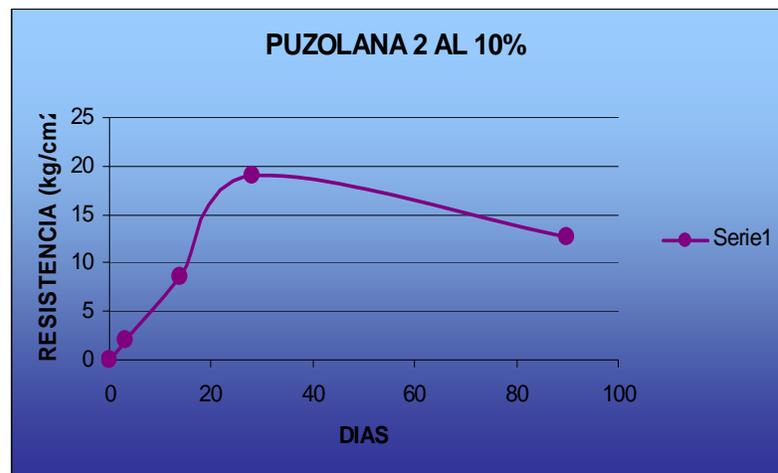
Tabla 19. Esfuerzo en pasta de cal y puzolana 2 al 5%.



Gráfica 8. Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal y puzolana 2 al 5%.

DIAS	ESFUERZO (kg/cm ²)
0	0
3	2.14
14	8.66
28	19.04
90	12.60

Tabla 20. Esfuerzo en pasta de cal y puzolana 2 al 10%.



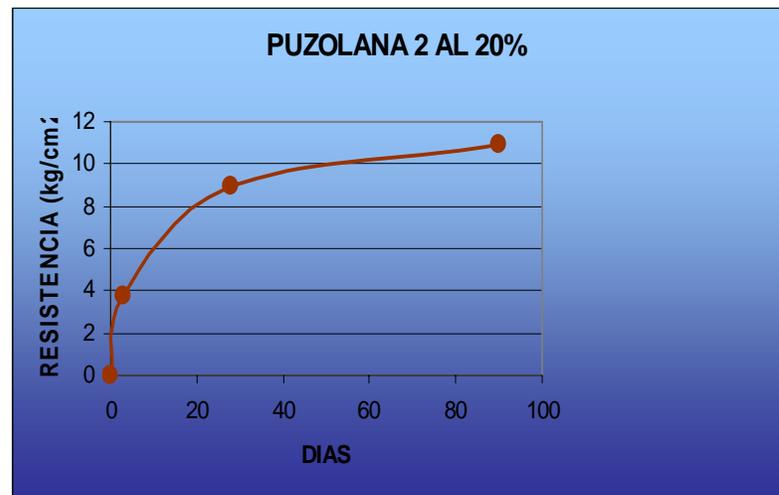
Gráfica 9. Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal y puzolana 2 al 10%.



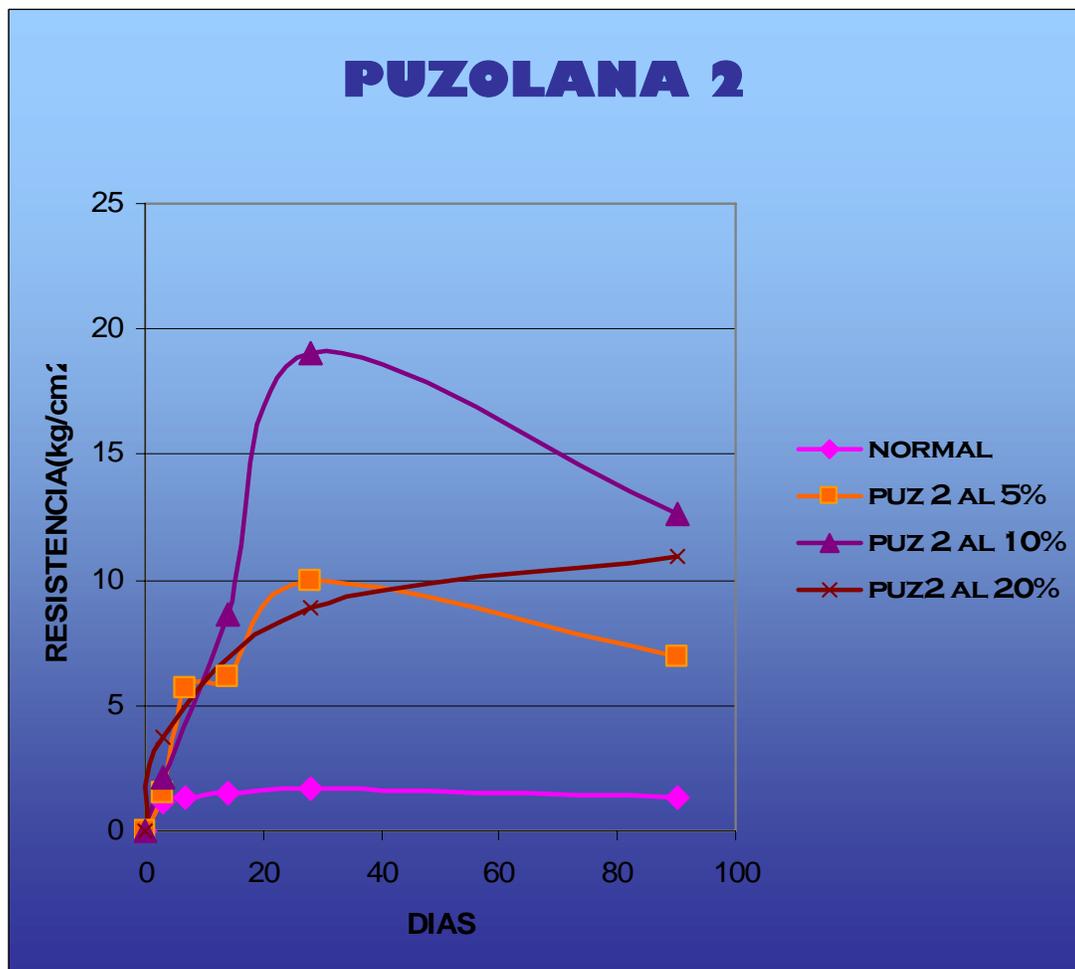


DIAS	ESFUERZO (kg/cm ²)
0	0
3	3.76
28	8.93
90	10.92

Tabla 21. Esfuerzo en pasta de cal y puzolana 2 al 20%.



Gráfica 10. Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal y puzolana 2 al 20%.



Gráfica 11. RESULTADOS DEL ESFUERZO A COMPRESION DE LA PUZOLANA 2.

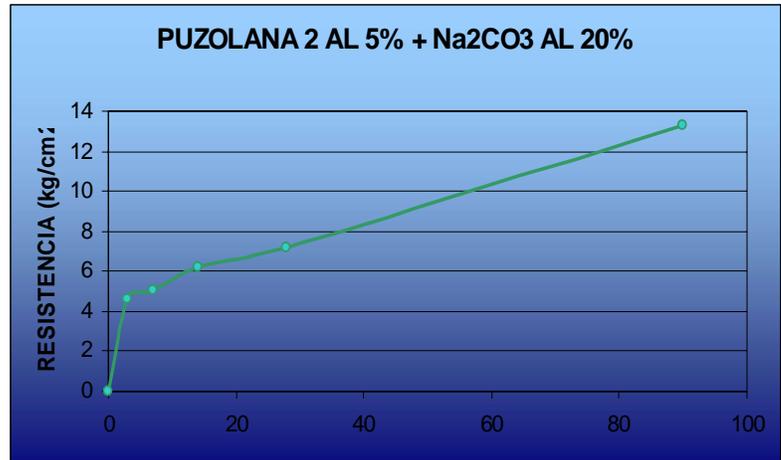




CAL + PUZ 2 + Na₂CO₃.

DIAS	ESFUERZO (kg/cm ²)
0	0
3	4.63
7	5.05
14	6.16
28	7.16
90	13.32

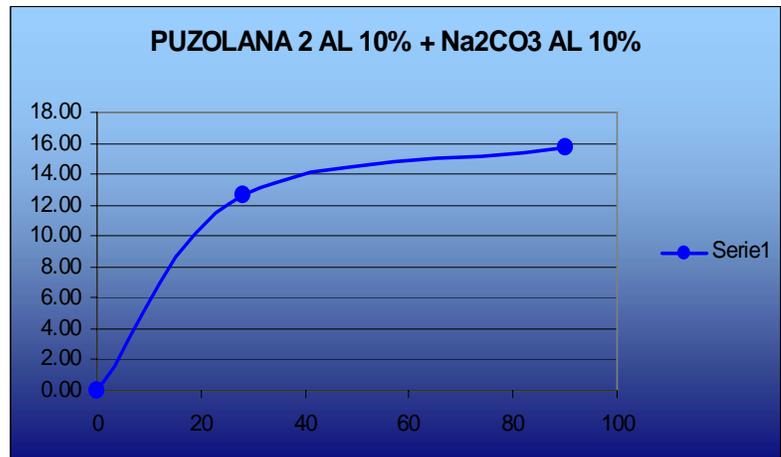
Tabla 22. Esfuerzo en pasta de cal y puzolana 2 al 5% Y Na₂CO₃ al 20%.



Gráfica 12. Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal y puzolana 2 al 5% y Na₂CO₃ al 20%.

DIAS	ESFUERZO (kg/cm ²)
0	0.00
28	12.62
90	15.76

Tabla 23. Esfuerzo en pasta de cal y puzolana 2 al 10% y Na₂CO₃ al 10% .



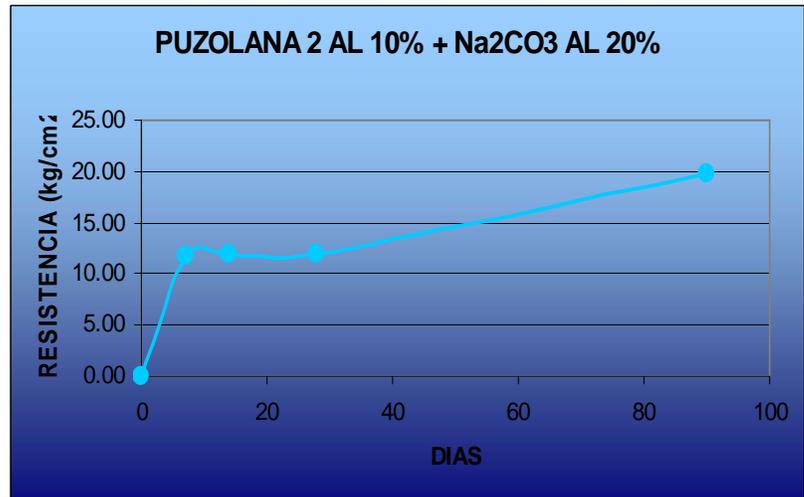
Gráfica 13 Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal y puzolana 2 al 10% y Na₂CO₃ al 10%.





DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0.00
7	11.70
14	11.91
28	12.02
90	19.75

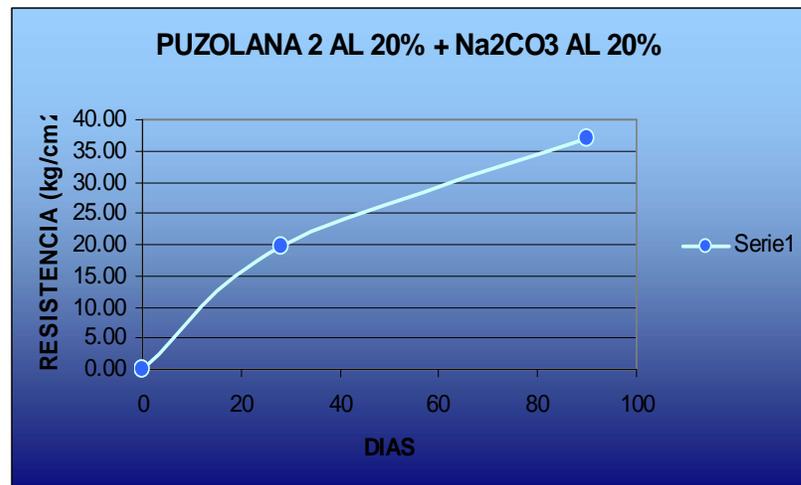
Tabla 24. Esfuerzo en pasta de cal y puzolana 2 al 10% y Na₂CO₃ al 10%.



Gráfica 14. Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal y puzolana 2 al 10% y Na₂CO₃ al 10%.

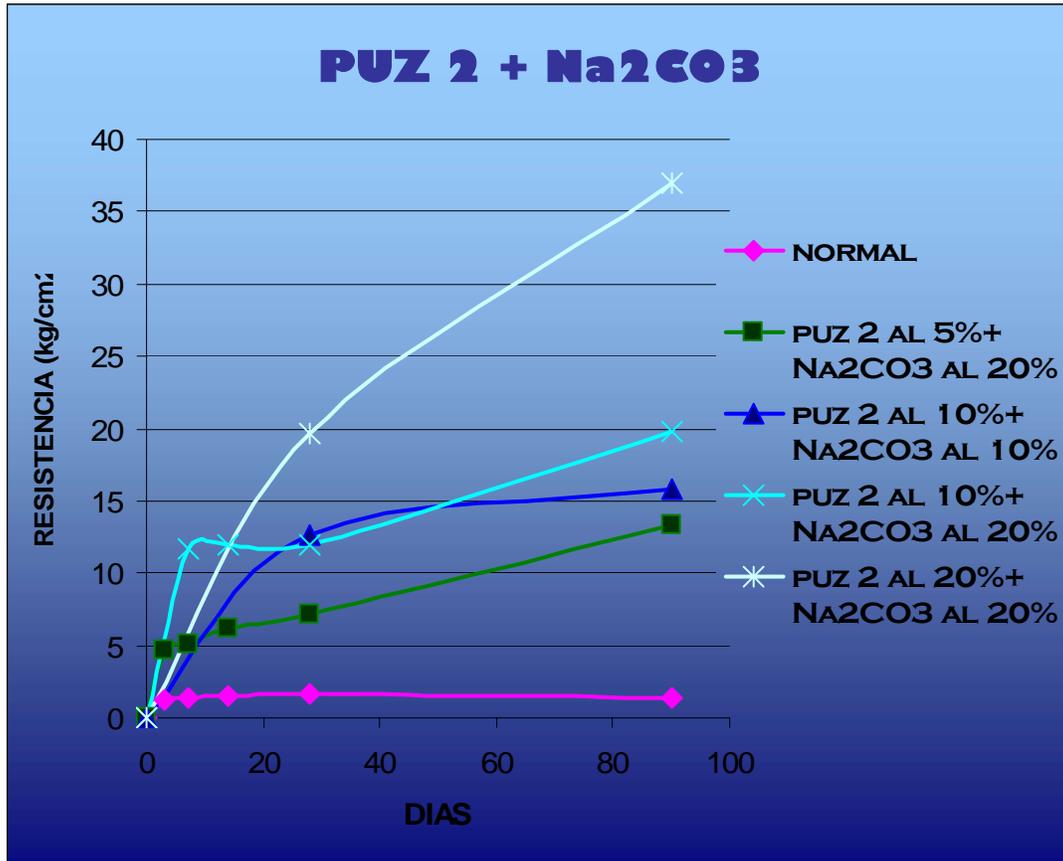
DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0.00
28	19.68
90	37.04

Tabla 25. Esfuerzo en pasta de cal y puzolana 2 al 20% y Na₂CO₃ al 20% .



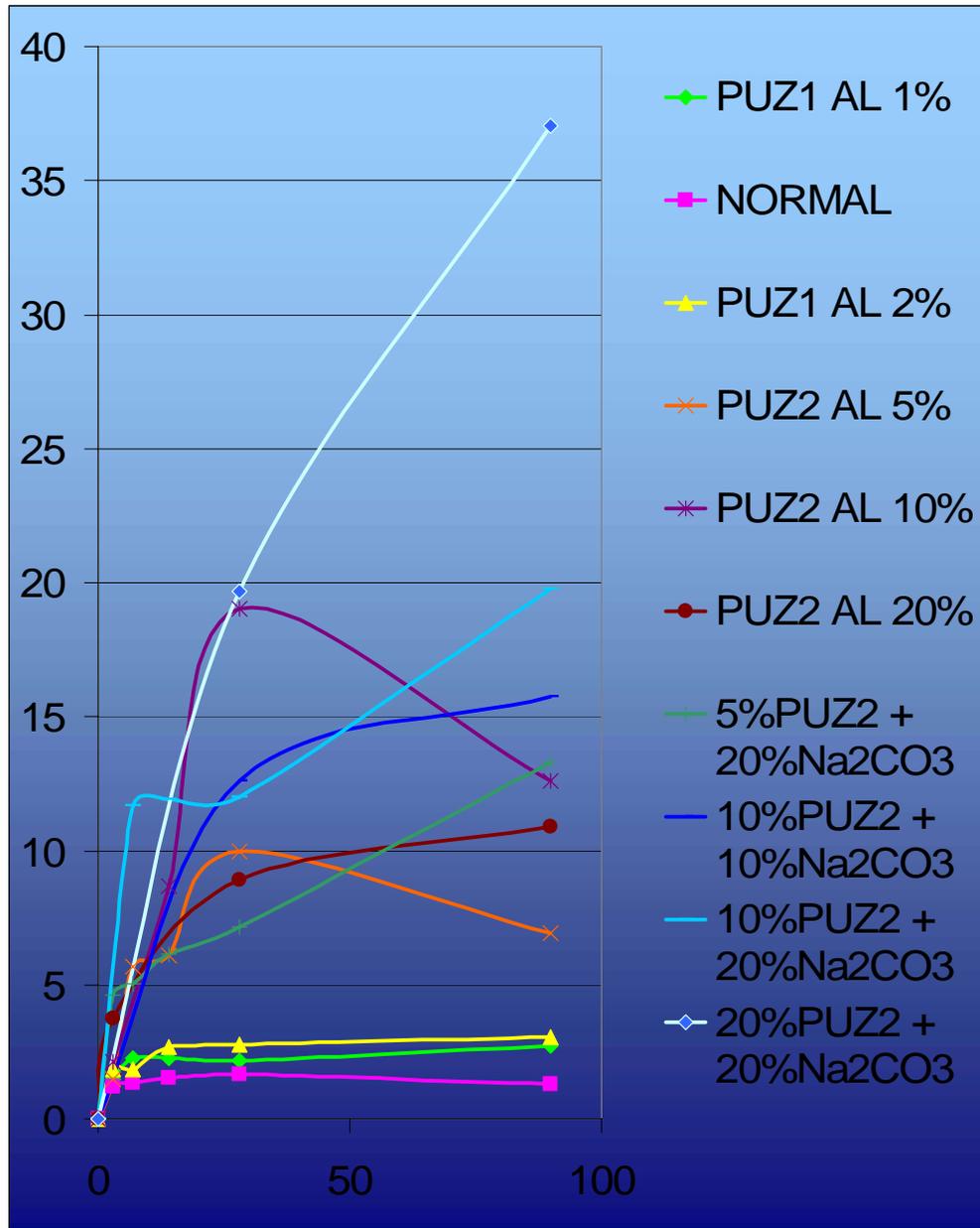
Gráfica 15. Resumen de Esfuerzo en Pasta de cal y puzolana 2 al 20% y Na₂CO₃ al 20%.





Gráfica 16. RESULTADOS DEL ESFUERZO A COMPRESION DE LA CAL, PUZOLANA 2 Y CARBONATO DE SODIO.





GRAFICA 17. TOTAL DE RESULTADOS DE ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.

Como podemos apreciar hay un aumento considerable con la proporción de 20% Puzolana 2 y 20% de Carbonato de Sodio, hay un incremento en relación con la cal del 2836% , esto se debe a la formación de nuevas fases cristalinas que se forman dentro de la microestructura, generando ya no una cal hidratada, sino un nuevo material que esta entre el cemento y la cal, como podremos ver mas adelante en el análisis químico y microscopia de barrido.





También vemos un cambio en relación con la cal en el caso de la Puzolana 1, pero la resistencia aumenta en solo un 235%.

A los 90 días se aprecia que la cal esta carbonatada, por el contacto ambiental, no es el mismo caso con la Puzolana 2 y el Carbonato de Sodio, la muestra al final no se desmorona, al contrario se denota que es muy firme en su estructura.

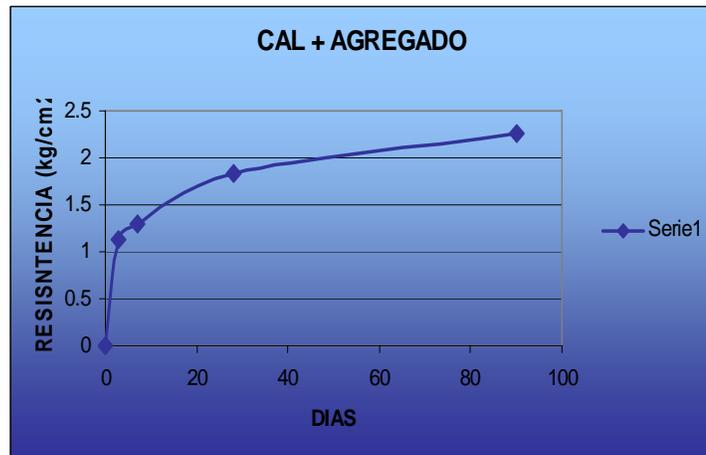
V. II. 2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MORTEROS.

V. II. 2. 1 Resistencia a la compresión

NORMAL.

DIAS	ESFUERZO (kg/cm ²)
0	0
3	1.12
7	1.30
28	1.84
90	2.26

Tabla 26. Esfuerzo en morteros de cal estándar.

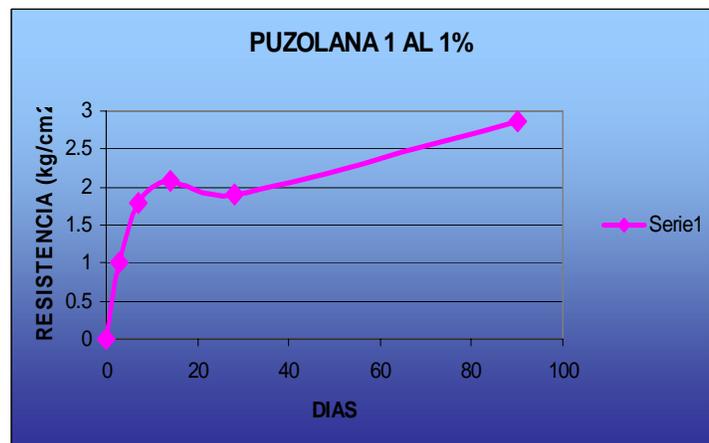


Gráfica 18. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal estándar

CAL + AGREGADO + PUZ 1

DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0
3	1.01
7	1.79
14	2.08
28	1.91
90	2.86

Tabla 27. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 1 al 1%.



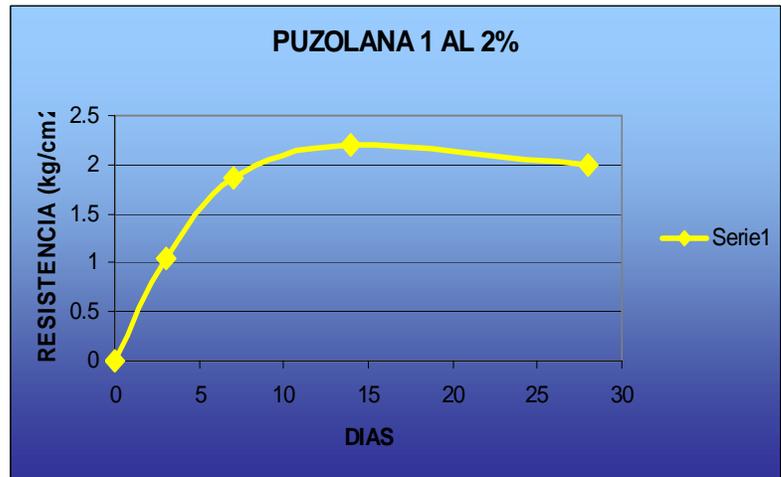
Gráfica 19. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 1 al 1%.



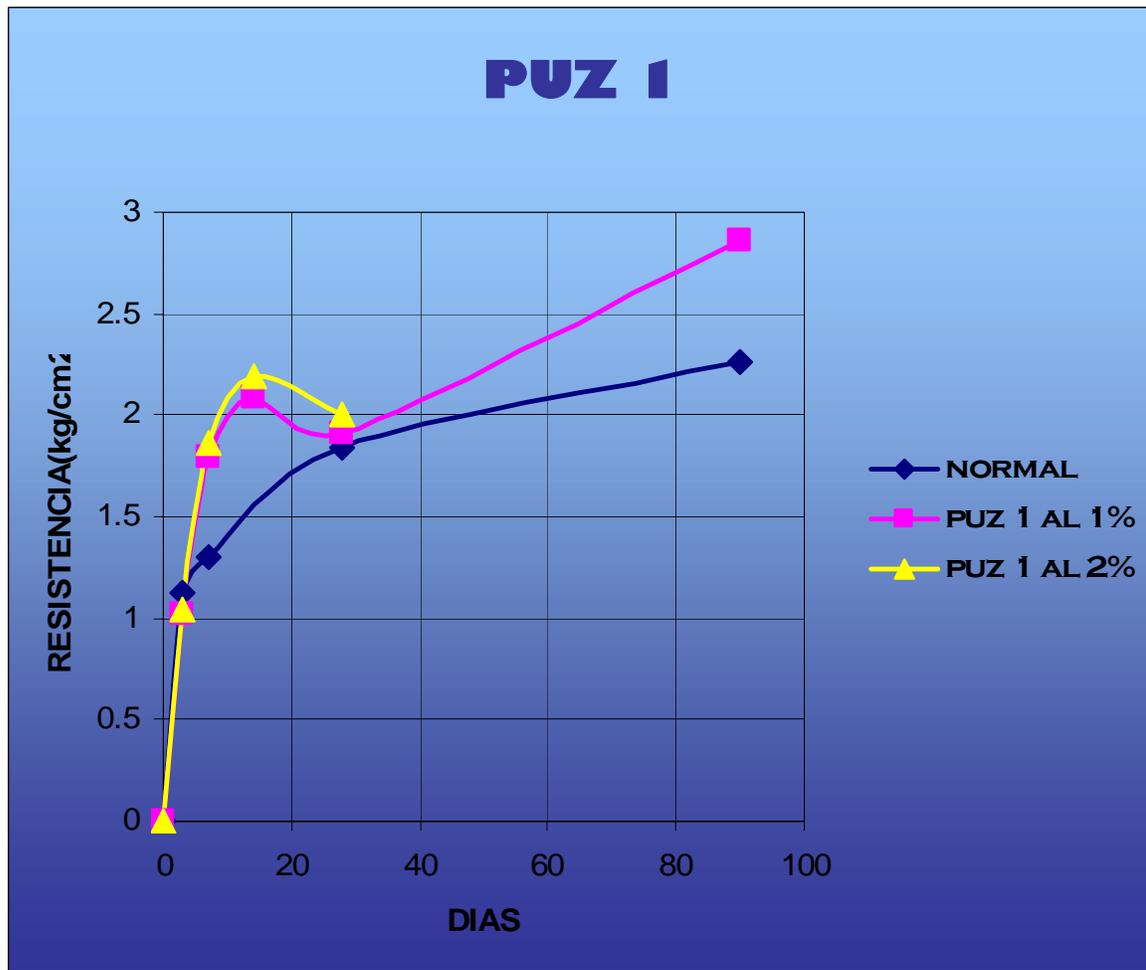


DIAS	ESFUERZO
	kg/cm2
0	0
3	1.04
7	1.86
14	2.19
28	2.00

Tabla 28. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 1 al 2%.



Gráfica 20. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 1 al 2%.



Gráfica 21. RESULTADOS DEL ESFUERZO A COMPRESION DE LA PUZOLANA 1.

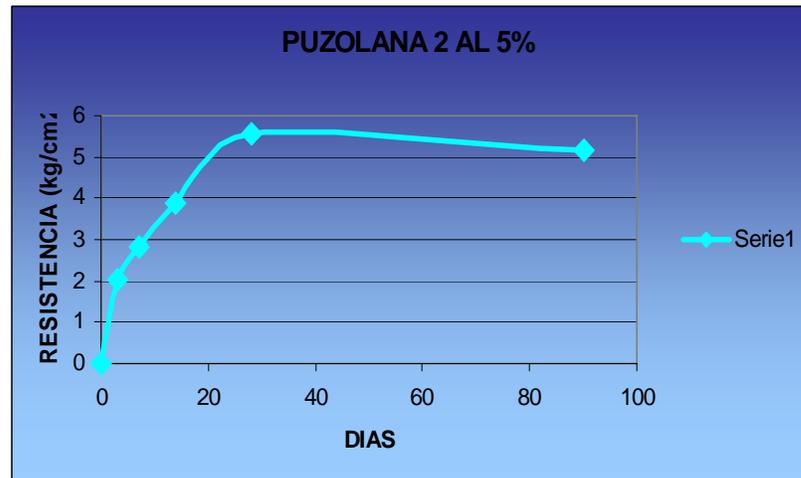




CAL + AGREGADO + PUZ 2.

DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0
3	2.03
7	2.85
14	3.89
28	5.55
90	5.15

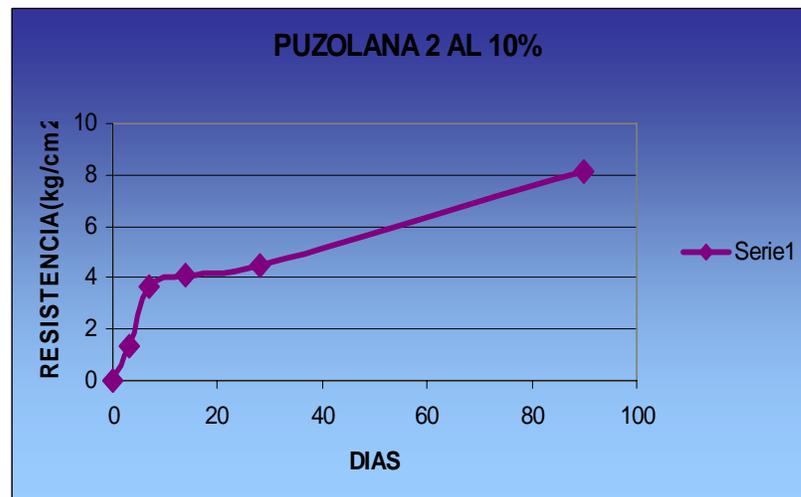
Tabla 29. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 5%.



Gráfica 22. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 5%.

DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0
3	1.35
7	3.64
14	4.14
28	4.49
90	8.11

Tabla 30. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 10%.



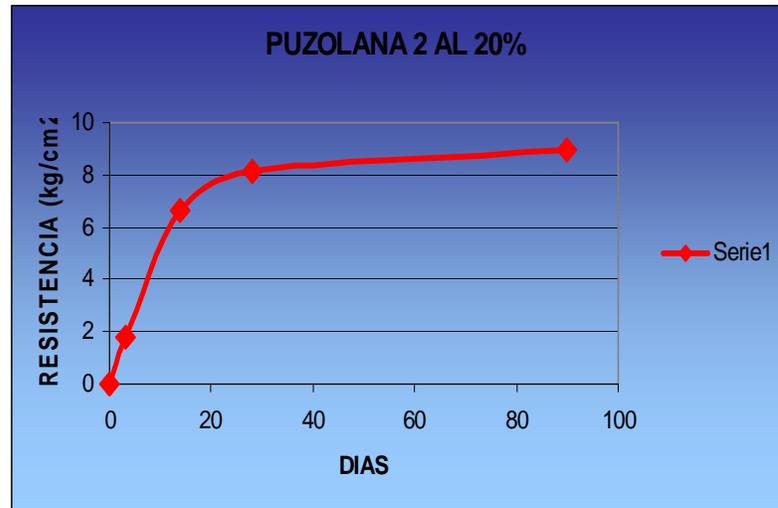
Gráfica 23. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 10%.



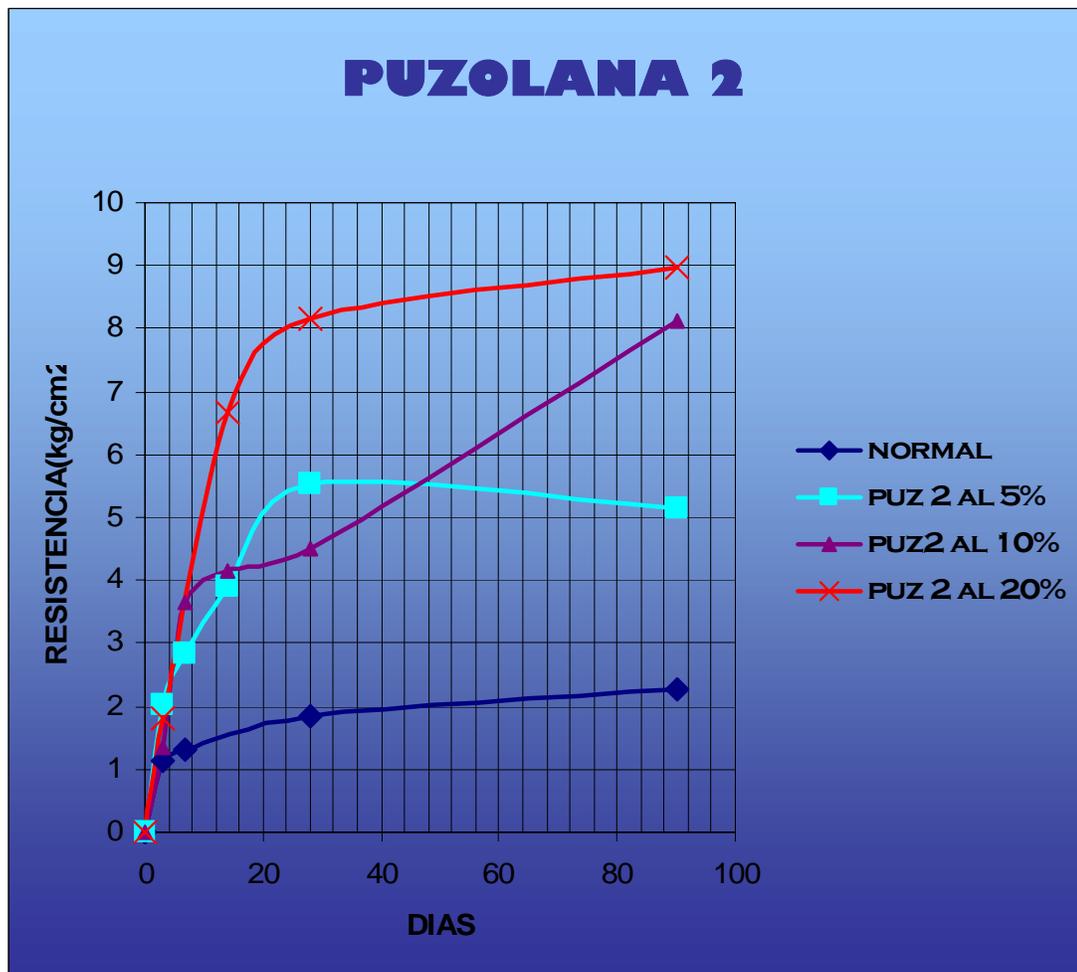


DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0
3	1.81
14	6.68
28	8.16
90	8.96

Tabla 31. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 20%.



Gráfica 24. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 20%.



Gráfica 25. RESULTADOS DEL ESFUERZO A COMPRESION DE LA PUZOLANA 2.

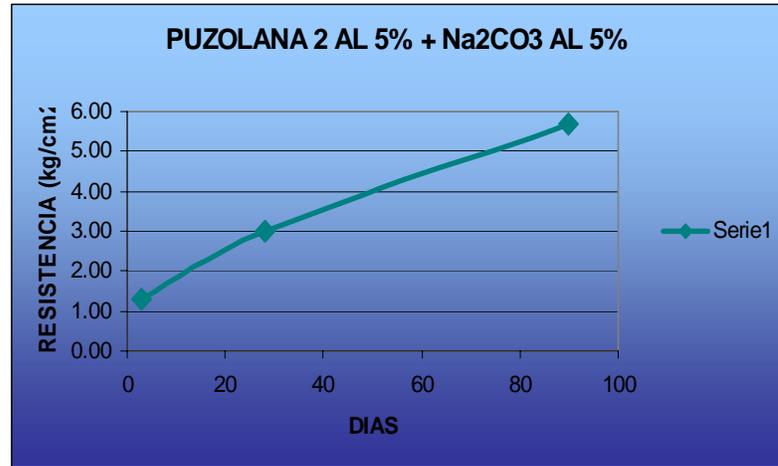




CAL + AGREGADO + PUZ 2 + Na₂CO₃.

DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0
3	1.28
28	2.98
90	5.70

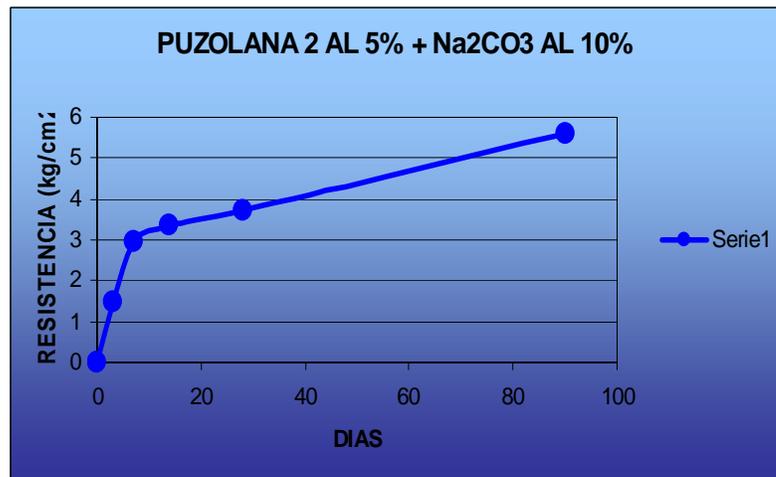
Tabla 32. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 5% con Na₂CO₃ al 5%.



Gráfica 26. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 5% con Na₂CO₃ al 5%.

DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0
3	1.46
7	2.96
14	3.35
28	3.73
90	5.59

Tabla 32. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 5% con Na₂CO₃ al 10%.



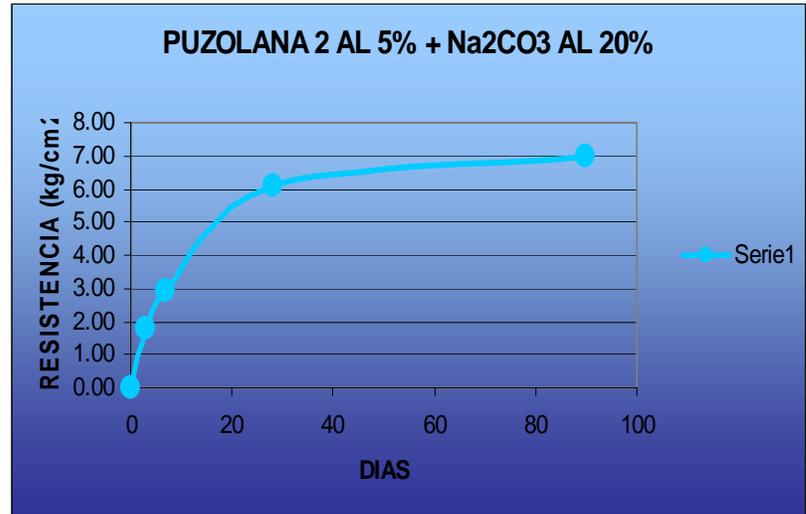
Gráfica 26. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 5% con Na₂CO₃ al 10%.





DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0.00
3	1.77
7	2.93
28	6.11
90	6.97

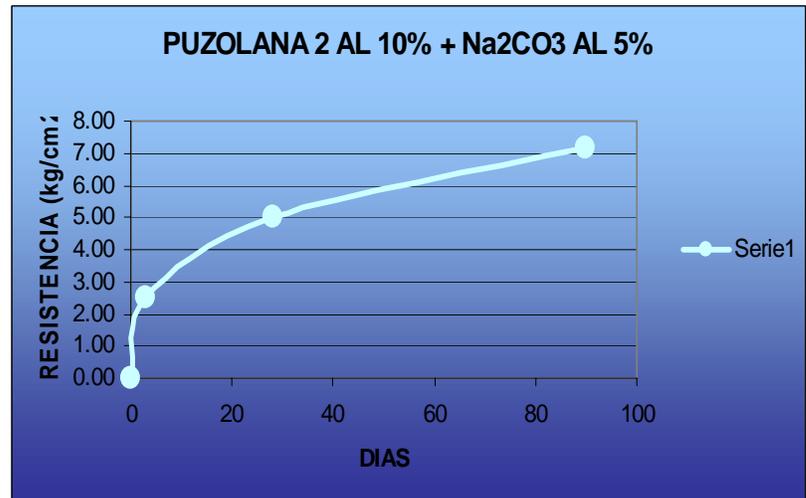
Tabla 33. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 5% con Na₂co₃ al 20%.



Gráfica 27. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 5% con Na₂CO₃ al 20%.

DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0.00
3	2.51
28	5.02
90	7.16

Tabla 34. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 10% con Na₂co₃ al 5%.



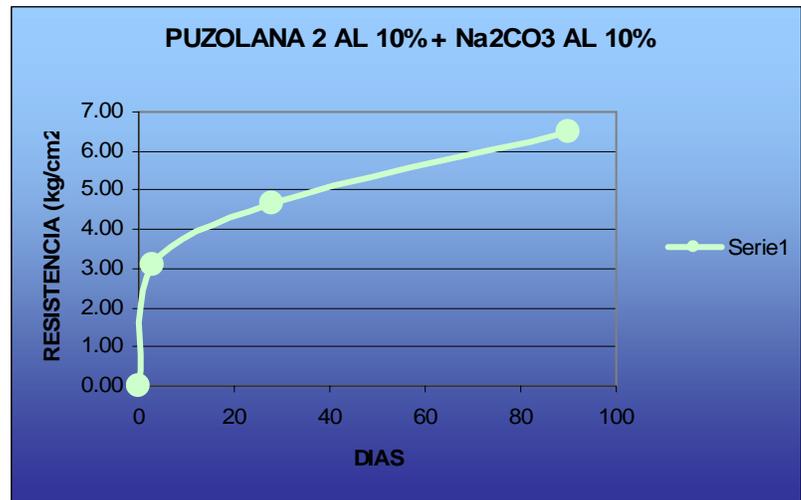
Gráfica 28. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 10% con Na₂CO₃ al 5%.





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0.00
3	3.11
28	4.66
90	6.49

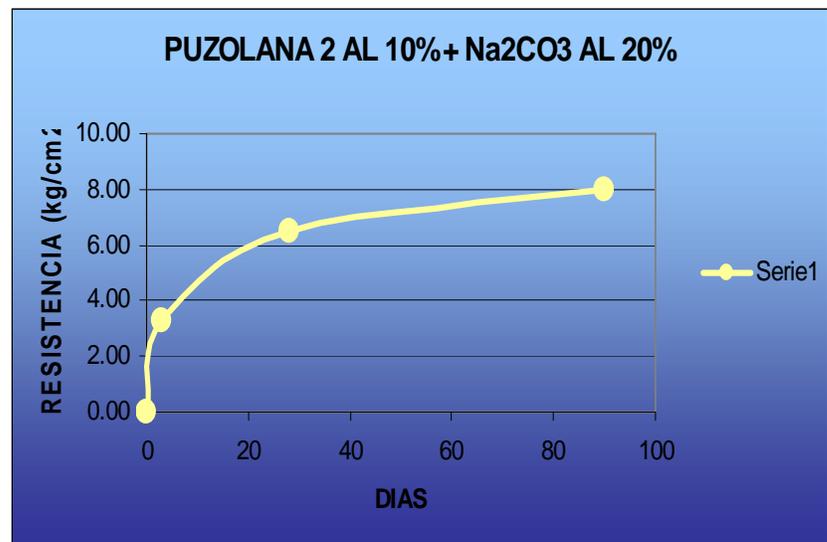
Tabla 35. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 10% con Na₂co₃ al 10%.



Gráfica 29. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 10% con Na₂CO₃ al 10%.

DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0.00
3	3.25
28	6.47
90	7.95

Tabla 36. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 10% con Na₂co₃ al 20%.



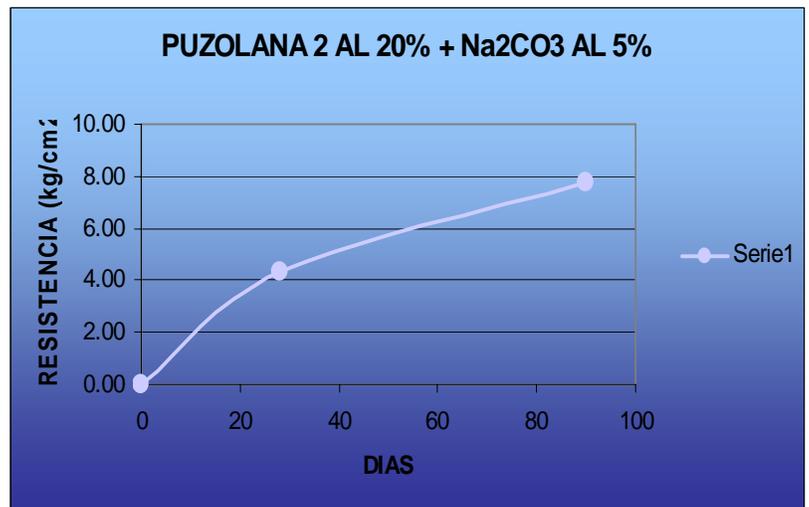
Gráfica 30. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 10% con Na₂CO₃ al 20%.





DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0.00
28	4.30
90	7.72

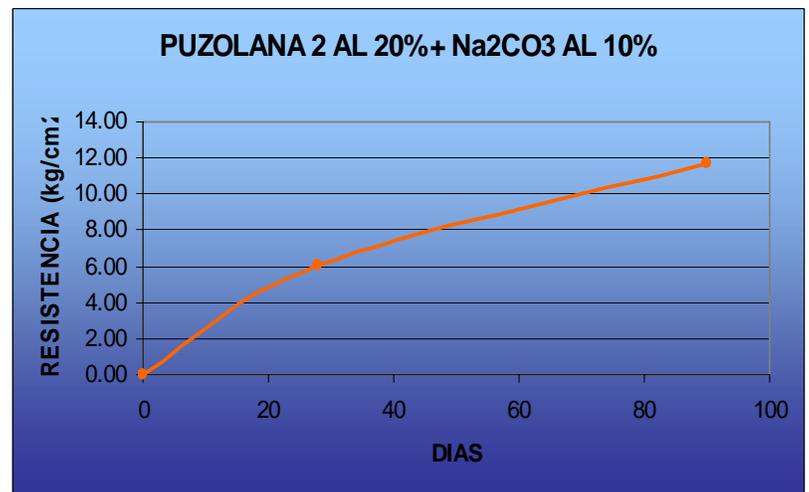
Tabla 37. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 20% con Na₂co₃ al 5%.



Gráfica 31. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 20% con Na₂CO₃ al 5%.

DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0.00
28	6.02
90	11.66

Tabla 38. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 20% con Na₂co₃ al 10%.



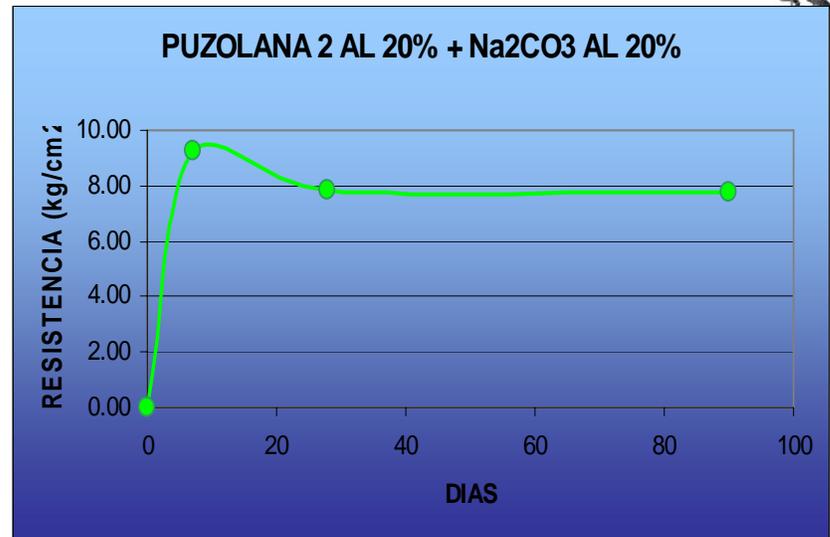
Gráfica 32. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 20% con Na₂CO₃ al 10%.



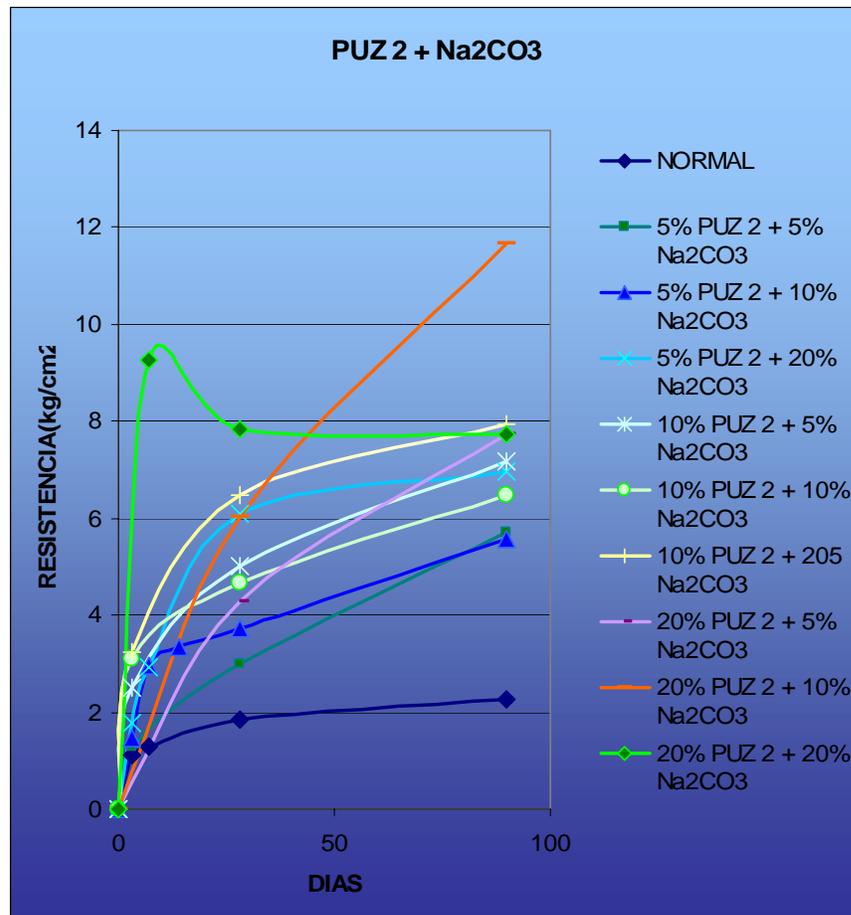


DIAS	ESFUERZO kg/cm ²
0	0.00
7	9.27
28	7.85
90	7.73

Tabla 39. Esfuerzo en morteros de cal con puzolana 2 al 20% con Na₂co₃ al 20%.

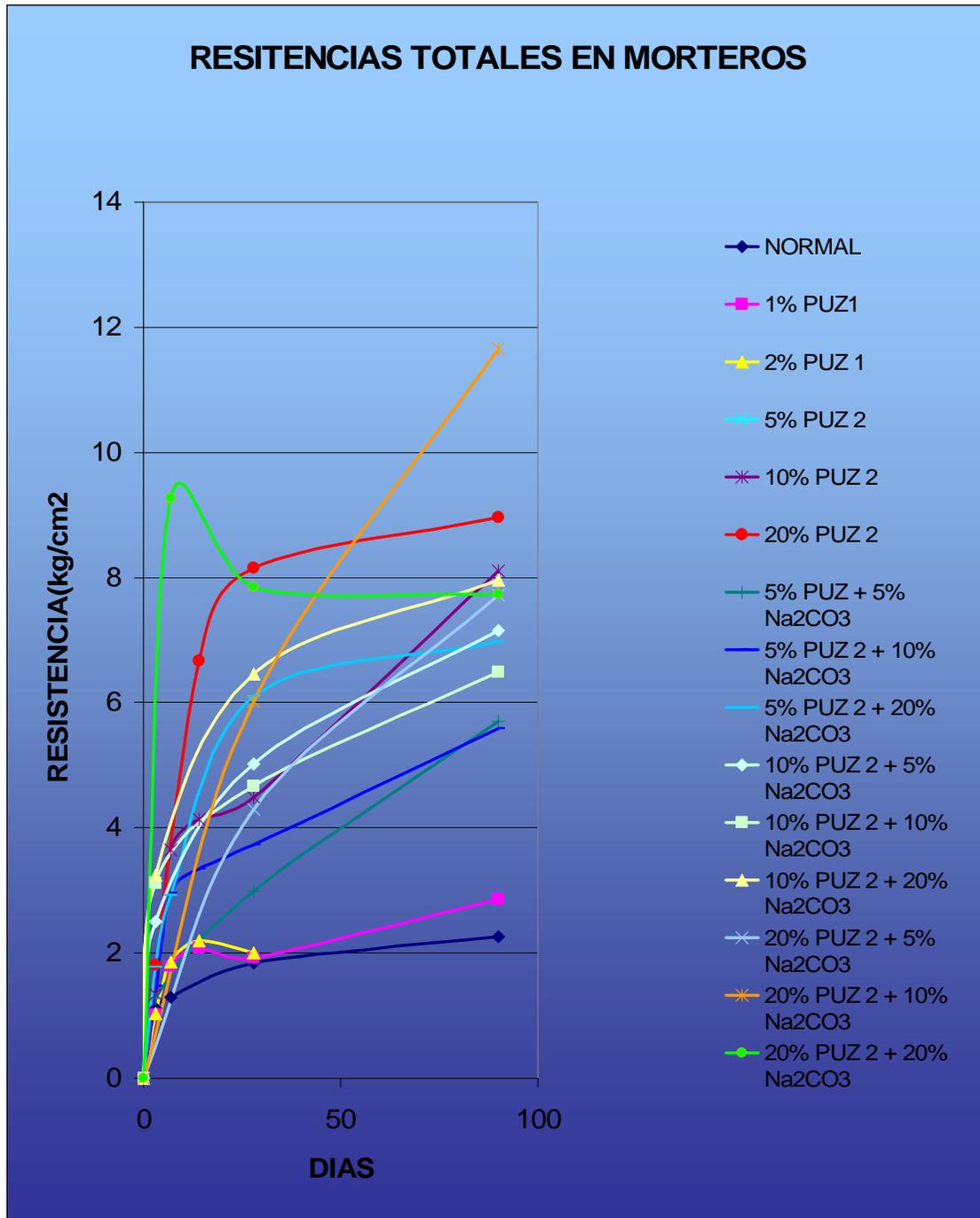


Gráfica 33. Resumen de Esfuerzo en Morteros de cal con puzolana 2 al 20% con Na₂CO₃ al 20%.



Gráfica 34. RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA PUZOLANA 2 Y CARBONATO DE SODIO.





Gráfica 35. TOTAL DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESION





Analizando la gráfica el esfuerzo máximo que se obtuvo como resultado es el caso de la Puzolana 2, el cual aumenta en relación a la cal de un 400% aproximado, provocado por la generación de nuevas fases cristalinas en su microestructura, en el caso de la puzolana 1 se puede decir que no hubo cambios, y en el mortero de Puzolana 2 y Carbonato de Sodio se ve un aumento del 340%.

También se pueden apreciar que hay mezclas que tienen pocas edades, lo cual determino en gran medida un análisis mas detallado, el problema que tuvimos para la captura de los esfuerzos de las mezclas faltantes es por que use una platina diferente que altero los resultados, dado a que la máquina es parte del laboratorio se utilizo la platina con la que inicialmente use, y la única alternativa viable fue la de cambiar la platina, arrojándome resultados muy diferentes a los que se obtuvieron inicialmente, la falta de material fue determinante para probar esas muestras, y no hacer otras y esperar las fechas, porque el material no es fácil de conseguir. Otro elemento que influencio en algunas graficas es la humedad, ya que el cambio climático afecta las propiedades de los morteros.





V. III RESULTADO DE LA DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS.

V. III. I. PROPIEDADES QUIMICAS DE LAS PASTAS AGLUTINANTES.

V. III. I. 1. Difracción de Rayos X.

a). CAL NORMAL.

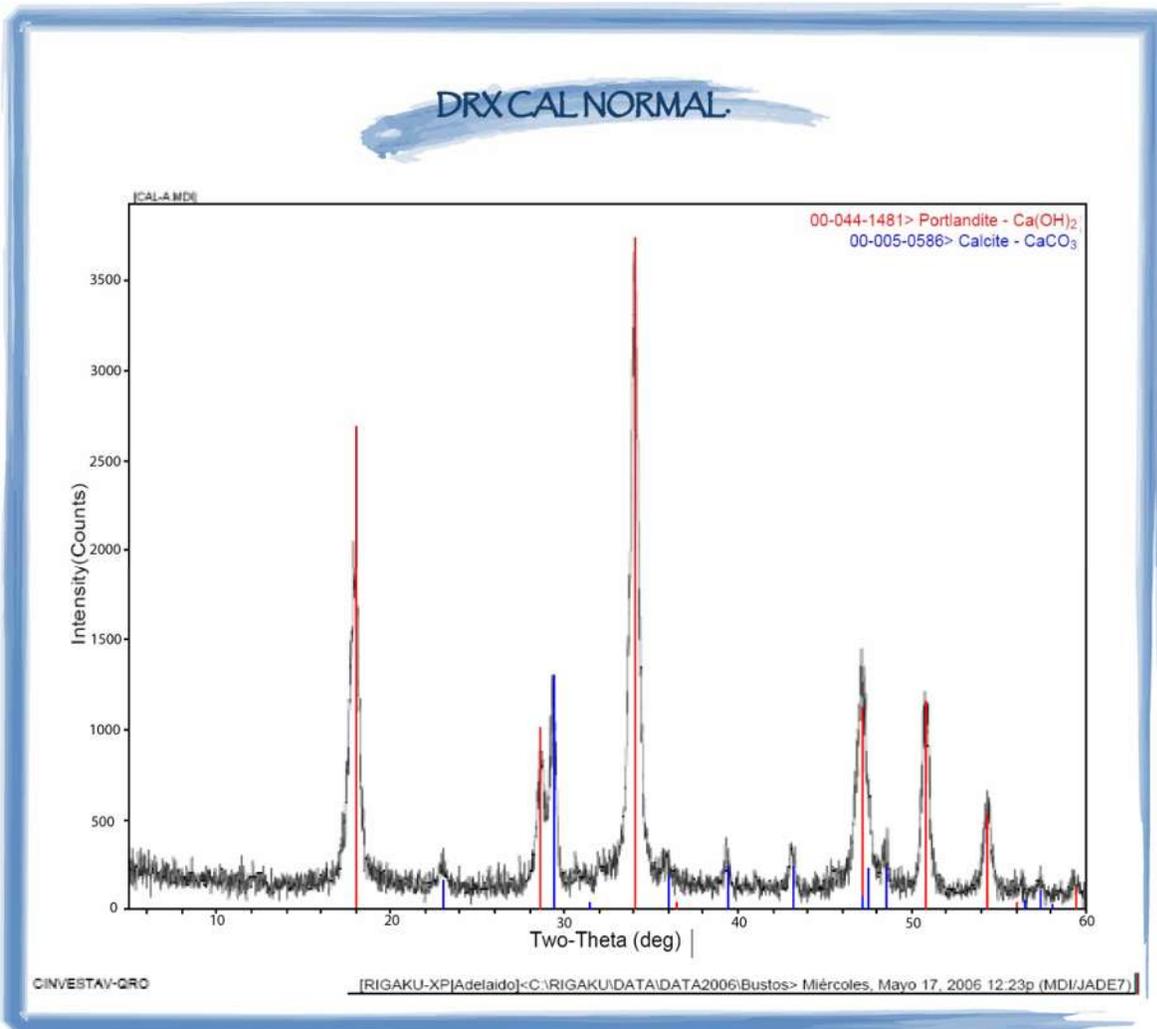


Fig. 16. Difractograma de Cal estándar.

En el presente difractograma se puede apreciar claramente la presencia del ya formado carbonato de calcio, y de la fase precursora hidróxido de calcio o portlandita.





b). CAL + PUZ 1

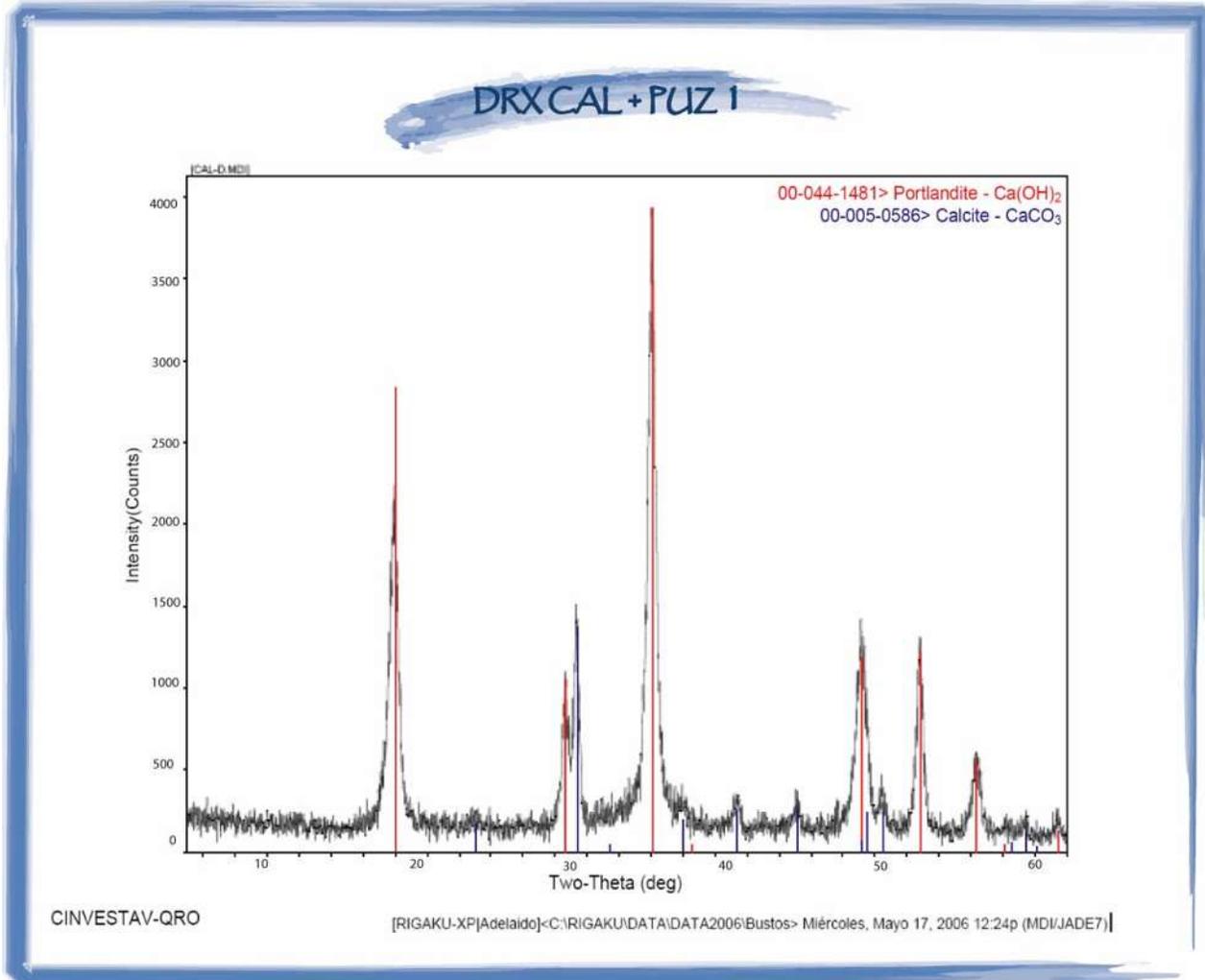


Fig. 17. Difractograma de Cal con Puzolana 1.

En el presente difractograma se observan nuevamente la formación de calcita (carbonato de calcio), la cual se obtiene a partir del ciclo de endurecimiento de la cal. La otra fase cristalina presente es la portlandita o hidróxido de calcio, la cual es la cal. No se detecta ninguna fase formada por la adición de la puzolana 1, esto se debe a que la cantidad de puzolana adicionada en relación a la cal es muy baja, aproximadamente 4% en peso, por lo cual no se detecta la formación de otra fase por medio de esta técnica de análisis, sin embargo por las propiedades mecánicas obtenidas se considera que existe otra fase presente en el sistema. El motivo por el cual no se adiciono mas puzolana 1 es porque es un nano material, específicamente el tamaño de partícula es del orden de 9nm, esto implica una alta área superficial y una mayor reactividad química, por lo cual la velocidad de reacción es muy corta y genera agrietamientos en las pastas de cal a porcentajes del 4% en peso o mayores.





c). CAL + PUZ 2.

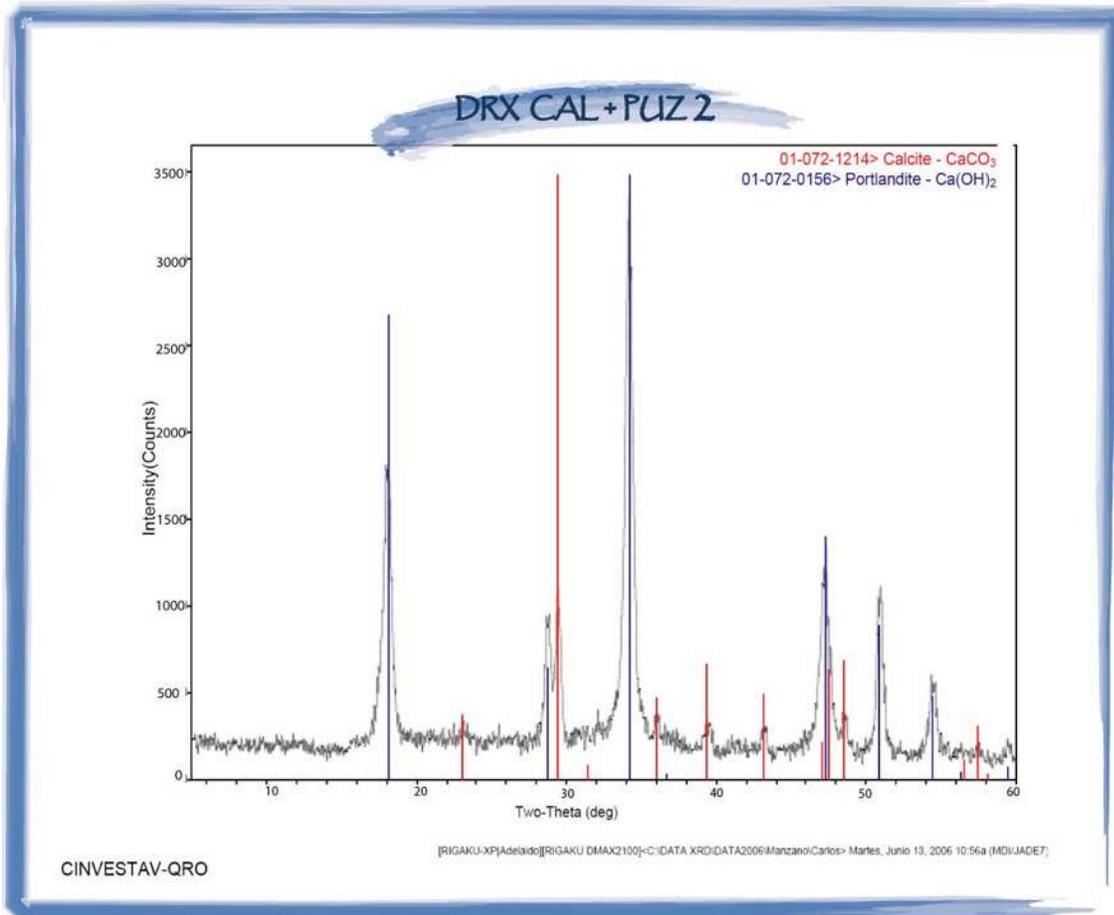


Fig. 18. Difractograma de Cal con Puzolana 2.

En este difractograma también está presente la fase cristalina calcita y portlandita. Existe otra fase cristalina presente como se puede apreciar en las propiedades mecánicas, sin embargo tampoco fue detectada por la técnica de difracción de rayos X, se sugiere realizar resonancia magnética nuclear y microscopía electrónica para corroborar los enlaces químicos presentes en el sistema.





d). CAL + PUZ 2 + Na₂CO₃.

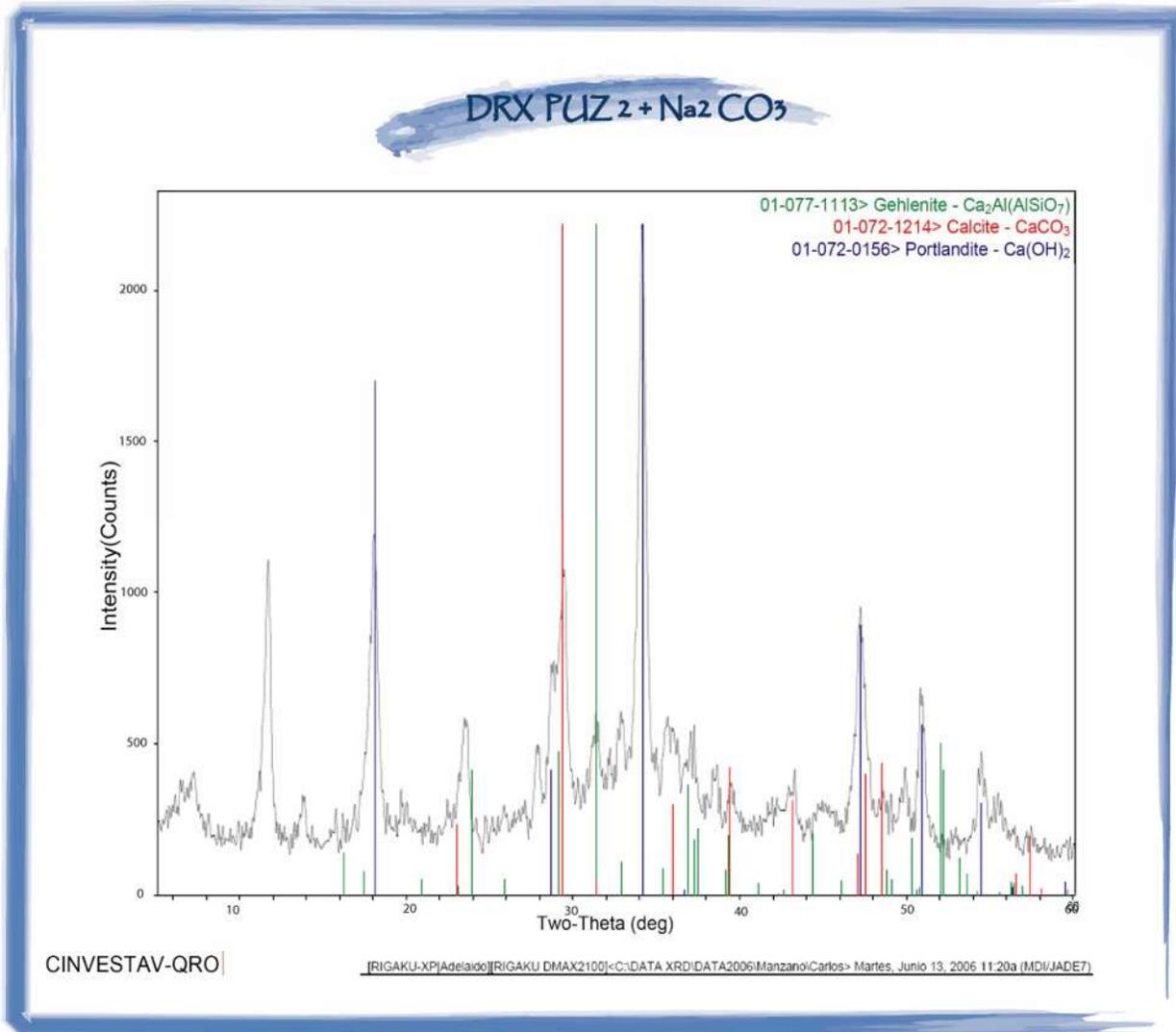


Fig. 19. Difractograma de Cal con Puzolana 2 y Na₂CO₃.

En el presente difractograma se puede apreciar nuevamente la presencia de portlandita, calcita y una fase cristalina muy fuerte llamada gelanita, a la cual se le atribuye una alta resistencia mecánica como se pudo apreciar en las graficas de esfuerzo a la compresión. En el presente difractograma de puede apreciar que en un pico con alta intensidad alrededor de los 11° no a sido identificado hasta este momento, sin embargo al tener una alta intensidad presente en el sistema es necesario investigar la fase cristalina que esta presente por medio de un análisis de datos para sistemas de rayos X.





e). Difractograma parte 2:

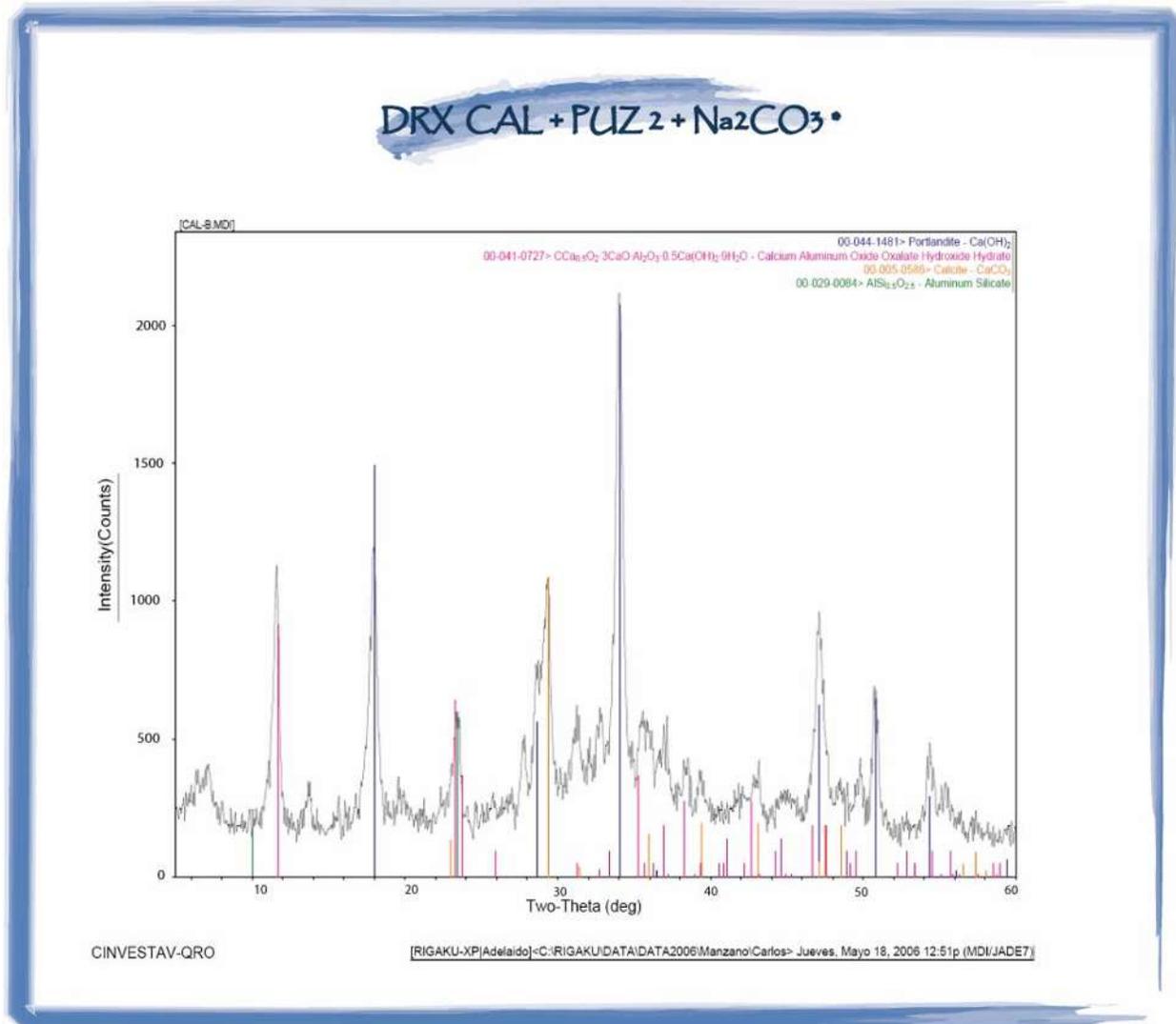


Fig. 20. Difractograma de Cal con Puzolana 2 y Na₂CO₃ parte 2.

Difractograma parte 2:

El presente difractograma es una continuación del difractograma anterior, aquí ya esta identificada la fase cristalina faltante. Se encontró que la fase cristalina es un hidróxido oxalato aluminato de calcio hidratado, el cual fue descubierto en Alemania hace a penas 17 años de esta manera fue posible identificar la formación de esta nueva fase cristalina presente en este eco cementante o eco material.





V.IV. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES MICROESTRUCTURALES.

V. IV. 1 Microscopia Electrónica de Barrido.

a). CAL + AGUA.

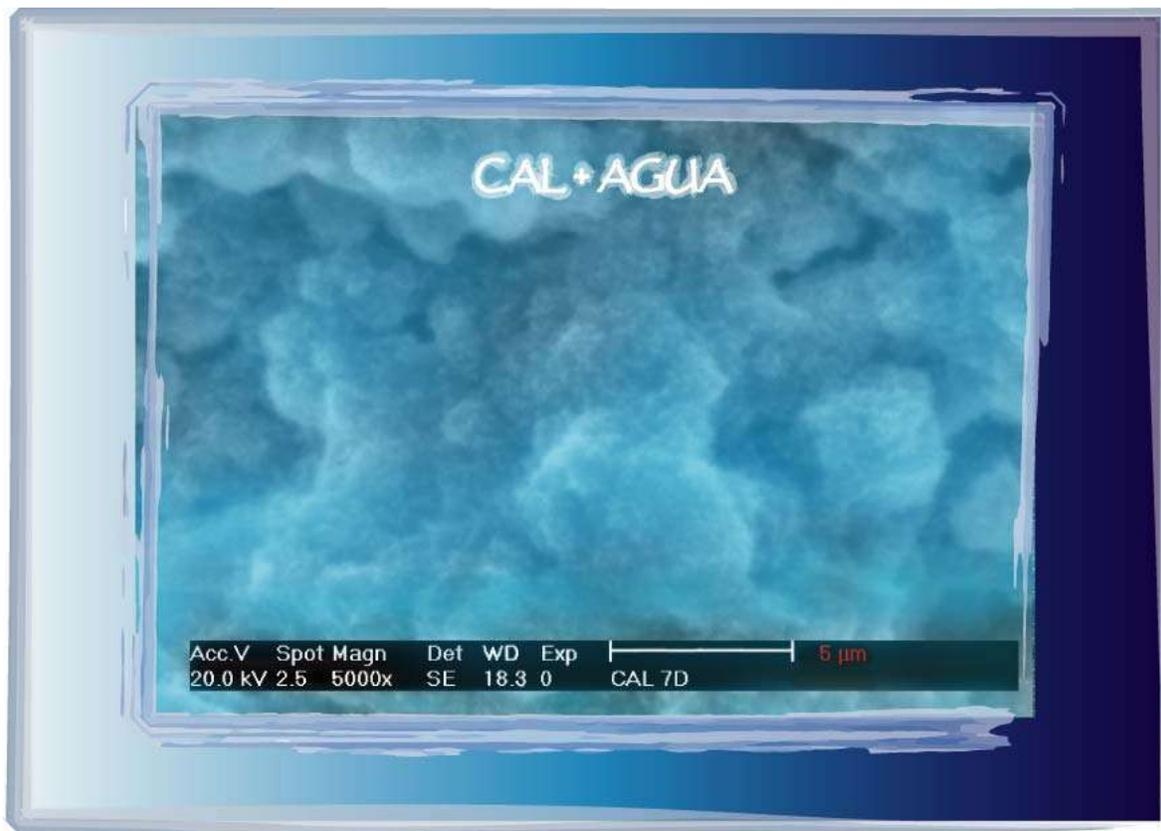


Fig. 21. Fotomicrografía de una cal estándar a 5000 X.

En la presente foto micrografía se pueden apreciar claramente los cristales aciculares de hidróxido de calcio o portlandita. Es característico de esta microestructura una morfología laminar, como “hojuelas” así mismo se puede apreciar la gran porosidad formada dentro del material y algunos huecos dentro de la microestructura lo cual se refleja directamente en las propiedades mecánicas obtenidas ya que el esfuerzo máximo a compresión obtenido para la pasta de cal es cercano a los 2Kg/cm².





b). CAL + PUZ 1

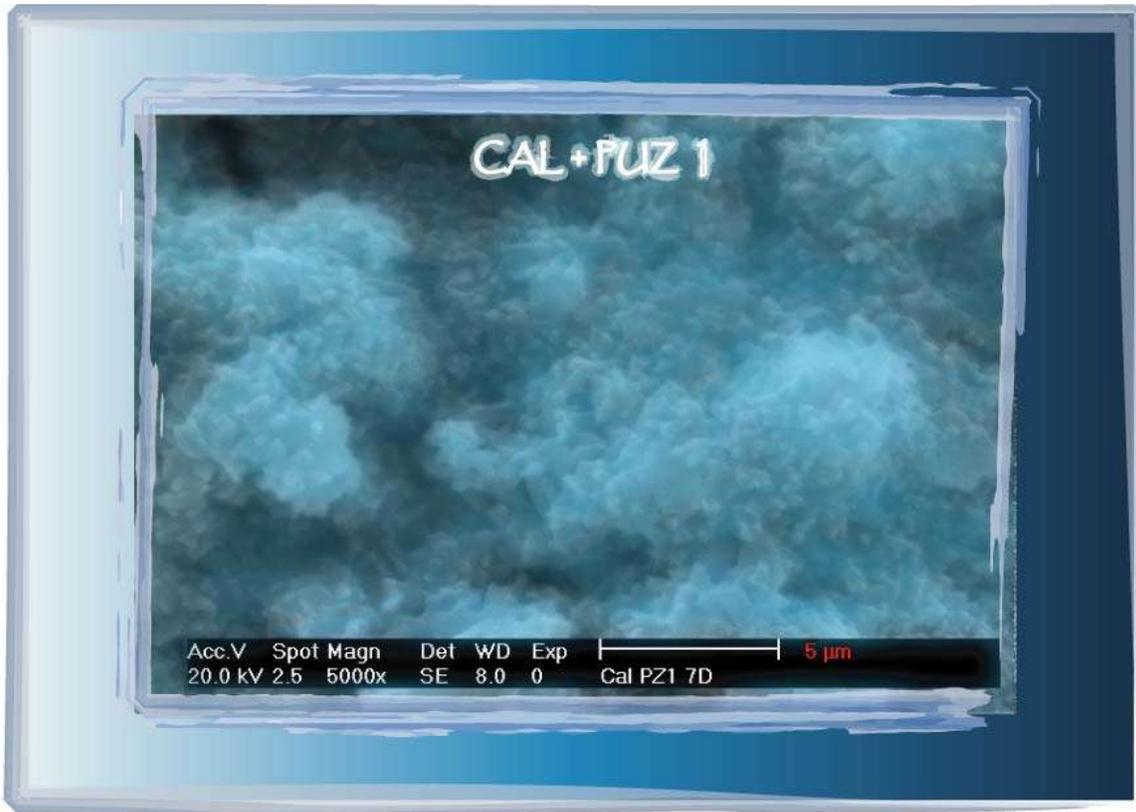


Fig. 22. Fotomicrografía de una cal con puzolana 1 a 5000 X.

En la presente micrografía nuevamente se aprecian los cristales aciculares de hidróxido de calcio, una estructura porosa y no se aprecia morfológicamente la presencia de otra fase cristalina por lo que para su identificación se sugiere recurrir definitivamente a la resonancia magnética nuclear, o la microscopia electrónica de transmisión.





c). CAL + PUZ 2

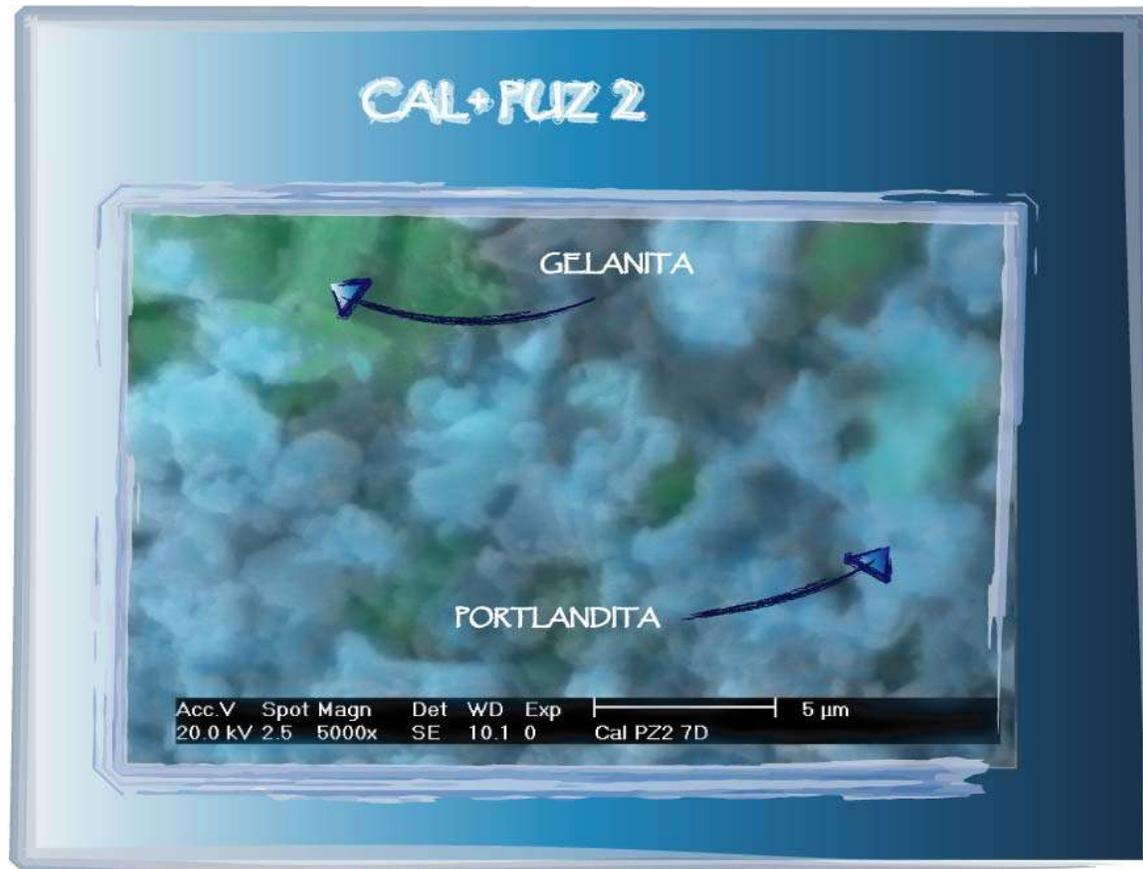


Fig. 23. Fotomicrografía de una cal con puzolana 2 a 5000 X.

En la presente macrofotografía, se pueden apreciar nuevamente los cristales de portlandita sin embargo existe la presencia visual de otra fase que por la morfología se presenta como galanita, esto fue verificado por medio de la literatura existente al respecto.

También se puede apreciar que existe un cambio en la estructura del material, generando un material mas denso, y por lo tanto mas resistente, lo cual se corrobora por medio de sus propiedades mecánicas o macroestructurales.





d). CAL + PUZ 2 + Na₂ CO₃.



Fig. 23. Fotomicrografía de una cal con puzolana 2 y Na₂CO₃ a 5000 X.

En la presente microfotografía se aprecia una microestructura densa en el material, la presencia de diferentes fases cristalinas y la formación de polímeros inorgánicos dentro de la matriz de cal, un ejemplo de estos polímeros inorgánicos de cadenas infinitas es la gelanita. Por tal motivo las propiedades mecánicas de la pasta cementante de este material superan los 37 kg/cm², comparado con la cal normal de tan solo 2 kg/cm², este material ecocementante puede ser considerado como un material de transición entre la cal estándar y el cemento Pórtland ordinario, las ventajas de este material es su economía de producción e industrialización así como una reducción en las emisiones de Dióxido de carbono al aire, siendo un material cementante amigable con el medio ambiente, también conocido como ecocementante o ecomaterial.





VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FUTURAS.

1. Por medio de las propiedades físicas como la densidad fue posible observar el incremento en la densidad de su microestructura.
2. El tiempo de fraguado se vio modificado por las reacciones químicas presentes en el sistema, esto se puede relacionar con las propiedades de la pasta en estado fresco como lo es la trabajabilidad, reaccionando mas pronto unas pastas que otras.
3. Las propiedades mecánicas obtenidas (esfuerzo a la compresión simple), demuestran claramente el incremento en resistencia de los ecomateriales sintetizados.
4. Los estudios de microscopía electrónica de barrido revelaron claramente la formación de diferentes fases cristalinas dentro de la matriz, es decir, que hubo la formación de por lo menos un polímero inorgánico dentro de la matriz inorgánica. Sin embargo es importante mencionar que se detectaron varias fases cristalinas en uno de estos ecocementantes. Estas fases cristalinas son las causantes del incremento en las propiedades macroestructurales.
5. Por medio de difracción de rayos X fue posible corroborar la existencia de las fases cristalinas encontradas por microscopia electrónica de barrido e identificar con mayor precisión cada una de estas fases. Se lograron detectar silicatos de calcio hidratados, aluminosilicatos de calcio hidratados, entre otras.
6. por medio del uso de técnicas micro estructurales fue posible entender el comportamiento macro estructural de los sistemas ya que las propiedades micro estructurales gobiernan las propiedades macroestructurales.
7. Dentro de la síntesis de estos cementos híbridos inorgánicos - inorgánicos, se encontraron actualmente algunas deficiencias como son una alta alcalinidad del sistema Carbonato de Sodio - Cal, por lo cual su uso industrial esta vetado y continua en investigación.
8. Existe también la formación de una subproducto no deseado en el sistema Carbonato de Sodio - Cal, llamado "precipitado cristalino", el cual es una especie de eflorescencia que se presentan en estos cementantes. Estos precipitados todavía no han sido identificados hasta el momento de la escritura de esta tesis.
9. Se recomienda para investigaciones futuras identificar el precipitado cristalino formando para conocer si es o no dañino a la salud y o el medio ambiente.
10. Se requiere realizar investigaciones futuras para reducir la alcalinidad del sistema Carbonato de Sodio - Cal, por medio de la optimización de carbonato de Sodio utilizado.
11. Para complementar los estudios de investigación es imperativo continuar con el estudio de esfuerzos a compresión a largo plazo, a flexión a corto y largo plazo, con el estudio de adherencia con materiales usados en la construcción como son, ladrillos, blocks, tabicones, rocas, etc. Es requerido también la construcción de una estructura de mampostería a escala natural para hacer el análisis estructural y su modelación ante carga y sismo.





VII. REFERENCIAS Y ANEXOS.

1. http://es.wikipedia.org/wiki/Mortero_de_cal
3. <http://www.arqhys.com/historia-concreto.html>

2. http://sepiensa.org.mx/contenidos/historia_mundo/prehist/paleolitico/vida/vida_paleo.htm
4. <http://www.arqhys.com/historia-concreto.html>
5. http://es.wikipedia.org/wiki/Edificaci%C3%B3n_p%C3%BAblica_%28Roma_Antigua%29

- 6- 10. <http://www.monografias.com/trabajos7/mace/mace.shtml>

- 11- 14. <http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/carbonatacion.htm>

- 17 - 22. Tecnología del Concreto
A.M. Neville Tomo 1.
Instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C
Pág. 119-125

23. http://www.upct.es/sait/_sit/html/recursos_difractometria.htm
24. http://www.upct.es/sait/_sit/html/recursos_microscopia.htm
25. <http://www.uned.es/cristamine/mineral/metodos/sem.htm>

26. <http://www.dipalme.org/servicios/informacion/Informacion.nsf/referencia/Ayuntamiento+de+Macael+Ayto.Macael+062-MA-010>
27. <http://www.granitifiandre.it/fiandre/prodottoSpecifications.html?id=164695&lang=SPA>





ANEXO 1. DENSIDAD EN CUBOS DE PASTA DE CAL.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL						
PROPORCION		CAL+80% AGUA				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.75	4.86	4.82	111	111.27	0.998
2	4.85	4.79	4.84	109	112.44	0.969
3	4.92	4.83	4.8	110	114.07	0.964
4	4.9	4.77	4.81	108	112.42	0.961
5	4.81	4.86	4.81	110	112.44	0.978
PROMEDIO=						0.974

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL						
PROPORCION		CAL+80% AGUA+ 1% PUZ 1				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.65	4.73	4.81	113	105.79	1.068
2	4.65	4.81	4.8	111	107.36	1.034
3	4.7	4.83	4.8	112	108.96	1.028
4	4.63	4.85	4.79	112	107.56	1.041
5	4.65	4.84	4.73	111	106.45	1.043
PROMEDIO=						1.043

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL						
PROPORCION		CAL+80% AGUA+ 2% PUZ 1				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.76	4.8	4.83	112	110.36	1.015
2	4.73	4.8	4.79	108	108.75	0.993
3	4.77	4.77	4.79	107	108.99	0.982
4	4.82	4.75	4.83	105	110.58	0.950
5	4.67	4.81	4.79	108	107.60	1.004
PROMEDIO=						0.989





TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL

PROPORCION		CAL+80% AGUA+ 5% PUZ 2				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.97	4.94	4.9	122	120.30	1.014
2	4.95	4.89	4.93	118	119.33	0.989
3	5	4.93	4.97	118	122.51	0.963
4	5	4.94	4.94	118	122.02	0.967
5	4.98	4.94	4.94	120	121.53	0.987
					PROMEDIO=	0.984

TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL

PROPORCION		CAL+80% AGUA+ 10% PUZ 2				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.95	4.95	4.91	124	120.31	1.031
2	4.89	4.91	4.94	122	118.61	1.029
3	4.92	4.83	4.92	121	116.92	1.035
4	4.93	4.9	4.9	120	118.37	1.014
5	4.9	4.95	4.94	125	119.82	1.043
					PROMEDIO=	1.030

TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL

PROPORCION		CAL+80% AGUA+ 20% PUZ 2				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.97	4.9	5.02	131	122.25	1.072
2	4.92	4.95	4.94	130	120.31	1.081
3	4.9	4.92	4.95	131	119.33	1.098
4	4.9	4.99	4.91	130	120.05	1.083
5	5	5	4.97	133	124.25	1.070
					PROMEDIO=	1.081





TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL

PROPORCION		CAL+80% AGUA+ 5% PUZ 2+ 20% Na ₂ CO ₃				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
1	4.97	4.89	4.96	152	120.54	1.261
2	5	4.94	4.92	152	121.52	1.251
3	4.95	5.02	4.92	153	122.26	1.251
4	5	4.92	4.98	153	122.51	1.249
5	5.06	4.91	4.97	153	123.48	1.239
					PROMEDIO=	1.250

TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL

PROPORCION		CAL+80% AGUA+ 10% PUZ 2+ 10% Na ₂ CO ₃				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
1	4.94	4.88	4.94	137	119.09	1.150
2	4.95	4.83	4.8	138	114.76	1.203
3	4.97	4.84	4.95	141	119.07	1.184
4	4.94	4.88	4.83	139	116.44	1.194
5	4.9	4.89	4.92	137	117.89	1.162
					PROMEDIO=	1.179

TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL

PROPORCION		CAL+80% AGUA+ 10% PUZ 2+ 20% Na ₂ CO ₃				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
1	5.05	4.99	4.98	168	125.49	1.339
2	5.02	4.97	5.04	167	125.74	1.328
3	5.04	4.97	4.95	164	123.99	1.323
4	5.01	4.97	5	167	124.50	1.341
5	5	4.95	5.02	165	124.25	1.328
					PROMEDIO=	1.332



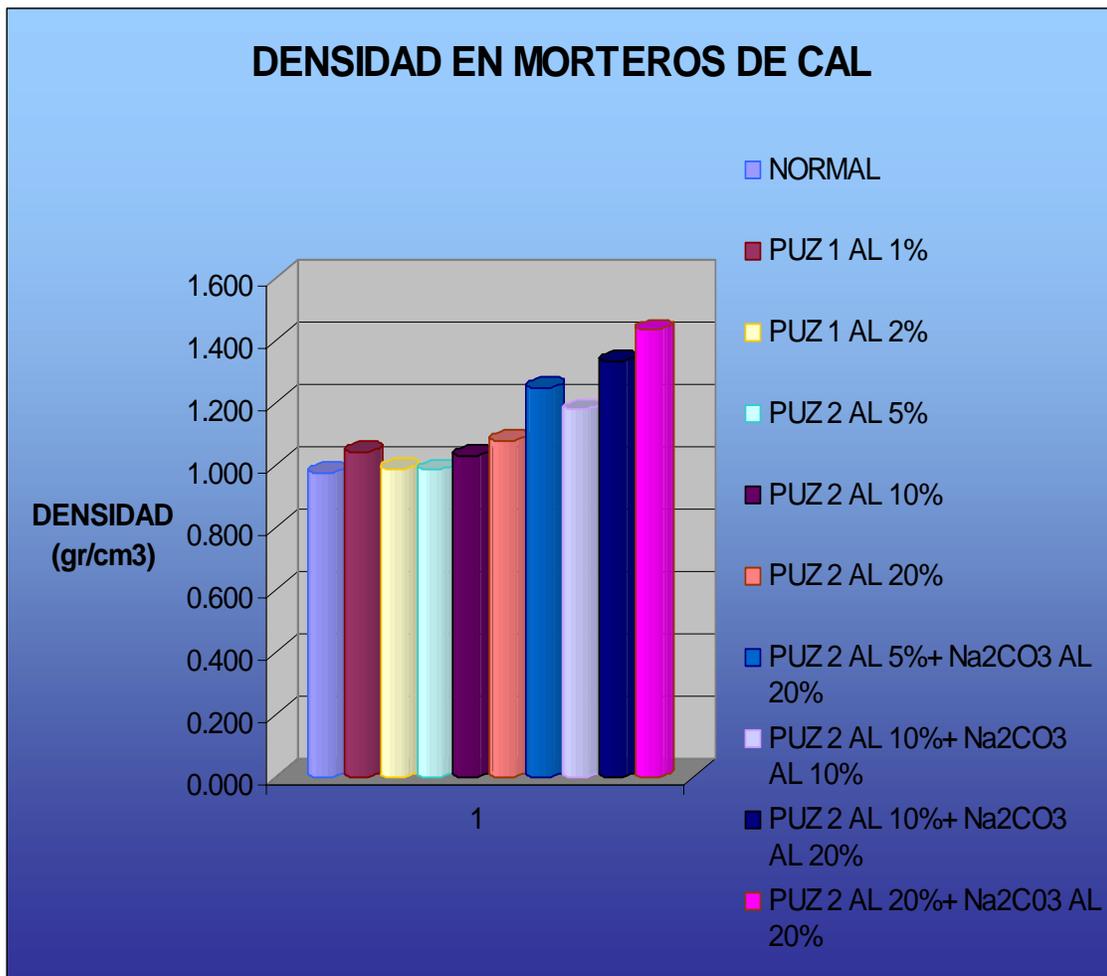


TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL

PROPORCION		CAL+80% AGUA+ 20% PUZ 2+ 20% Na ₂ CO ₃				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
1	4.9	4.84	4.85	168	115.02	1.461
2	4.91	4.88	4.87	167	116.69	1.431
3	4.92	4.8	4.85	164	114.54	1.432
4	4.9	4.92	4.84	167	116.68	1.431
5	4.9	4.9	4.86	165	116.69	1.414
					PROMEDIO=	1.434

DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL



GRAFICA DE DENSIDAD EN PASTAS DE CAL.





ANEXO 2 TABLAS DE DENSIDAD DE CUBOS DE MORTERO.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 156% AGUA				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.83	5	4.98	154	120.27	1.280
2	4.87	4.88	4.94	148	117.40	1.261
3	4.84	4.99	4.97	150	120.03	1.250
4	4.9	4.97	4.95	150	120.55	1.244
5	4.9	4.95	4.94	151	119.82	1.260
PROMEDIO=						1.259

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 1% PUZ 1				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.73	5	4.94	149	116.83	1.275
2	4.76	4.94	4.93	146	115.93	1.259
3	4.8	4.89	5	148	117.36	1.261
4	4.74	4.94	5	147	117.08	1.256
5	4.78	4.95	5	150	118.31	1.268
PROMEDIO=						1.264

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 2% PUZ 1				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1						
2						
3						
4						
5						
PROMEDIO=						0.000





TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 156% AGUA + 5% PUZ 2				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.85	4.94	5.02	156	120.27	1.297
2	4.96	5	4.97	155	123.26	1.258
3	4.93	5.03	4.93	154	122.25	1.260
4	4.9	5	4.95	153	121.28	1.262
5	4.84	5	4.97	152	120.27	1.264
PROMEDIO=						1.268

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 10% PUZ 2				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.9	5.02	4.94	153	121.51	1.259
2	4.9	4.93	4.94	151	119.34	1.265
3	4.84	4.94	5.04	153	120.50	1.270
4	4.83	5	4.91	151	118.58	1.273
5	4.83	4.98	4.99	152	120.03	1.266
PROMEDIO=						1.267

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 20% PUZ 2				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.94	4.91	4.93	151	119.58	1.263
2	4.88	4.97	4.96	153	120.30	1.272
3	4.96	5.02	4.94	156	123.00	1.268
4	4.9	5	4.95	153	121.28	1.262
5	4.85	4.99	4.97	153	120.28	1.272
PROMEDIO=						1.267





TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 5% PUZ 2 + 5% NA2CO3				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.82	4.98	4.93	151	118.34	1.276
2	4.97	5.02	4.94	152	123.25	1.233
3	4.87	5.02	4.95	150	121.01	1.240
4	4.89	4.96	4.93	152	119.57	1.271
5	4.96	4.9	5.02	153	122.01	1.254
PROMEDIO=						1.255

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 5% PUZ 2 + 10% NA2CO3				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.97	4.9	4.93	148	120.06	1.233
2	4.95	4.92	4.94	149	120.31	1.238
3	4.92	5	4.9	150	120.54	1.244
4	4.88	4.9	4.9	144	117.17	1.229
5	4.92	4.93	4.93	149	119.58	1.246
PROMEDIO=						1.238

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 170% AGUA + 5% PUZ 2 + 20% NA2CO3				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	5.05	4.94	4.96	153	123.74	1.236
2	4.94	4.92	5	152	121.52	1.251
3	4.99	4.95	4.94	151	122.02	1.237
4	5.08	4.93	5.02	156	125.72	1.241
5	5	4.94	4.93	153	121.77	1.256
PROMEDIO=						1.244





TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 10% PUZ 2 + 5% NA2CO3				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	5	4.9	4.92	150	120.54	1.244
2	4.97	4.94	5	152	122.76	1.238
3	4.92	4.94	4.93	150	119.82	1.252
4	4.9	4.93	4.99	150	120.54	1.244
5	4.86	4.97	4.97	150	120.05	1.250
PROMEDIO=						1.246

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 10% PUZ 2 + 10% NA2CO3				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.97	4.99	4.96	151	123.01	1.228
2	5.02	5.02	4.93	153	124.24	1.232
3	5.03	4.94	4.95	150	123.00	1.220
4	4.98	4.96	4.91	148	121.28	1.220
5	4.96	4.94	4.88	147	119.57	1.229
PROMEDIO=						1.226

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO						
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 170% AGUA + 10% PUZ 2 + 20% NA2CO3				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	5.05	4.96	5.04	153	126.24	1.212
2	5.09	4.98	4.95	153	125.47	1.219
3	5.09	5.09	5.05	154	130.84	1.177
4	5.03	4.97	5.02	152	125.50	1.211
5	5	5.04	4.96	151	124.99	1.208
PROMEDIO=						1.206





TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO

PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 160% AGUA + 20% PUZ 2 + 5% NA2CO3				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.9	4.99	4.95	154	121.03	1.272
2	4.89	4.95	4.94	154	119.58	1.288
3	4.91	4.95	5	153	121.52	1.259
4	4.88	4.96	4.92	152	119.09	1.276
5	4.88	4.96	5.04	154	121.99	1.262
PROMEDIO=						1.272

TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO

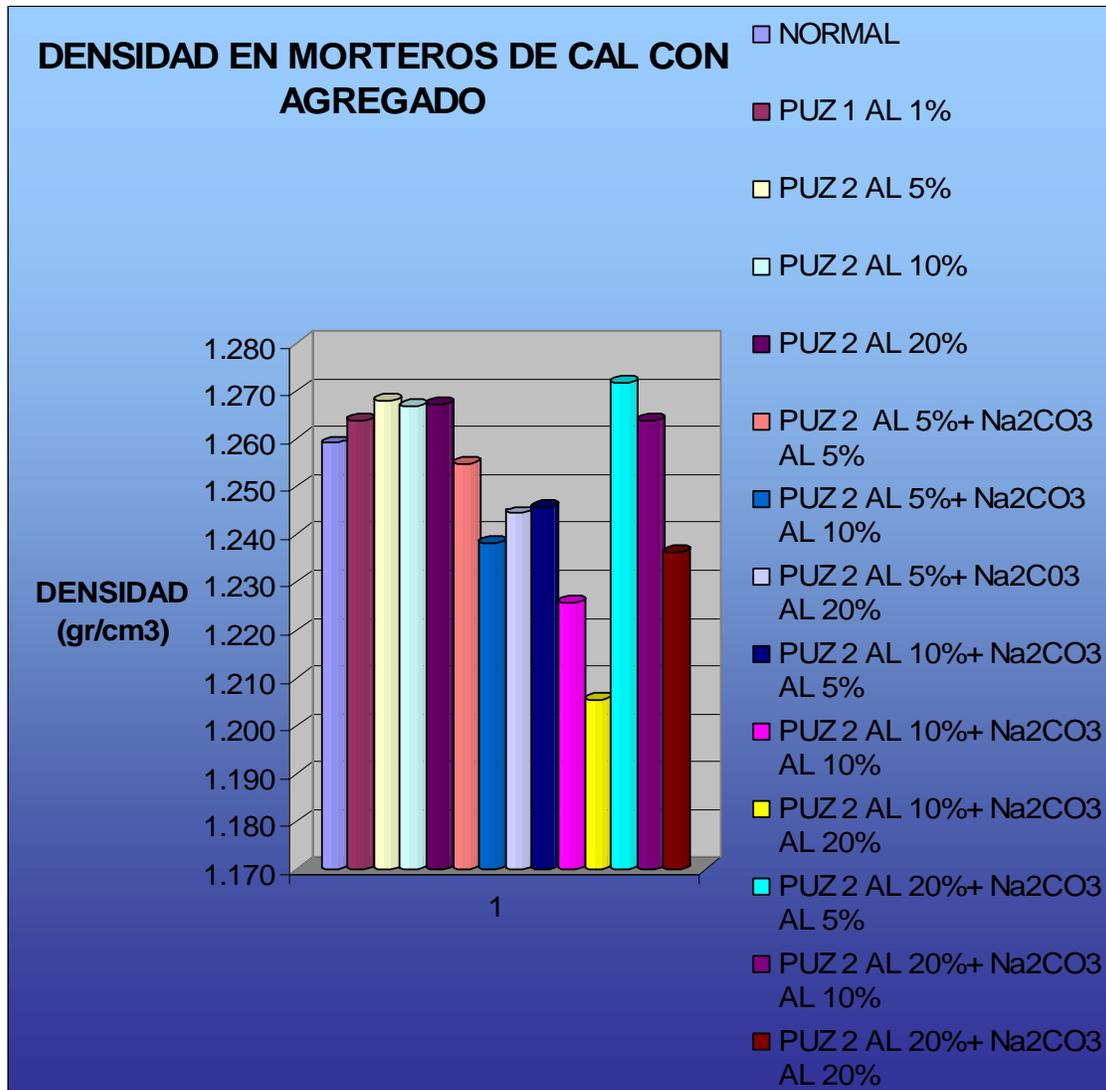
PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 165% AGUA + 20% PUZ 2 + 10% NA2CO3				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	4.95	4.98	5	157	123.26	1.274
2	4.95	4.99	4.88	152	120.54	1.261
3	4.96	4.99	4.95	154	122.51	1.257
4	4.94	4.96	5.03	157	123.25	1.274
5	4.97	5.03	4.95	155	123.75	1.253
PROMEDIO=						1.264

TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DE LA DENSIDAD EN MORTEROS DE CAL + AGREGADO

PROPORCION		CAL+ AGREGADO + 170% AGUA + 20% PUZ 2 + 20% NA2CO3				
N° de muestra	a (cm)	b (cm)	d (cm)	Peso (gr)	Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
1	5.06	5.03	5	156	127.26	1.226
2	5	5.05	5.08	159	128.27	1.240
3	5	5.02	5	156	125.50	1.243
4	5	5.05	5.02	156	126.76	1.231
5	5	5.03	4.99	156	125.50	1.243
PROMEDIO=						1.236





GRAFICA DE DENSIDAD EN MORTEROS.





ANEXO 3. TABLAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PASTAS.

CAL + AGUA

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 14 de Febrero del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA						
Fecha de la Prueba: 17 de Febrero del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.8	4.84	23.23	26.0	1.12	
2	4.83	4.81	23.23	25.5	1.10	
3	4.85	4.82	23.38	30.5	1.30	
4	4.78	4.8	22.94	30.5	1.33	promedio
5	4.8	4.83	23.18	26.0	1.12	1.19

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 6 de Marzo del 2006.					A 7 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA						
Fecha de la Prueba: 13 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.85	4.89	23.72	38.0	1.60	
2	4.81	4.83	23.23	30.5	1.31	
3	4.85	4.86	23.57	26.5	1.12	
4	4.8	4.85	23.28	29.5	1.27	promedio
5	4.82	4.9	23.62	32.0	1.35	1.33

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 17 de Febrero del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA						
Fecha de la Prueba: 3 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.82	4.84	23.33	38.0	1.63	
2	4.84	4.85	23.47	36.5	1.55	
3	4.92	4.93	24.26	34.5	1.42	
4	4.78	4.82	23.04	29.0	1.26	promedio
5	4.77	4.82	22.99	42.0	1.83	1.54





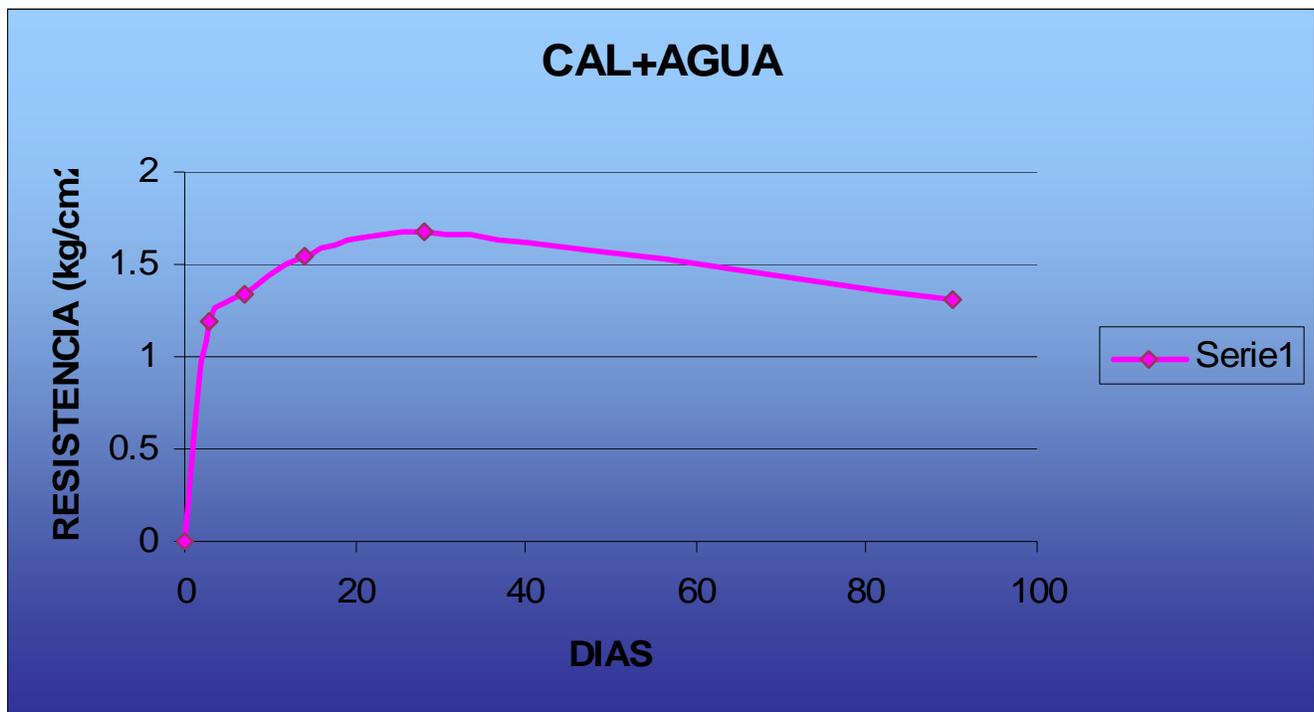
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 17 de Febrero del 2006.				A 28 DIAS		
CAL+ 80 % AGUA						
Fecha de la Prueba: 17 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.8	4.83	23.18	27.00	1.16	
2	4.85	4.93	23.91	27.00	1.13	
3	4.74	4.93	23.37	41.00	1.75	
4	4.82	4.95	23.86	55.00	2.31	promedio
5	4.81	4.87	23.42	48.00	2.05	1.68

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 17 de Febrero del 2006.				A 90 DIAS		
CAL+ 80 % AGUA						
Fecha de la Prueba: 18 de mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.75	4.86	23.09	43.00	1.86	
2	4.85	4.79	23.23	22.00	0.95	
3	4.92	4.83	23.76	32.50	1.37	
4	4.9	4.77	23.37	24.00	1.03	promedio
5	4.81	4.86	23.38	31.00	1.33	1.31





DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0
3	1.19
7	1.33
14	1.54
28	1.68
90	1.31





CAL + 1 % PUZ 1

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 27 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.74	4.79	22.70	32.00	1.41	
2	4.71	4.77	22.47	30.00	1.34	
3	4.73	4.8	22.70	32.00	1.41	
4	4.63	4.83	22.36	31.00	1.39	promedio
5	4.72	4.75	22.42	43.50	1.94	1.50

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 23 de Marzo del 2006.					A 7 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.72	4.76	22.47	48.50	2.16	
2	4.74	4.84	22.94	45.00	1.96	
3	4.7	4.77	22.42	61.00	2.72	
4	4.67	4.8	22.42	54.50	2.43	promedio
5	4.69	4.77	22.37	45.50	2.03	2.26

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 15 de Marzo del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 29 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.72	4.76	22.47	48.50	2.16	
2	4.74	4.84	22.94	45.00	1.96	
3	4.7	4.77	22.42	61.00	2.72	
4	4.67	4.8	22.42	54.50	2.43	promedio
5	4.69	4.77	22.37	45.50	2.03	2.26





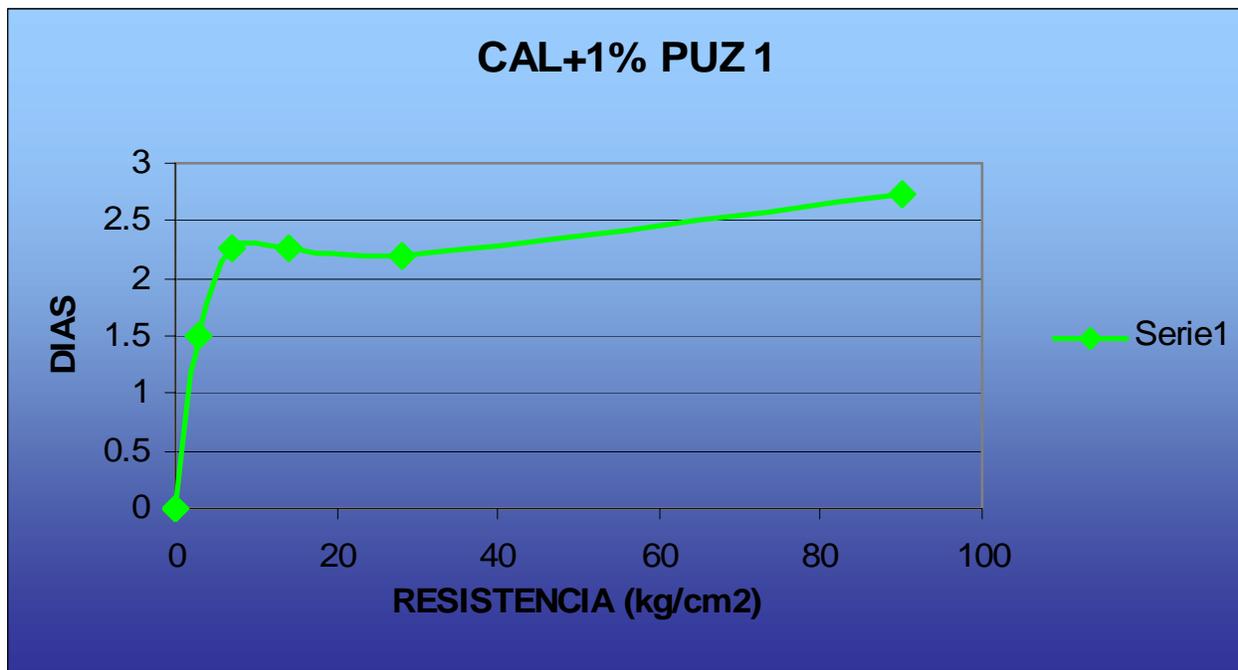
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 14 de Agosto del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 11 de Septiembre del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.74	4.81	22.80	61.00	2.68	
2	4.7	4.86	22.84	38.50	1.69	
3	4.72	4.79	22.61	52.00	2.30	
4	4.76	4.83	22.99	44.00	1.91	promedio
5	4.71	4.83	22.75	54.00	2.37	2.19

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 7 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 6 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.65	4.73	21.99	81.00	3.68	
2	4.65	4.81	22.37	57.00	2.55	
3	4.7	4.83	22.70	50.00	2.20	
4	4.63	4.85	22.46	55.00	2.45	promedio
						2.72





DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0
3	1.50
7	2.26
14	2.26
28	2.19
90	2.72





CAL + 2% PUZ 1

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 27 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 2% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.65	4.78	22.23	53.50	2.41	
2	4.78	4.86	23.23	34.00	1.46	
3	4.7	4.84	22.75	34.00	1.49	
4	4.73	4.83	22.85	36.00	1.58	promedio
5	4.65	4.82	22.41	49.50	2.21	1.83

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 16 de Marzo del 2006.					A 7 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 2% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 22 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.78	4.86	23.23	45.00	1.94	
2	4.79	4.92	23.57	48.00	2.04	
3	4.85	4.83	23.43	42.50	1.81	
4	4.81	4.91	23.62	40.00	1.69	promedio
5	4.76	4.85	23.09	43.00	1.86	1.87

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 16 de Marzo del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 2% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.83	4.86	23.47	54.50	2.32	
2	4.74	4.84	22.94	60.00	2.62	
3	4.81	4.89	23.52	75.00	3.19	
4	4.82	4.9	23.62	72.50	3.07	promedio
5	4.84	4.95	23.96	53.50	2.23	2.69





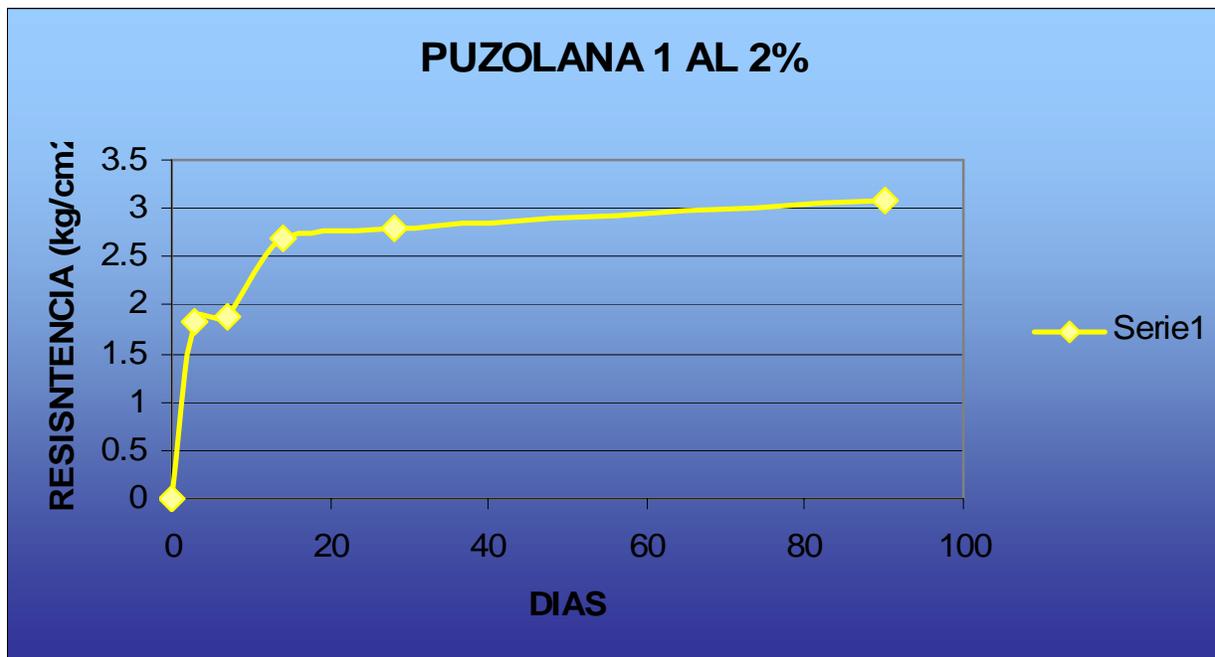
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 25 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 2% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 24 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.81	4.77	22.94	49.00	2.14	
2	4.71	4.83	22.75	88.00	3.87	
3	4.88	4.86	23.72	78.00	3.29	
4	4.82	4.86	23.43	81.00	3.46	promedio
5	4.83	4.85	23.43	28.50	1.22	2.79

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 7 de Marzo del 2006					A 90 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 2% PUZ 1						
Fecha de la Prueba : 6 de Junio del 2006						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.76	4.8	22.85	60.50	2.65	
2	4.73	4.8	22.70	79.00	3.48	
3	4.77	4.77	22.75	61.00	2.68	
4	4.82	4.75	22.90	79.00	3.45	promedio
5	4.67	4.81	22.46	69.50	3.09	3.07





DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0
3	1.83
7	1.87
14	2.69
28	2.79
90	3.07





CAL + 5% PUZ 2

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 27 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.87	4.93	24.01	35.00	1.46	
2	4.92	4.96	24.40	36.00	1.48	
3	4.87	4.95	24.11	34.50	1.43	
4	4.98	4.99	24.85	33.00	1.33	promedio
5	4.93	5.01	24.70	42.00	1.70	1.48

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 16 de Mayo del 2006.					A 7 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 23 de mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.87	4.97	24.20	165.00	6.82	
2	4.88	4.97	24.25	145.50	6.00	
3	4.89	4.97	24.30	122.00	5.02	
4	4.94	4.99	24.65	126.00	5.11	promedio
5	4.89	4.92	24.06	129.50	5.38	5.67

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 25 de Abril del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 3 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.95	5.02	24.85	179.50	7.22	
2	5.08	5	25.40	150.50	5.93	
3	5.05	5.07	25.60	165.00	6.44	
4	5.1	4.99	25.45	154.00	6.05	promedio
5	5.05	4.93	24.90	122.00	4.90	6.11





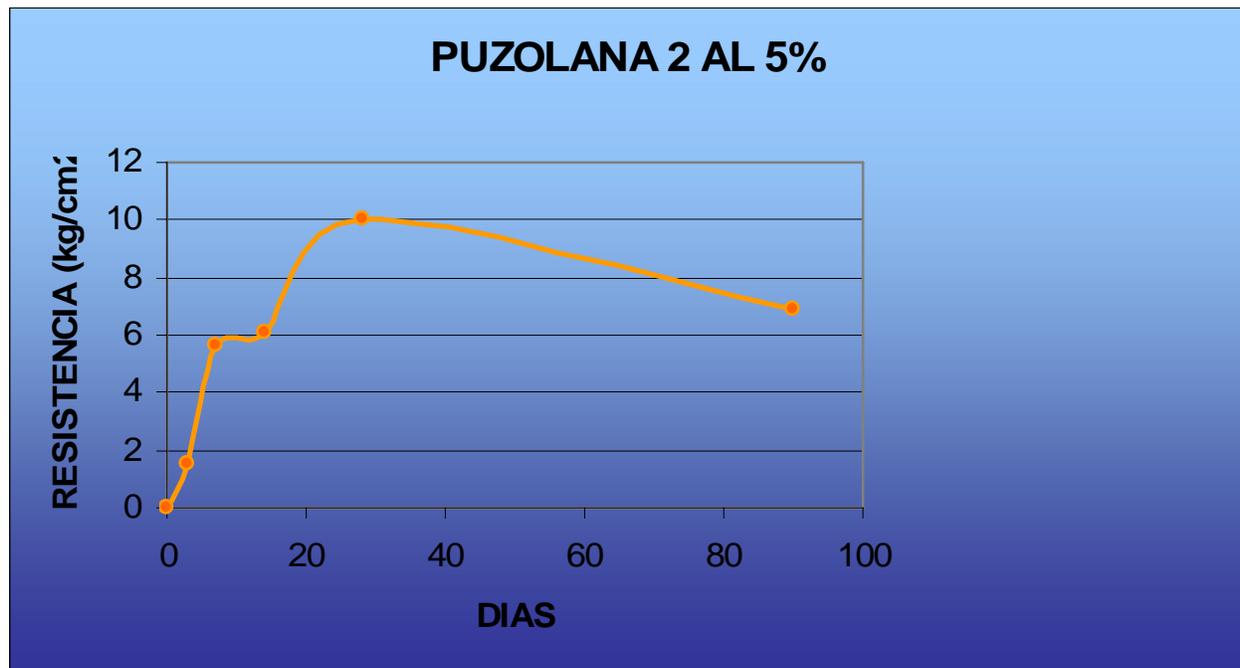
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 26 de Marzo del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 24 de Abril del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	5	4.99	24.95	207.00	8.30	
2	4.99	4.96	24.75	258.50	10.44	
3	4.98	4.99	24.85	236.00	9.50	
4	4.97	4.98	24.75	245.00	9.90	promedio
5	4.99	5.03	25.10	297.00	11.83	9.99

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 7 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 6 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.97	4.94	24.55	179.50	7.31	
2	4.95	4.89	24.21	158.50	6.55	
3	5	4.93	24.65	165.50	6.71	
4	5	4.94	24.70	173.00	7.00	promedio
5	4.98	4.94	24.60	175.00	7.11	6.94





DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0
3	1.48
7	5.67
14	6.11
28	9.99
90	6.94





CAL + 10% PUZ 2

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 28 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 31 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.77	4.94	23.56	52.50	2.23	
2	4.86	4.92	23.91	50.00	2.09	
3	4.89	4.96	24.25	52.00	2.14	
4	4.94	4.95	24.45	50.50	2.07	promedio
5	4.85	4.89	23.72	51.50	2.17	2.14

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 16 de Mayo del 2006.					A 7 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 30 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5	5.06	25.30	208.00	8.22	
2	5.05	5.08	25.65	206.50	8.05	
3	5.1	4.92	25.09	268.00	10.68	
4	5.13	4.99	25.60	197.00	7.70	promedio
						8.66

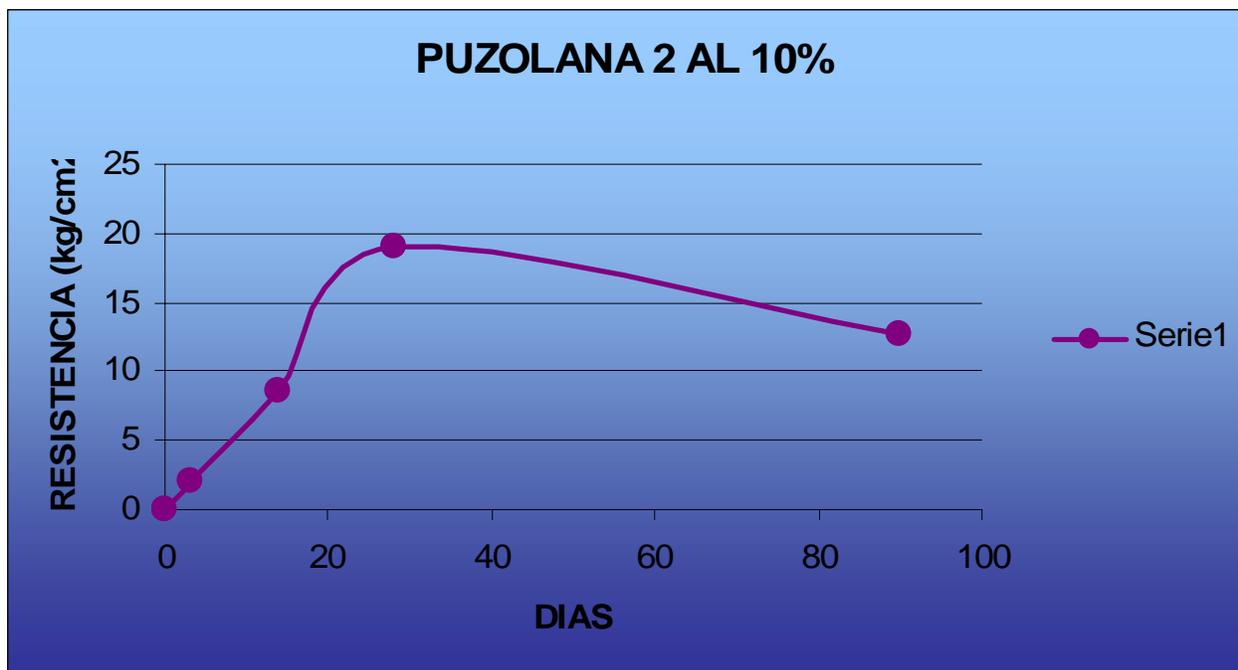
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 6 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 4 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.89	4.88	23.86	410.00	17.18	
2	4.86	4.88	23.72	412.00	17.37	
3	4.84	4.89	23.67	503.50	21.27	
4	4.86	4.91	23.86	507.00	21.25	promedio
5	4.84	4.88	23.62	428.00	18.12	19.04





TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 8 de Marzo del 2006.				A 90 DIAS		
CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 7 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Area (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.95	4.95	24.50	182.00	7.43	
2	4.89	4.91	24.01	272.50	11.35	
3	4.92	4.83	23.76	355.00	14.94	
4	4.93	4.9	24.16	397.00	16.43	promedio
5	4.9	4.95	24.26	312.00	12.86	12.60

DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0
3	2.14
14	8.66
28	19.04
90	12.60





CAL + 20% PUZ 2

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 28 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 20% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 31 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.88	4.86	23.72	74.00	3.12	
2	4.88	4.97	24.25	104.50	4.31	
3	4.88	4.97	24.25	100.00	4.12	
4	4.94	4.96	24.50	95.50	3.90	promedio
5	4.95	4.94	24.45	82.00	3.35	3.76

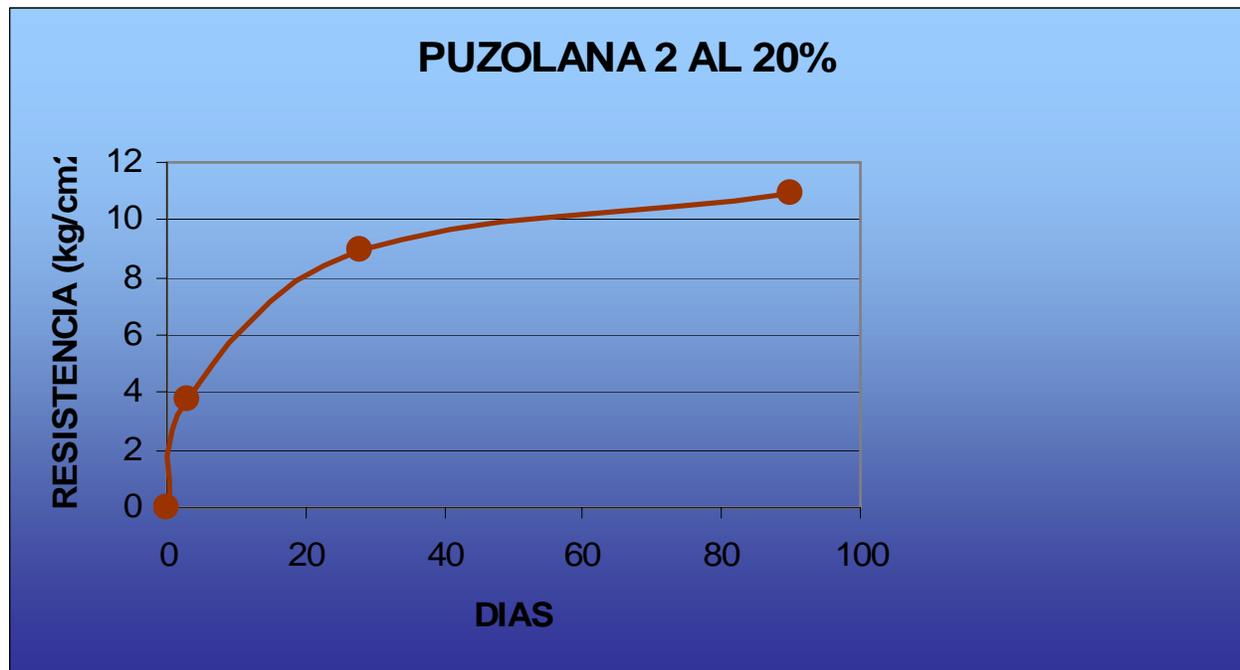
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 6 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 20% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 4 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.91	5	24.55	108.50	4.42	
2	4.92	5	24.60	129.00	5.24	
3	4.95	4.99	24.70	124.00	5.02	
4	4.98	5	24.90	546.00	21.93	promedio
5	4.94	4.91	24.26	195.00	8.04	8.93

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 8 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 20% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 7 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.97	4.9	24.35	280.50	11.52	
2	4.92	4.95	24.35	244.00	10.02	
3	4.9	4.92	24.11	183.00	7.59	
4	4.9	4.99	24.45	177.00	7.24	promedio
5	5	5	25.00	456.00	18.24	10.92





DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0
3	3.76
28	8.93
90	10.92





CAL + 5% PUZ 2 + 20% Na₂CO₃

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 7 de Julio del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 10 de Julio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5	4.94	24.70	130.5	5.28	
2	5.1	5.1	26.01	98.0	3.77	
3	5.12	5.02	25.70	121.0	4.71	
4	5.02	4.94	24.80	128.5	5.18	promedio
5	5.03	5.02	25.25	106.5	4.22	4.63

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración:					A 7 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba :						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5.1	4.98	25.40	128.0	5.04	
2	5	5.02	25.10	140.0	5.58	
3	5.02	5.09	25.55	122.0	4.77	
4	5.04	5.06	25.50	135.5	5.31	promedio
5	5.02	5.06	25.40	115.0	4.53	5.05

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 28 de Junio del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 12 de Julio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5.03	5.03	25.30	160.0	6.32	
2	5.06	5.05	25.55	156.5	6.12	
3	5.06	5.02	25.40	159.0	6.26	
4	5.05	4.97	25.10	150.0	5.98	promedio
5	5.03	5.04	25.35	155.0	6.11	6.16





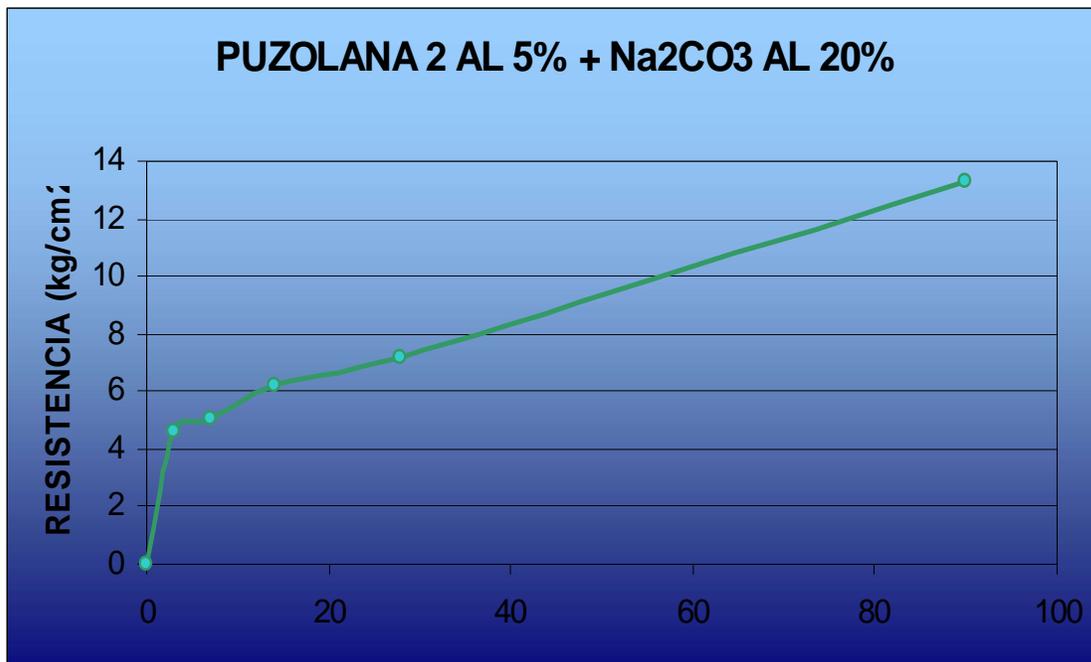
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 28 de Junio del 2006.				A 28DIAS		
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 12 de Julio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.93	5	24.65	196.5	7.97	
2	4.96	4.99	24.75	178.0	7.19	
3	5	4.98	24.90	165.0	6.63	
4	4.99	4.94	24.65	185.5	7.53	promedio
5	5	4.97	24.85	161.0	6.48	7.16

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 9 de Marzo del 2006.				A 90DIAS		
CAL+ 80 % AGUA + 5% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 8 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.97	4.89	24.30	376.0	15.47	
2	5	4.94	24.70	346.5	14.03	
3	4.95	5.02	24.85	280.0	11.27	
4	5	4.92	24.60	315.0	12.80	promedio
5	5.06	4.91	24.84	323.5	13.02	13.32





DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0
3	4.63
7	5.05
14	6.16
28	7.16
90	13.32





CAL + 10% PUZ 2 + 10% Na₂CO₃

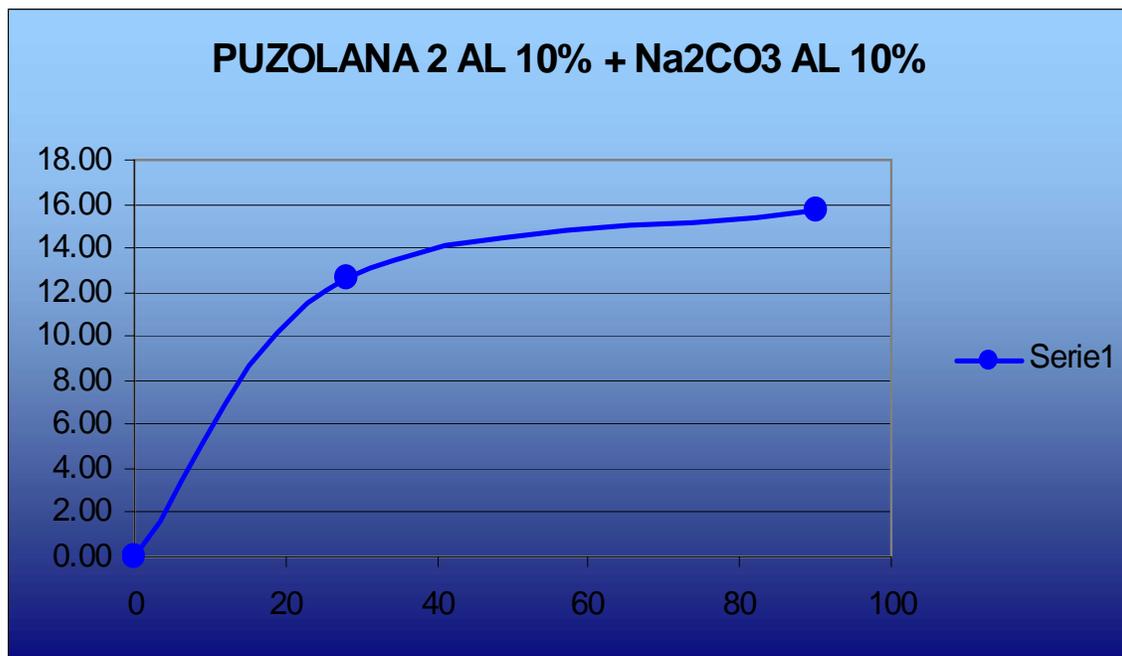
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 6 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2+10%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 4 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.89	4.88	23.86	346.00	14.50	
2	4.9	4.89	23.96	290.50	12.12	
3	4.96	4.998	24.79	290.50	11.72	
4	4.95	4.9	24.26	303.00	12.49	promedio
5	4.91	4.9	24.06	295.00	12.26	12.62

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 13 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2+10%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 12 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.94	4.88	24.11		0.00	
2	4.95	4.83	23.91	356.50	14.91	
3	4.97	4.84	24.05	517.00	21.49	
4	4.94	4.88	24.11	226.00	9.37	promedio
5	4.9	4.89	23.96	413.50	17.26	15.76





DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0.00
28	12.62
90	15.76





CAL + 10% PUZ 2 + 20% Na₂CO₃.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración:					A 7 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba :						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	5.11	5.01	25.60	356.0	13.91	
2	5.09	4.93	25.09	258.0	10.28	
3	5.1	4.99	25.45	267.5	10.51	
4	5.09	4.94	25.14	300.0	11.93	promedio
5	5.1	5	25.50	302.5	11.86	11.70

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 28 de Junio del 2006.					A 14DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 12 de Julio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	5.1	5	25.50	300.0	11.76	
2	5.13	5.04	25.86	317.5	12.28	
3	5.11	5.05	25.81	317.0	12.28	
4	5.06	5.08	25.70	302.0	11.75	promedio
5	5.07	5.02	25.45	291.5	11.45	11.91

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 6 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 4 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	5.01	5	25.05	306.0	12.22	
2	5.04	5	25.20	305.0	12.10	
3	5.05	5.04	25.45	310.0	12.18	
4	5.06	4.99	25.25	297.5	11.78	promedio
5	5.03	5.04	25.35	300.0	11.83	12.02





TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.

Fecha de Elaboración: 13 de Marzo del 2006.

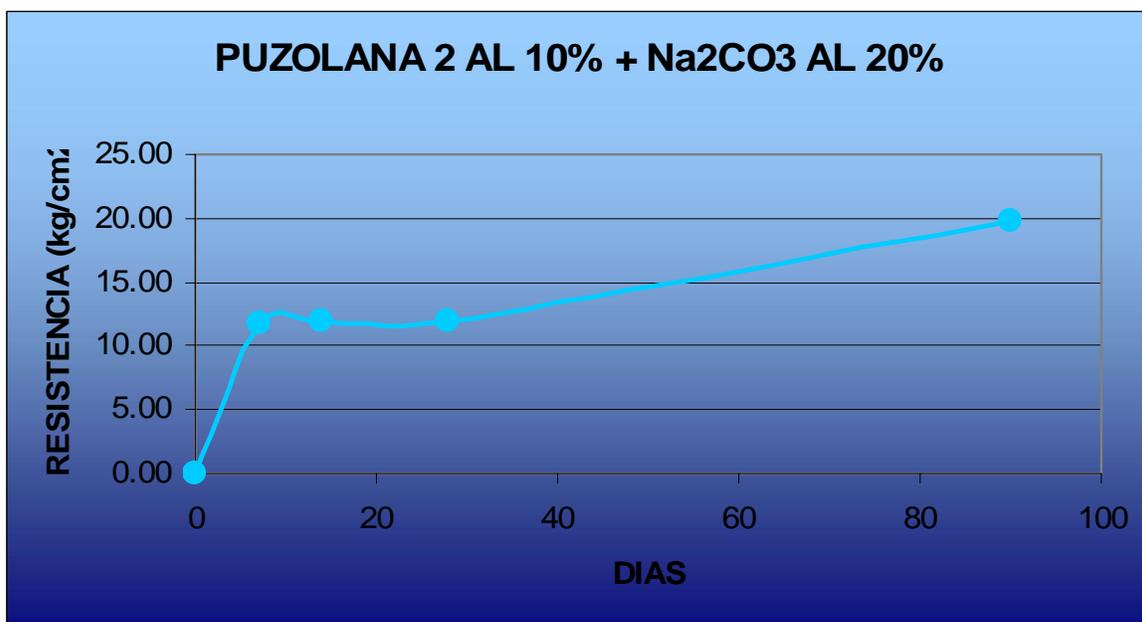
A 90 DIAS

CAL+ 80 % AGUA + 10% PUZ 2+20%Na₂Co₃

Fecha de la Prueba: 12 de Junio del 2006.

Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.94	4.88	24.11	442.5	18.36	
2	4.95	4.83	23.91	448.5	18.76	
3	4.97	4.84	24.05	465.5	19.35	
4	4.94	4.88	24.11	541.5	22.46	promedio
5	4.9	4.89	23.96	475.5	19.84	19.75

DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0.00
7	11.70
14	11.91
28	12.02
90	19.75





CAL + 20% PUZ 2 + 20% Na₂CO₃

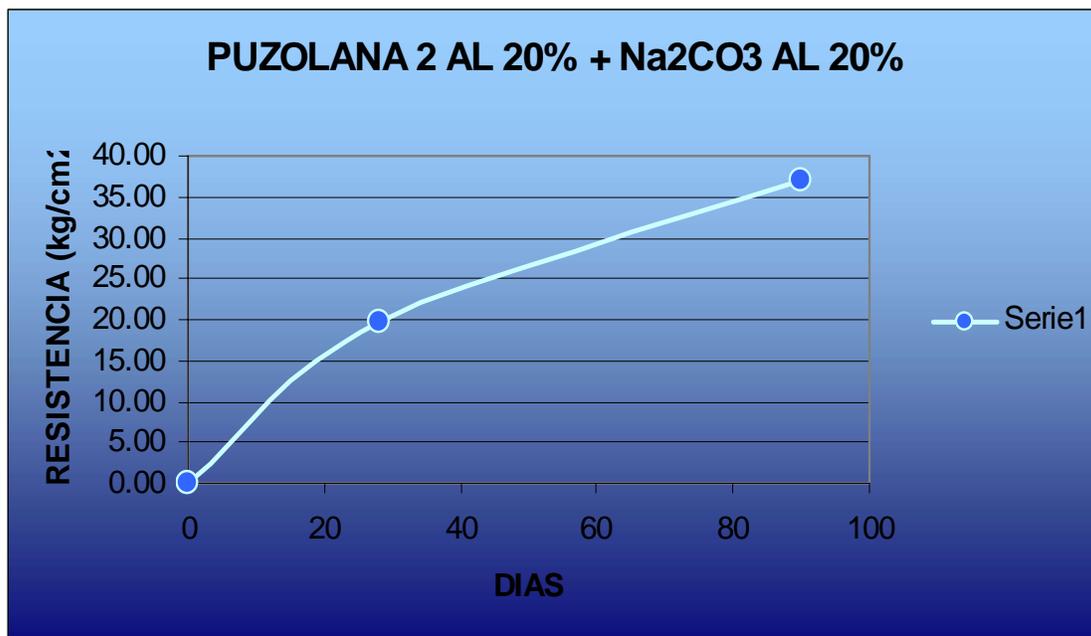
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 6 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 20% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 4 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.97	4.94	24.55	520.0	21.18	
2	5.04	4.96	25.00	622.5	24.90	
3	5.07	4.96	25.15	375.0	14.91	
4	5.03	4.99	25.10	307.5	12.25	promedio
5	5.01	5	25.05	630.5	25.17	19.68

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.						
Fecha de Elaboración: 23 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ 80 % AGUA + 20% PUZ 2+20%Na₂Co₃						
Fecha de la Prueba: 22 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.9	4.84	23.72	885.0	37.32	
2	4.91	4.88	23.96	797.5	33.28	
3	4.92	4.8	23.62	837.5	35.46	
4	4.9	4.92	24.11	962.5	39.92	promedio
5	4.9	4.9	24.01	942.0	39.23	37.04



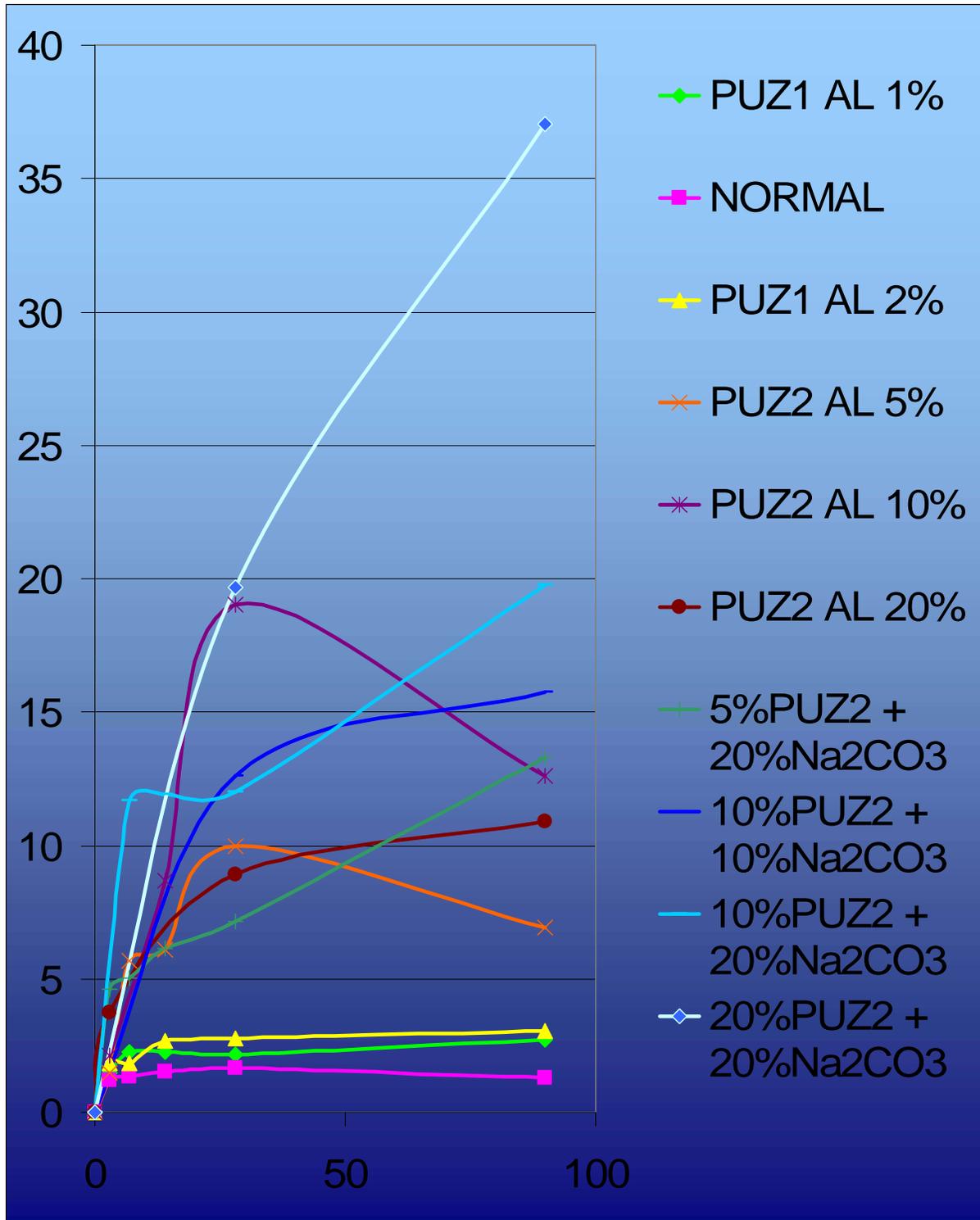


DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0.00
28	19.68
90	37.04





GRAFICA: TOTAL DE RESISTENCIAS A COMPRESION EN MORTEROS DE PASTA.





ANEXO 4. TABLAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MORTEROS

CAL+AGREGADO

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 9 de Marzo del 2006				A 3 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA						
Fecha de la Prueba: 6 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.84	4.94	23.91	25.5	1.07	
2	4.84	4.97	24.05	28.0	1.16	
3	4.8	4.95	23.76	27.0	1.14	
4	4.89	4.92	24.06	25.0	1.04	promedio
5	4.86	4.96	24.11	29.0	1.20	1.12

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 9 de Marzo del 2006				A 7 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA						
Fecha de la Prueba : 2 de Marzo del 2006						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.99	5.10	25.45	33.5	1.32	
2	4.92	5.04	24.80	33.0	1.33	
3	4.91	4.95	24.30	30.0	1.23	
4	4.91	4.92	24.16	31.5	1.30	promedio
5	4.84	5.00	24.20	31.5	1.30	1.30

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 2 de Marzo del 2006				A 14 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA						
Fecha de la Prueba : 16 de Marzo del 2006						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.87	4.82	23.47	22.0	0.94	
2	4.88	5	24.40	32.5	1.33	
3	4.88	5.02	24.50	33.5	1.37	
4	4.98	4.83	24.05	27.5	1.14	promedio
5	4.895	4.82	23.59	27.5	1.17	1.19





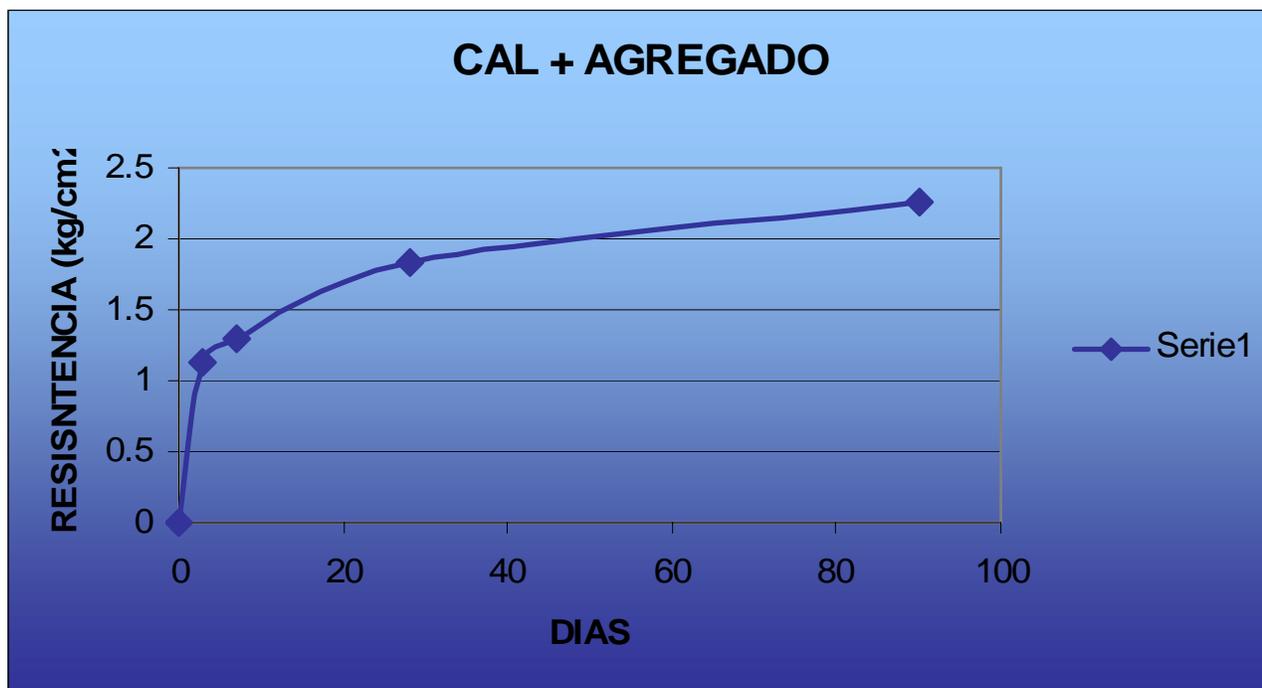
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 2 de Marzo del 2006				A 28 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA						
Fecha de la Prueba : 30 de Marzo del 2006						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.86	4.905	23.84	50.5	2.12	
2	4.92	4.99	24.55	47.5	1.93	
3	4.92	4.94	24.30	37.5	1.54	
4	4.91	4.98	24.45	40.0	1.64	promedio
5	4.92	4.95	24.35	48.0	1.97	1.84

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 2 de Marzo del 2006				A 90 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA						
Fecha de la Prueba: 31 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.85	5	24.25	61.0	2.52	
2	4.9	4.9	24.01	55.0	2.29	
3	4.89	5	24.45	51.5	2.11	
4	4.91	4.97	24.40	53.0	2.17	promedio
5	4.92	5.01	24.65	55.0	2.23	2.26





DIAS	ESFUERZO
	(kg/cm ²)
0	0
3	1.12
7	1.30
28	1.84
90	2.26





CAL + AGREGADO + 1% PUZ 1

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 27 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.76	5.01	23.85	30.50	1.28	
2	4.79	4.93	23.61	17.50	0.74	
3	4.79	4.92	23.57	23.00	0.98	
4	4.8	4.95	23.76	23.50	0.99	promedio
5	4.76	4.92	23.42	25.50	1.09	1.01

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 23 de Marzo del 2006.					A 7 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.84	4.95	23.96	35.00	1.46	
2	4.85	5.01	24.30	43.50	1.79	
3	4.82	4.97	23.96	40.00	1.67	
4	4.87	4.95	24.11	45.50	1.89	promedio
5	4.76	4.87	23.18	50.00	2.16	1.79

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 15 de Marzo del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 29 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.77	4.99	23.80	51.50	2.16	
2	4.75	4.97	23.61	40.00	1.69	
3	4.87	4.93	24.01	48.50	2.02	
4	4.81	5.04	24.24	56.00	2.31	promedio
5	4.76	5	23.80	53.00	2.23	2.08





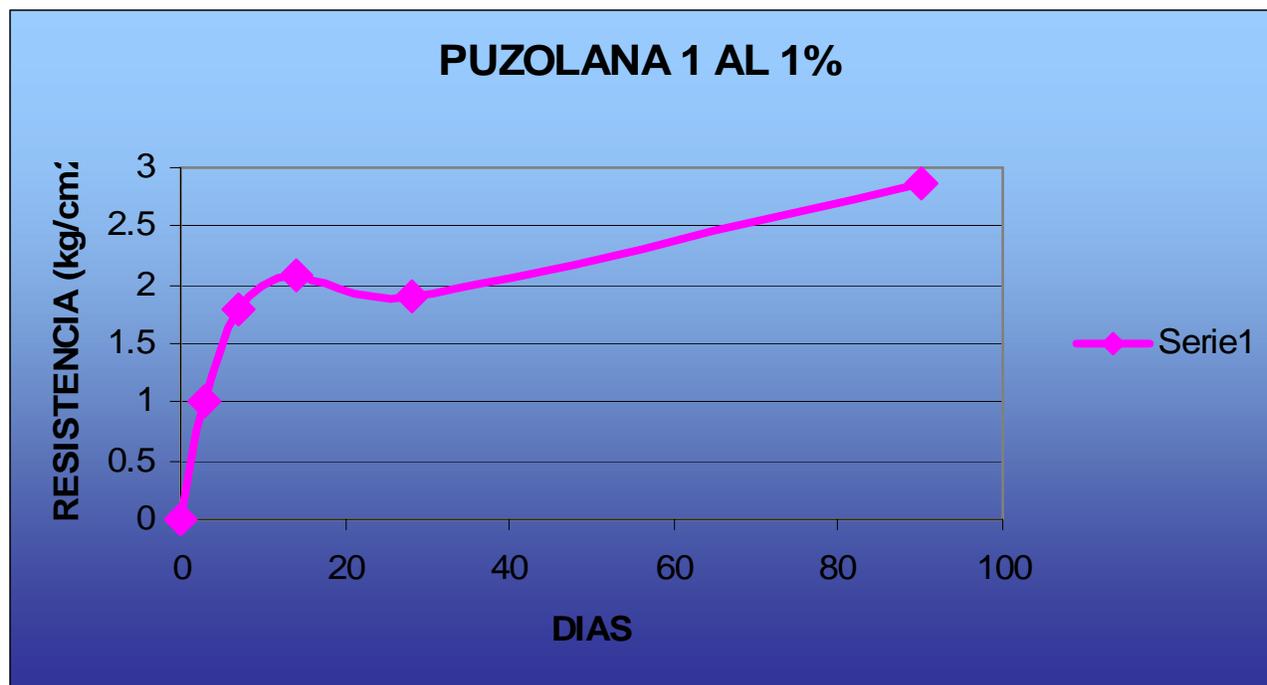
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 25 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 24 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5.04	4.96	25.00	47.50	1.90	
2	5	4.97	24.85	54.00	2.17	
3	5.07	4.94	25.05	47.50	1.90	
4	5.02	5.03	25.25	44.00	1.74	promedio
5	4.88	4.97	24.25	45.00	1.86	1.91

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 7 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 1% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 6 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.73	5	23.65	77.00	3.26	
2	4.76	4.94	23.51	56.50	2.40	
3	4.8	4.89	23.47	60.50	2.58	
4	4.74	4.94	23.42	60.00	2.56	promedio
5	4.78	4.95	23.66	82.50	3.49	2.86





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0
3	1.01
7	1.79
14	2.08
28	1.91
90	2.86





CAL + AGREGADO + 2% PUZ 1

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 27 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 2% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.9	4.95	24.26	25.00	1.03	
2	4.89	5.01	24.50	24.00	0.98	
3	4.85	4.87	23.62	26.00	1.10	
4	4.84	5.09	24.64	25.00	1.01	promedio
5	4.93	4.93	24.30	26.00	1.07	1.04

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 16 de Marzo del 2006.					A 7DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 2% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 23 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.86	4.94	24.01	53.00	2.21	
2	4.9	4.94	24.21	31.00	1.28	
3	4.85	4.97	24.10	53.00	2.20	
4	4.89	5.02	24.55	37.00	1.51	promedio
5	4.86	4.99	24.25	51.00	2.10	1.86

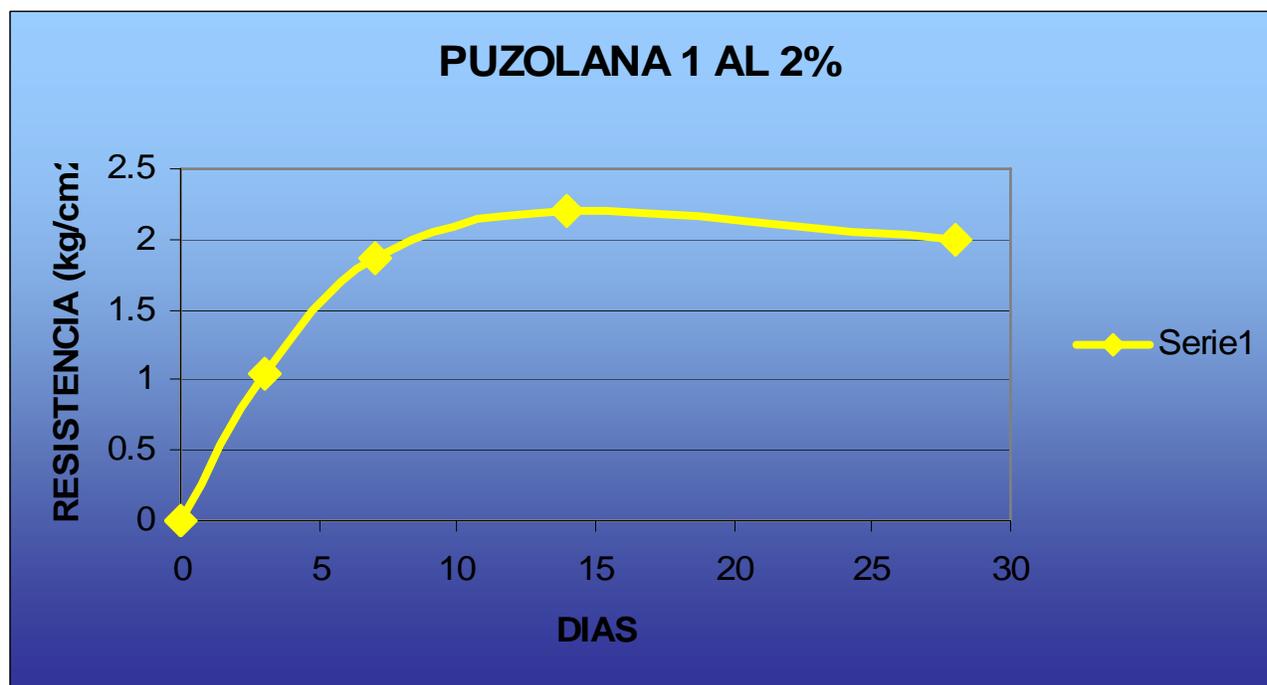
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 16 de Marzo del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 2% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.88	4.97	24.25	56.00	2.31	
2	4.86	4.96	24.11	50.00	2.07	
3	4.91	4.95	24.30	57.50	2.37	
4	4.87	4.95	24.11	53.50	2.22	promedio
5	4.89	4.96	24.25	48.50	2.00	2.19





TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 25 de Abril del 2006.				A 28 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 2% PUZ 1						
Fecha de la Prueba: 24 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.95	4.95	24.50	55.50	2.27	
2	4.92	5	24.60	57.00	2.32	
3	4.97	4.96	24.65	38.50	1.56	
4	5.06	4.96	25.10	48.50	1.93	promedio
5	4.96	5.02	24.90	48.50	1.95	2.00

DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0
3	1.04
7	1.86
14	2.19
28	2.00





CAL+ AGREGADO + 5% PUZ 2

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 27 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 30 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5.04	4.96	25.00	45.50	1.82	
2	4.95	4.97	24.60	50.00	2.03	
3	4.91	4.96	24.35	47.50	1.95	
4	4.95	4.83	23.91	57.50	2.41	promedio
5	4.94	4.89	24.16	47.50	1.97	2.03

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 16 de Marzo del 2006.					A 7DIAS	
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 23 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.88	4.99	24.35	72.50	2.98	
2	4.94	5	24.70	67.50	2.73	
3	4.96	4.93	24.45	69.50	2.84	
4	4.97	5	24.85	72.00	2.90	promedio
5	4.87	4.99	24.30	67.50	2.78	2.85

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 25 de Abril del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 3 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.96	5	24.80	81.0	3.27	
2	5.01	4.99	25.00	103.5	4.14	
3	5.04	5.06	25.50	91.0	3.57	
4	5.05	5.06	25.55	133.0	5.20	promedio
5	5.04	5.05	25.45	83.5	3.28	3.89





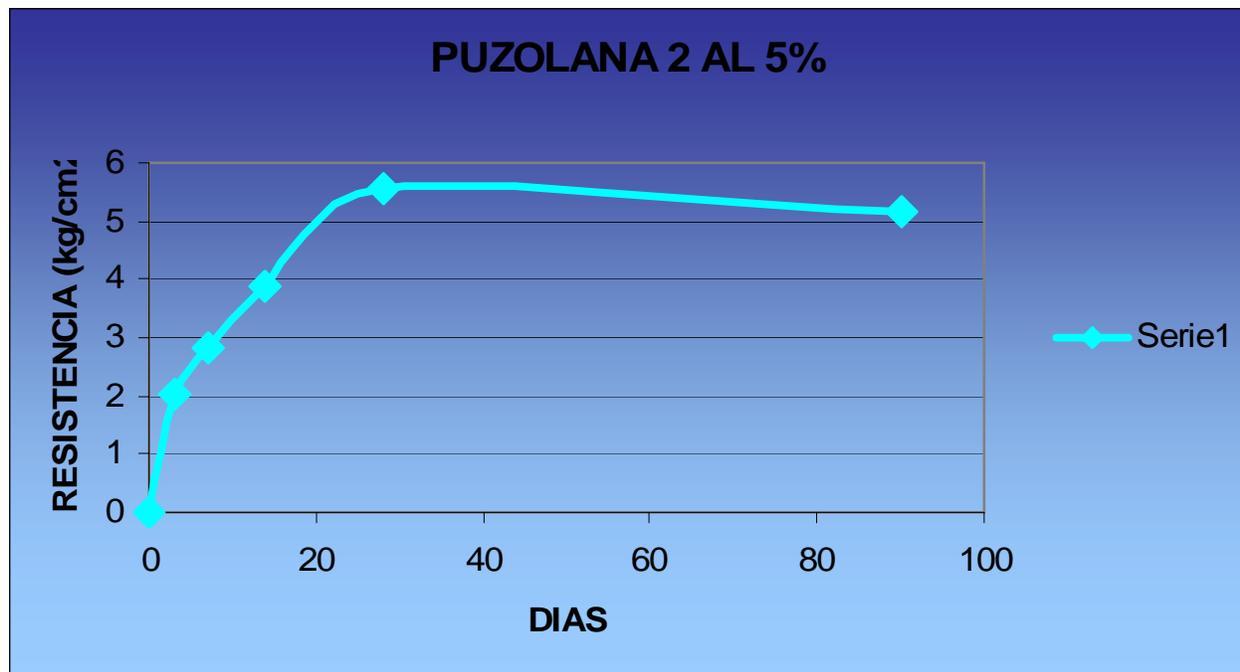
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 27 de Marzo del 2006.				A 28 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 24 de Abril del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.89	5.05	24.69	111.0	4.49	
2	4.84	5.06	24.49	145.0	5.92	
3	4.9	5	24.50	169.5	6.92	
4	4.94	5.06	25.00	133.5	5.34	promedio
5	4.88	4.94	24.11	122.0	5.06	5.55

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 7 de Marzo del 2006.				A 90 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 156 % AGUA + 5% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 6 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.85	4.94	23.96	130.0	5.43	
2	4.96	5	24.80	110.0	4.44	
3	4.93	5.03	24.80	150.0	6.05	
4	4.9	5	24.50	120.0	4.90	promedio
5	4.84	5	24.20	119.5	4.94	5.15





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0
3	2.03
7	2.85
14	3.89
28	5.55
90	5.15





CAL + AGREGADO + 10% PUZ 2

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 28 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 10% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 31 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.91	5.04	24.75	37.50	1.52	
2	4.92	4.96	24.40	30.50	1.25	
3	4.94	5.04	24.90	31.50	1.27	
4	4.97	5	24.85	32.00	1.29	promedio
5	4.995	4.96	24.78	35.00	1.41	1.35

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 18 de Mayo del 2006.					A 7 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 10% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 25 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.95	5.03	24.90	86.00	3.45	
2	4.96	5.04	25.00	91.50	3.66	
3	5.05	5.05	25.50	84.00	3.29	
4	4.93	4.94	24.35	93.50	3.84	promedio
5	5.02	5.06	25.40	101.00	3.98	3.64

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 18 de Mayo del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 10% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 1 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5.12	5.04	25.80	104.00	4.03	
2	5	4.97	24.85	102.50	4.12	
3	5.02	5.05	25.35	108.00	4.26	
4	4.98	5	24.90	99.50	4.00	promedio
5	4.95	5.01	24.80	106.00	4.27	4.14





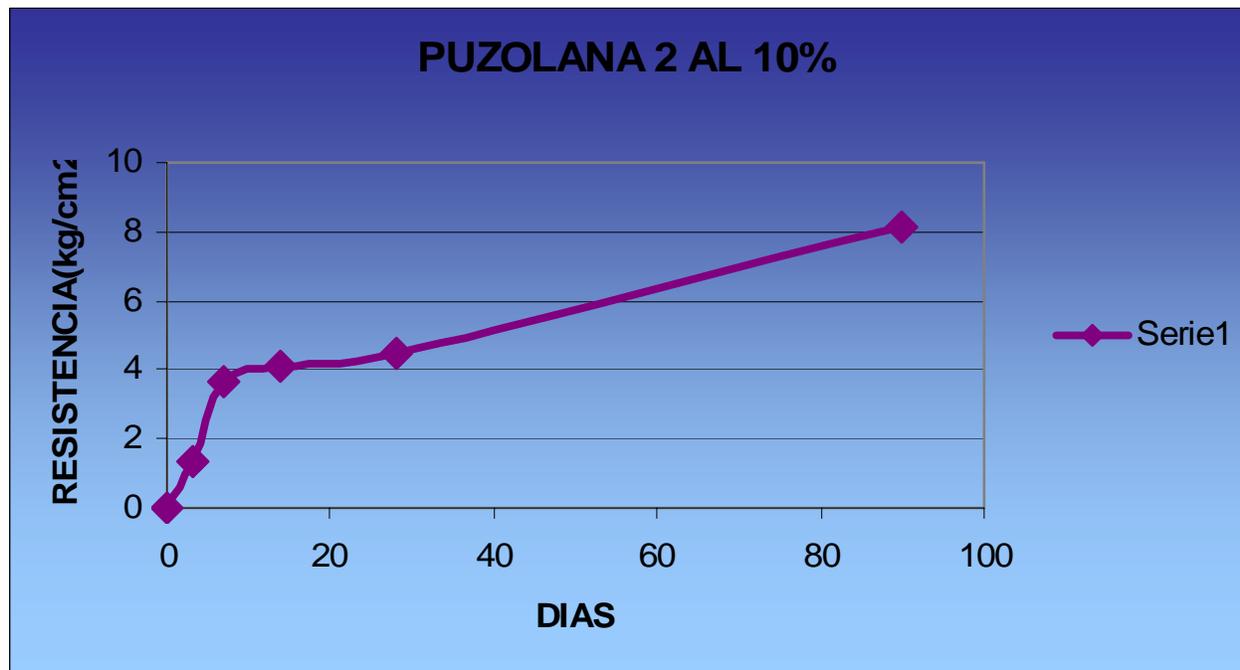
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 5 de Abril del 2006.				A 28 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 10% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 3 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.96	5	24.80	101.00	4.07	
2	4.94	5	24.70	112.00	4.53	
3	4.85	5.05	24.49	103.50	4.23	
4	4.9	5.06	24.79	118.50	4.78	promedio
5	4.85	5.05	24.49	118.50	4.84	4.49

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 8 de Marzo del 2006.				A 90 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 10% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 7 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.9	5.02	24.60	253.50	10.31	
2	4.9	4.93	24.16	177.00	7.33	
3	4.84	4.94	23.91	215.00	8.99	
4	4.83	5	24.15	180.50	7.47	promedio
5	4.83	4.98	24.05	155.00	6.44	8.11





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0
3	1.35
7	3.64
14	4.14
28	4.49
90	8.11





CAL + AGREGADO + 20% PUZ 2

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 28 de Marzo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 20% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 31 de Marzo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.91	4.95	24.30	50.00	2.06	
2	4.92	5.02	24.70	38.00	1.54	
3	4.9	5.02	24.60	50.00	2.03	
4	5	4.95	24.75	37.50	1.52	promedio
5	4.89	4.93	24.11	45.50	1.89	1.81

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 18 de Mayo del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 20% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 1 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.95	4.97	24.60	131.50	5.35	
2	5.05	5	25.25	198.50	7.86	
3	5.04	5	25.20	184.00	7.30	
4	4.97	5.04	25.05	174.00	6.95	promedio
5	4.95	4.98	24.65	146.00	5.92	6.68

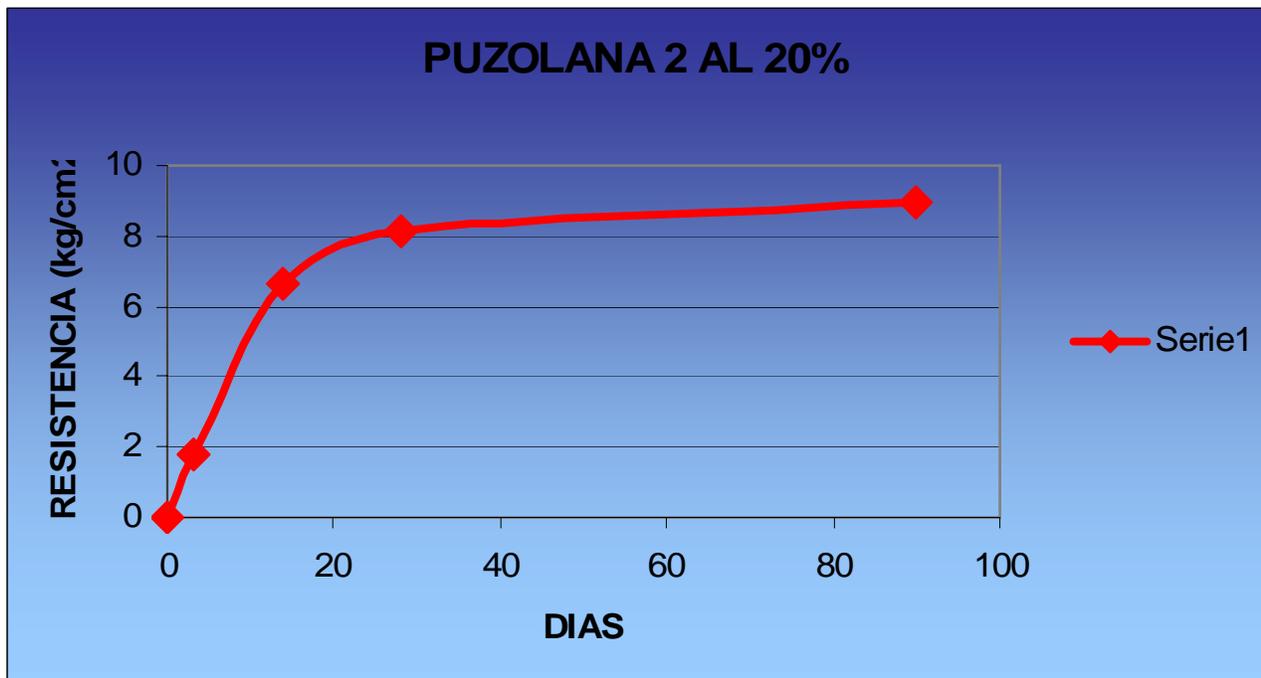
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 5 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 20% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 3 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.87	4.93	24.01	150.00	6.25	
2	4.85	5.07	24.59	201.00	8.17	
3	4.83	5	24.15	225.50	9.34	
4	4.91	5.03	24.70	198.00	8.02	promedio
5	4.85	4.99	24.20	218.00	9.01	8.16





TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 8 de Marzo del 2006.				A 90 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 20% PUZ 2						
Fecha de la Prueba: 7 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.94	4.91	24.26	178.50	7.36	
2	4.88	4.97	24.25	246.50	10.16	
3	4.96	5.02	24.90	257.50	10.34	
4	4.9	5	24.50	214.00	8.73	promedio
5	4.85	4.99	24.20	198.00	8.18	8.96

DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0
3	1.81
14	6.68
28	8.16
90	8.96





CAL + AGREGADO + 5% PUZ + 5% Na₂CO₃

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 22 de Mayo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 5% PUZ 2+ 5% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 25 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.89	4.96	24.25	31.00	1.28	
2	4.9	5.05	24.75	35.00	1.41	
3	4.99	5	24.95	29.50	1.18	
4	4.96	5.02	24.90	30.50	1.22	promedio
5	4.89	5.03	24.60	32.00	1.30	1.28

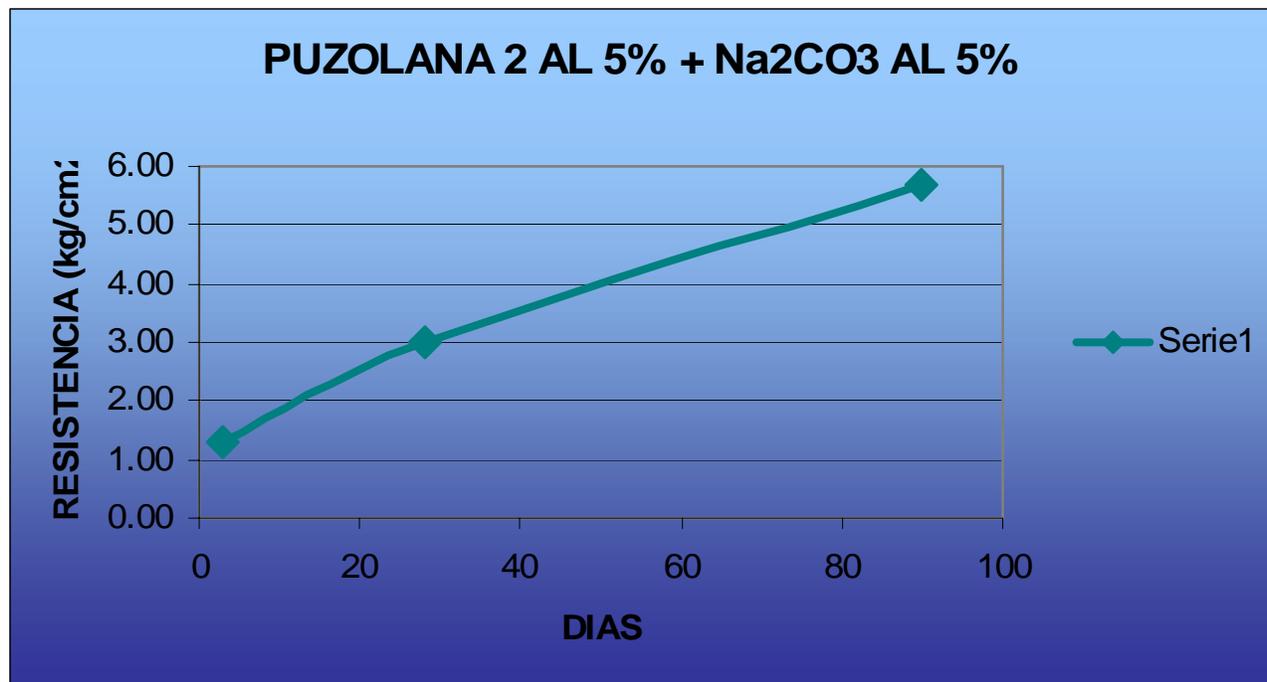
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 4 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 5% PUZ 2+ 5% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 2 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.94	4.99	24.65	73.0	2.96	
2	5	4.95	24.75	77.0	3.11	
3	5.03	4.96	24.95	76.0	3.05	
4	4.97	4.95	24.60	71.5	2.91	promedio
5	4.91	5.02	24.65	71.0	2.88	2.98

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 4 de Abril del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 5% PUZ 2+ 5% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 8 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.82	4.98	24.00	131.0	5.46	
2	4.97	5.02	24.95	143.5	5.75	
3	4.87	5.02	24.45	125.0	5.11	
4	4.89	4.96	24.25	141.5	5.83	promedio
5	4.96	4.9	24.30	154.0	6.34	5.70





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0
3	1.28
28	2.98
90	5.70





CAL + AGREGADO + 5% PUZ 2 + 10% Na₂CO₃.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 22 de Mayo del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 5% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 25 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.95	5.02	24.85	38.0	1.53	
2	4.97	5.04	25.05	32.5	1.30	
3	5.01	5	25.05	38.5	1.54	
4	4.98	4.97	24.75	37.5	1.52	promedio
5	5.03	4.92	24.75	35.5	1.43	1.46

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 22 de Mayo del 2006.					A 7 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 5% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 29 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	5	4.99	24.95	72.50	2.91	
2	5	5.03	25.15	68.00	2.70	
3	4.97	4.96	24.65	80.00	3.25	
4	5	5.01	25.05	70.00	2.79	promedio
5	4.96	5	24.80	78.00	3.15	2.96

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 22 de Mayo del 2006.					A 14 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 5% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 5 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	4.95	4.97	24.60	78.5	3.19	
2	4.95	5	24.75	83.5	3.37	
3	4.92	5	24.60	92.5	3.76	
4	4.96	5.03	24.95	88.5	3.55	promedio
5	5.02	4.98	25.00	72.0	2.88	3.35





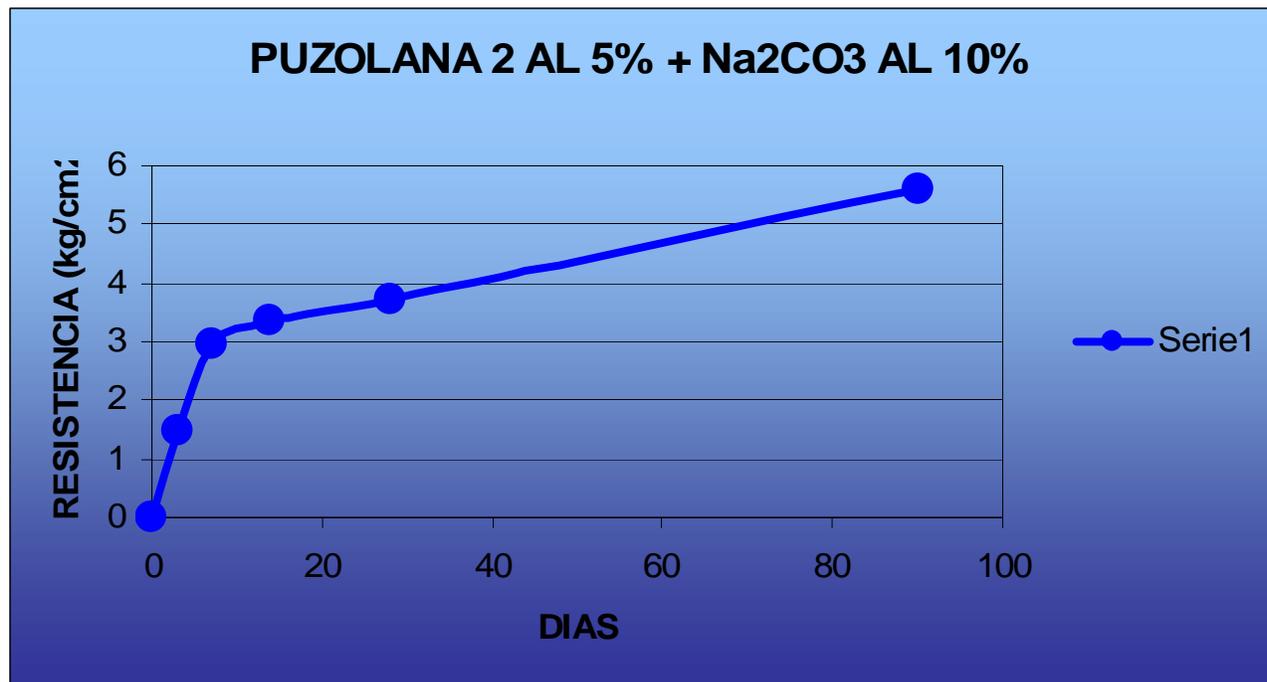
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 4 de Abril del 2006				A 28 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 5% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 2 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.97	4.99	24.80	83.5	3.37	
2	4.95	4.95	24.50	77.5	3.16	
3	4.96	4.97	24.65	115.0	4.67	
4	4.96	4.97	24.65	89.0	3.61	promedio
5	4.97	4.99	24.80	95.0	3.83	3.73

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 9 de Marzo del 2006.				A 90 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 5% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 8 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.97	4.9	24.35	127.00	5.21	
2	4.95	4.92	24.35	138.00	5.67	
3	4.92	5	24.60	142.50	5.79	
4	4.88	4.9	23.91	125.00	5.23	promedio
5	4.92	4.93	24.26	146.50	6.04	5.59





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0
3	1.46
7	2.96
14	3.35
28	3.73
90	5.59





CAL + AGREGADO + 5% PUZ 2 + 20% Na₂CO₃.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 12 de Septiembre del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 5% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 15 de Septiembre del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.95	5.02	24.85	41.00	1.65	
2	4.99	4.99	24.90	44.00	1.77	
3	4.98	5.07	25.25	45.00	1.78	
4	4.95	5.07	25.10	40.00	1.59	promedio
5	5	5.02	25.10	51.50	2.05	1.77

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 6 de Julio del 2006.					A 7 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 5% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 13 de Julio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5.03	5.08	25.55	77.00	3.01	
2	5.07	5.02	25.45	71.00	2.79	
3	5.01	5.1	25.55	74.00	2.90	
4	5.08	5.1	25.91	75.00	2.89	promedio
5	5	5.1	25.50	77.50	3.04	2.93

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 4 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 5% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 2 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5	4.93	24.65	151.0	6.13	
2	4.99	4.94	24.65	125.0	5.07	
3	5	4.97	24.85	180.0	7.24	
4	5	4.98	24.90	176.5	7.09	promedio
5	5.01	5	25.05	125.5	5.01	6.11





TESIS MORTEROS HIBRIDOS

CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.

Fecha de Elaboración: 9 de Marzo del 2006.

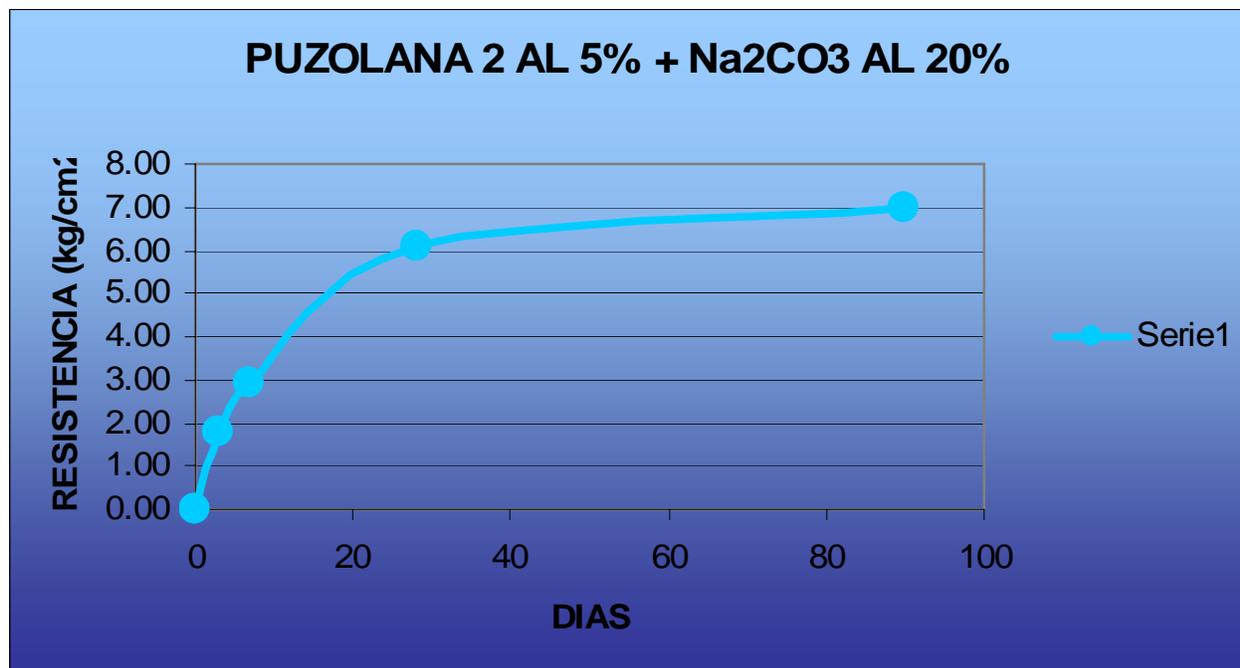
A 90 DIAS

CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 5% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃

Fecha de la Prueba: 8 de Junio del 2006.

Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	5.05	4.94	24.95	179.00	7.18
2	4.94	4.92	24.30	155.00	6.38
3	4.99	4.95	24.70	159.50	6.46
4	5.08	4.93	25.04	188.00	7.51
5	5	4.94	24.70	181.50	7.35
					promedio
					6.97

DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0.00
3	1.77
7	2.93
28	6.11
90	6.97





CAL + AGREGADO + 10% PUZ 2 + 5% Na₂CO₃

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 12 de Septiembre del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 10% PUZ 2+ 5% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 15 de Septiembre del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.91	4.98	24.45	56.5	2.31	
2	4.99	5.05	25.20	53.5	2.12	
3	4.93	5.03	24.80	67.5	2.72	
4	4.93	4.92	24.26	65.0	2.68	promedio
5	5	4.97	24.85	67.5	2.72	2.51

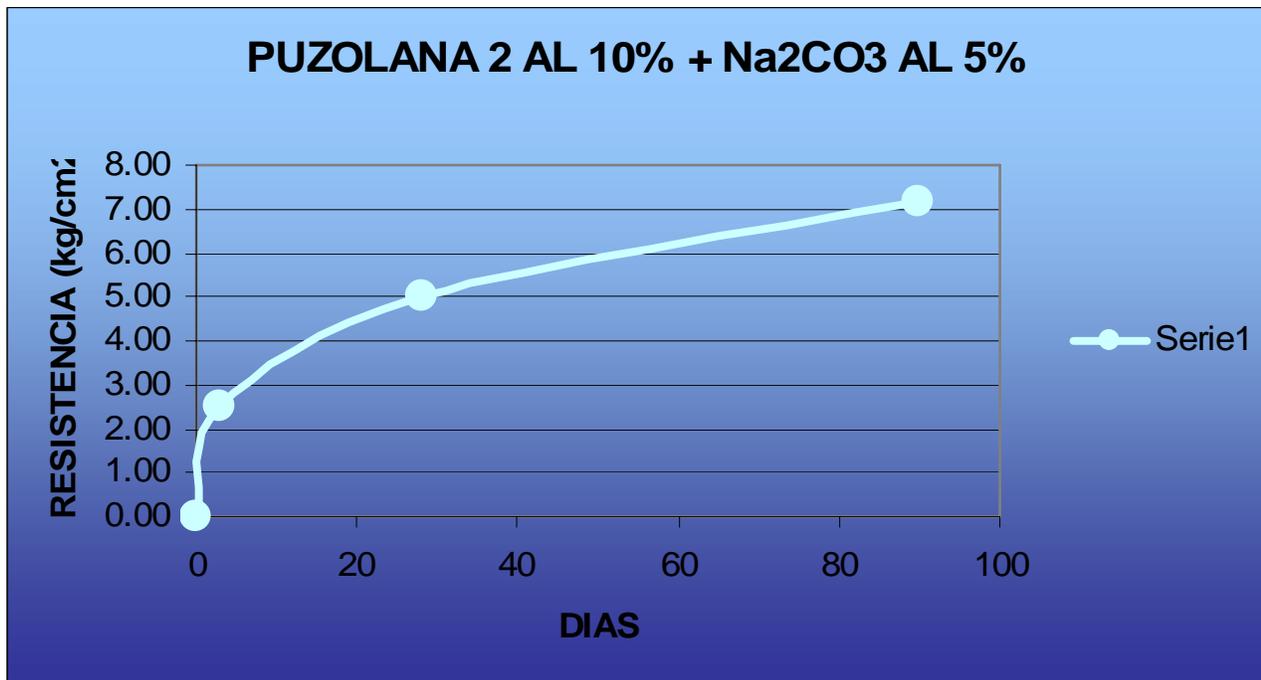
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 4 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 10% PUZ 2+ 5% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 2 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.91	5	24.55	142.5	5.80	
2	4.98	4.89	24.35	111.5	4.58	
3	4.97	4.96	24.65	125.0	5.07	
4	4.97	5.02	24.95	131.0	5.25	promedio
5	4.94	4.9	24.21	106.0	4.38	5.02

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 13 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 10% PUZ 2+ 5% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 12 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5	4.9	24.50	158.5	6.47	
2	4.97	4.94	24.55	184.5	7.51	
3	4.92	4.94	24.30	165.0	6.79	
4	4.9	4.93	24.16	166.0	6.87	promedio
5	4.86	4.97	24.15	197.0	8.16	7.16





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0.00
3	2.51
28	5.02
90	7.16





CAL + AGREGADO + 10% PUZ 2 + 10% Na₂CO₃.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 12 de Septiembre del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 10% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 15 de Septiembre del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.98	5.08	25.30	89.0	3.52	
2	4.96	4.98	24.70	73.5	2.98	
3	5.02	5.04	25.30	70.0	2.77	
4	5.01	5.01	25.10	80.0	3.19	promedio
5	5.03	5.02	25.25	78.5	3.11	3.11

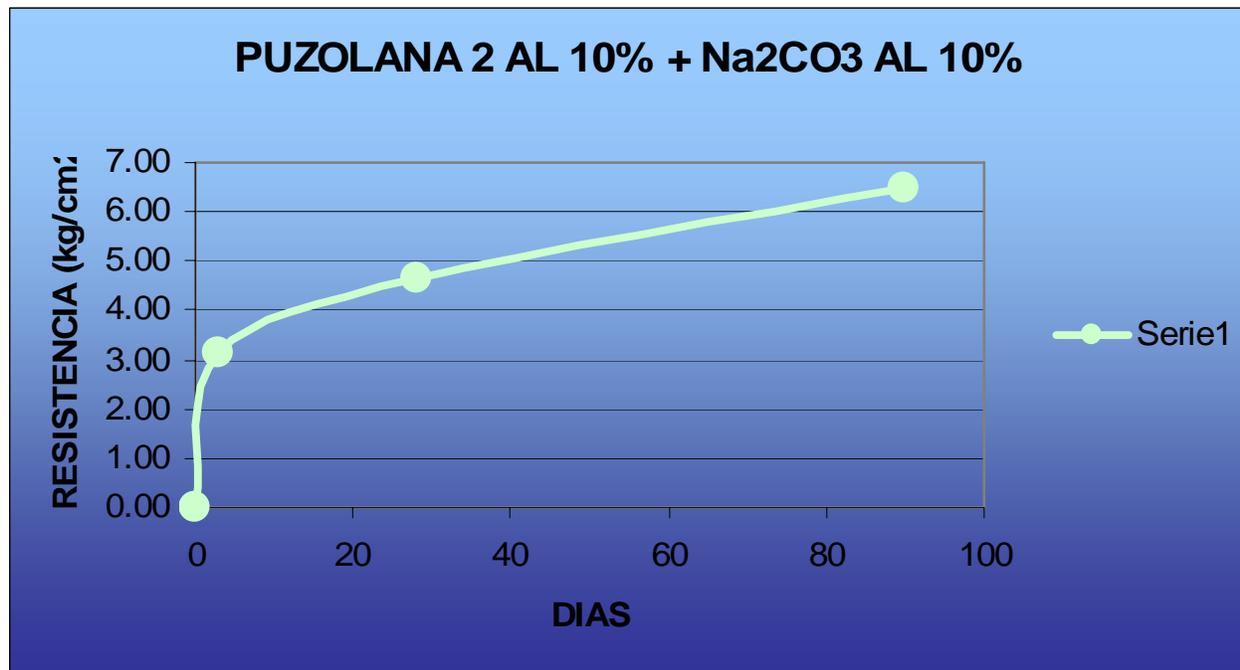
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 4 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 10% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 2 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.96	5	24.80	125.0	5.04	
2	5.01	4.99	25.00	118.5	4.74	
3	4.97	4.98	24.75	106.0	4.28	
4	4.99	4.96	24.75	117.0	4.73	promedio
5	4.94	5	24.70	112.0	4.53	4.66

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 13 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 10% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 12 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.97	4.99	24.80	171.0	6.90	
2	5.02	5.02	25.20	160.0	6.35	
3	5.03	4.94	24.85	175.5	7.06	
4	4.98	4.96	24.70	137.0	5.55	promedio
5	4.96	4.94	24.50	162.0	6.61	6.49





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0.00
3	3.11
28	4.66
90	6.49





CAL + AGREGADO + 10% PUZ 2 + 20% Na₂CO₃.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 12 de Septiembre del 2006.					A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 10% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 15 de Septiembre del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5.04	4.92	24.80	74.0	2.98	
2	5.03	4.98	25.05	82.0	3.27	
3	5.05	4.99	25.20	92.0	3.65	
4	5.06	5.1	25.81	80.0	3.10	promedio
5	5.12	5.08	26.01	84.5	3.25	3.25

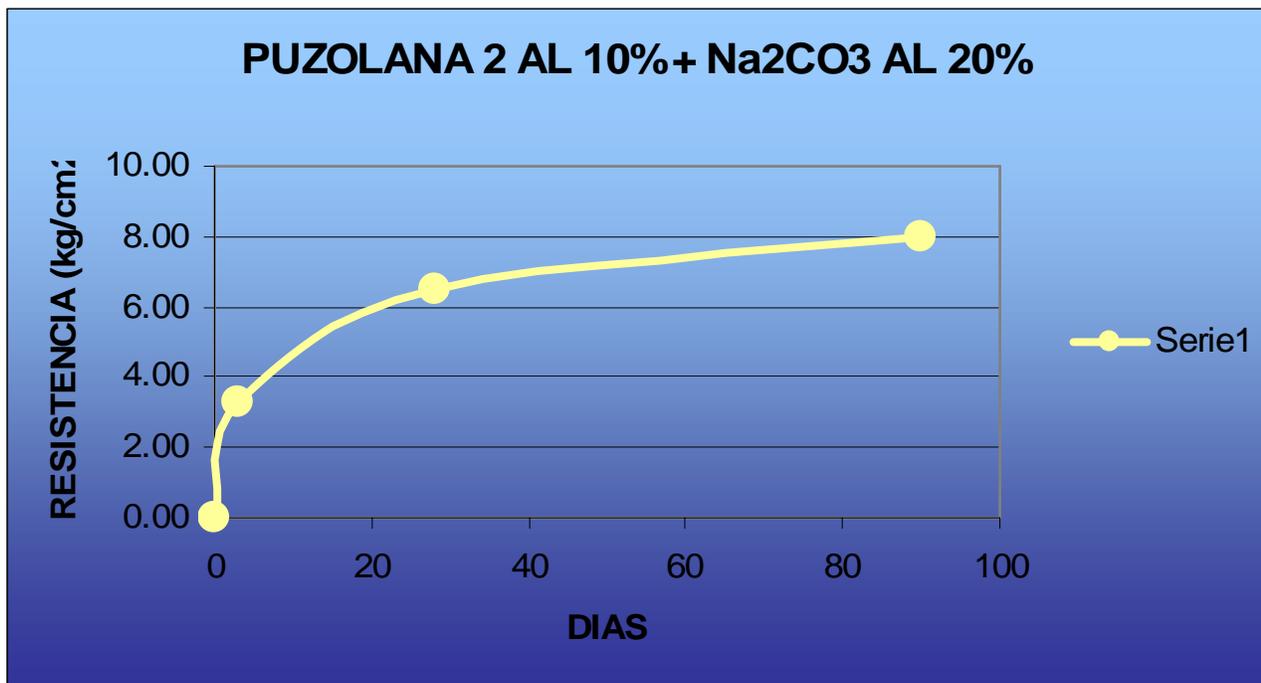
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 4 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 10% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 2 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.95	5	24.75	157.5	6.36	
2	5.08	5	25.40	182.5	7.19	
3	5	4.99	24.95	162.0	6.49	
4	5	5.05	25.25	145.5	5.76	promedio
5	4.97	5.06	25.15	164.0	6.52	6.47

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 13 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 10% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 12 Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5.05	4.96	25.05	212.0	8.46	
2	5.09	4.98	25.35	200.0	7.89	
3	5.09	5.09	25.91	219.0	8.45	
4	5.03	4.97	25.00	205.5	8.22	promedio
5	5	5.04	25.20	170.0	6.75	7.95





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0.00
3	3.25
28	6.47
90	7.95





CAL + AGREGADO + 20% PUZ 2 + 5% Na₂CO₃.

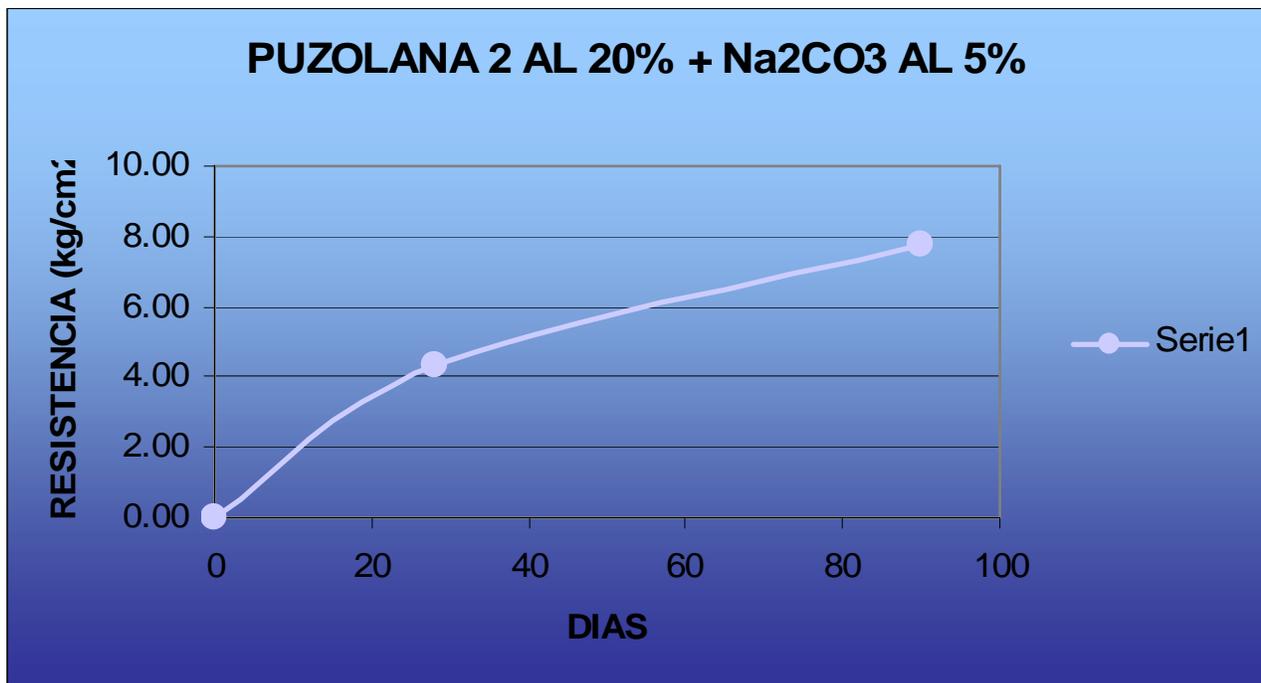
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 5 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 20% PUZ 2+ 5% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 3 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.97	5.01	24.90	105.0	4.22	
2	4.97	4.94	24.55	97.5	3.97	
3	5	4.99	24.95	90.0	3.61	
4	5.04	5.01	25.25	123.0	4.87	promedio
5	4.9	4.95	24.26	117.0	4.82	4.30

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 14 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 160 % AGUA + 20% PUZ 2+ 5% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 13 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.9	4.99	24.45	187.5	7.67	
2	4.89	4.95	24.21	264.0	10.91	
3	4.91	4.95	24.30	201.0	8.27	
4	4.88	4.96	24.20	125.0	5.16	promedio
5	4.88	4.96	24.20	160.0	6.61	7.72





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0.00
28	4.30
90	7.72





CAL + AGREGADO + 20% PUZ 2 + 10% Na₂CO₃.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS					
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.					
Fecha de Elaboración:				A 3 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 20% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃					
Fecha de la Prueba :					
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1			0.00		
2			0.00		
3			0.00		
4			0.00		promedio
5			0.00		0.00

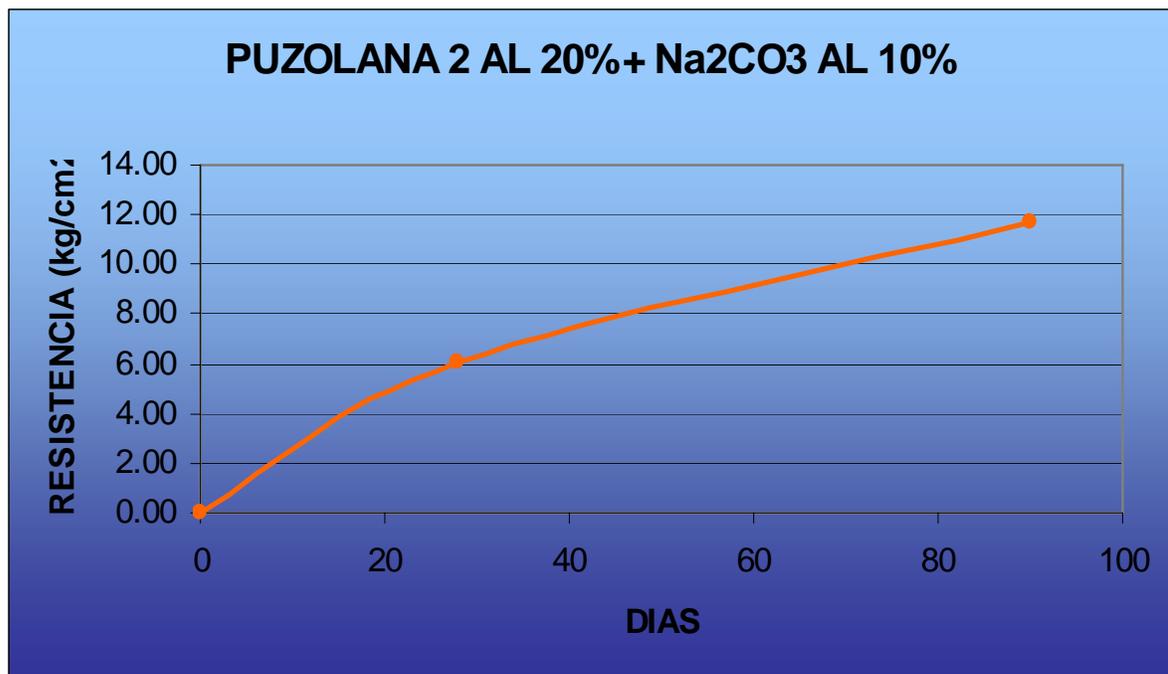
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 5 de Abril del 2006.				A 28 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 20% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 3 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	5.05	5.01	25.30	168.0	6.64	
2	5	5	25.00	161.5	6.46	
3	4.99	5	24.95	112.5	4.51	
4	5.05	5.02	25.35	145.0	5.72	promedio
5	5.05	4.96	25.05	170.0	6.79	6.02

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 14 de Marzo del 2006.				A 90 DIAS		
CAL+ AGREGADO + 165 % AGUA + 20% PUZ 2+ 10% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 13 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	
1	4.95	4.98	24.65	295.5	11.99	
2	4.95	4.99	24.70	228.0	9.23	
3	4.96	4.99	24.75	205.0	8.28	
4	4.94	4.96	24.50	510.0	20.81	promedio
5	4.97	5.03	25.00	200.0	8.00	11.66





DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0.00
3	0.00
28	6.02
90	11.66





CAL + AGREGADO + 20% PUZ 2 + 20% Na₂CO₃.

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración:					A 7 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 20% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba :						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Area (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	5.1	5.07	25.86	0.0	0.00	
2	4.98	5.11	25.45	242.5	9.53	
3	5.04	5.11	25.75	247.5	9.61	
4	5.05	5.03	25.40	255.0	10.04	promedio
5	5.01	5.09	25.50	201.0	7.88	9.27

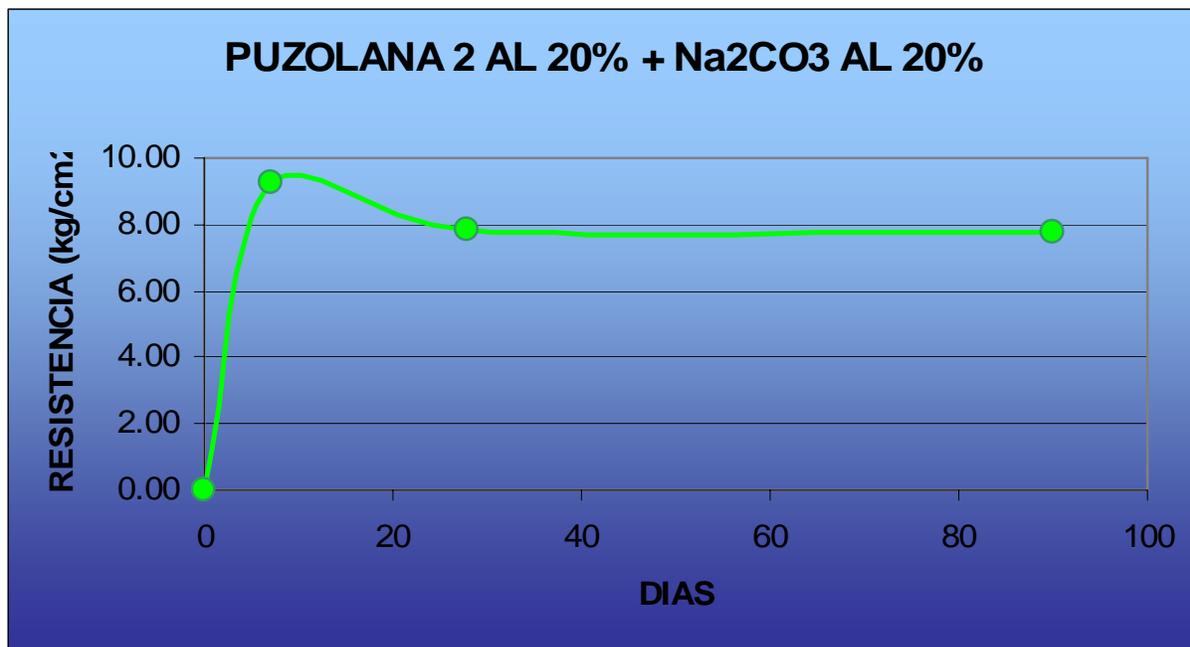
TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 5 de Abril del 2006.					A 28 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 20% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 3 de Mayo del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	5.09	4.96	25.25	239.5	9.49	
2	5.05	4.98	25.15	172.0	6.84	
3	5.04	5	25.20	197.0	7.82	
4	5.06	5	25.30	207.0	8.18	promedio
5	5.1	5	25.50	176.5	6.92	7.85

TESIS MORTEROS HIBRIDOS						
CALCULO DEL ESFUERZO A COMPRESION EN MORTEROS.						
Fecha de Elaboración: 23 de Marzo del 2006.					A 90 DIAS	
CAL+ AGREGADO + 170 % AGUA + 20% PUZ 2+ 20% Na₂CO₃						
Fecha de la Prueba: 22 de Junio del 2006.						
Muestra	a (cm)	b (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	
1	5.06	5.03	25.45	202.0	7.94	
2	5	5.05	25.25	206.0	8.16	
3	5	5.02	25.10	196.0	7.81	
4	5	5.05	25.25	203.5	8.06	promedio
5	5	5.03	25.15	168.5	6.70	7.73





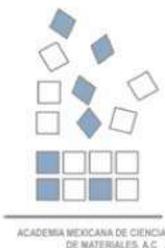
DIAS	ESFUERZO
	kg/cm ²
0	0.00
7	9.27
28	7.85
90	7.73





ANEXO 5. PONENCIA ORAL INTERNACIONAL PRESENTADA EN EL XV INTERNATIONAL MATERIALS RESEARCH CONGRESS; V NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS: NACE INTERNATIONAL SETION MEXICO CONGRESS; SYMPOSIUM 13, Novel Building Materials and Technologies, Cancun, Quintana Roo, México 20- 24, August, 2006.





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 SANS ORES CUEVAS
SECRETARIO

DR. DEMETRIO MENDOZA ANAYA
TESORERO

DR. LUIS FUENTES COBAS
VOCAL REGIÓN NORTE

DR. TEZOZOMOC PÉREZ
VOCAL REGIÓN SUR

DR. NAVIER MATHIEW
VOCAL REGIÓN CENTRO

DR. ALFONSO LASTRAS MARTÍNEZ
VOCAL REGIÓN ORIENTE

DRA. OLIVIA GRÆVE
VOCAL ESTADOS UNIDOS

Dear Prof.

**M. Quintero-Márquez¹, 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 “**ALKALI-ACTIVATED LIME USING Na_2CO_3 AND Si_2O_5 , Al_2O_2** ” 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

Calle 29 Oriente # 601- 1 Col. Ladrillera de Benítez C. P. 72540 Puebla, Pue.
TEL /Fax: (222) 2114393 / 94
e-mail: imrc@mail.buap.mx



CONACYT

Symposium 13
Novel Building Materials and Technologies

Symposium 13

Novel Building Materials and Technologies

Chairmen: Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza and Dr. Jaime Horta Rangel

Cochairpersons: Dr. Víctor Manuel Castaño Meneses, Dr. Luz Pérez Rea
and Dr. Teresa López Lara

Wednesday, August 23

Room Ibiza

Morning Session 8:30-14:00

- 8:30-9:30 **Plenary 7**
- 9:30-9:50 **S13-1. Síntesis de Óxidos Precursores de Materiales Intermetálicos, Mediante Método Sol-Gel**
Lorenzo Tepech-Carrillo^a, Jesús Vicente Pacheco-Espejel^a, N. Rutilo Silva-González^a
^aInstituto de Física "Luis Rivera Terrazas", Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. ltepech@siro.ifuap.buap.mx
- 9:50-10:10 **S13-2. Existence of Short Range Order in Organo-Silicic Colloids: Experimental Evidences from Re-Crystallization of Zeolites**
Norma Angélica Sánchez, Graciela Pacheco, José Saniger and José Fripiat
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM. Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria. México D.F. 04510. A.P. 70-186
- 10:10-10:30 **S13-3. Polymeric Inorganic Materials Synthesized with Metakaolin: Strength and Chemical Resistance as a Function of the Chemical Composition**
O. Burciaga Díaz, J.I. Escalante García
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Saltillo Grupo de Ingeniería Cerámica, Carretera Saltillo-Monterrey km 13, Saltillo, Coahuila. ivan.escalante@cinvestav.edu.mx
- 10:30-10:50 **S13-4. Effect of The Chemical Composition and Temperature on the Compressive Strength of Geopolymeric Mortars Based on A SiO₂ Rich Metakaolin**
R. Arellano-Aguilar, J.I. Escalante-García, A. Gorokhovskiy
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Carretera Saltillo-Monterrey Km. 13. ivan.escalante@cinvestav.edu.mx
- 11:00-11:30 **Coffee Break**
- 11:30-11:50 **S13-5. Turbulence of Jet Flows in a Thin Slab Mold and its Influence on Free Surface**
E. Torres-Alonso¹⁾ and R.D. Morales¹⁾
¹⁾Department of Metallurgy and Materials Engineering, National Polytechnic Institute-ESIQIE, Apdo. Postal 75-874, México, D.F., torresae2000@yahoo.com.mx





CONACYT

Symposium 13
Novel Building Materials and Technologies

- 11:50-12:10 **S13-6. Durability and Cracking of Engineered Cementitious composites Reinforced with GFRP Rods**
J. L. Reyes Araiza¹, J. C. Rubio², A. Manzano Ramirez³, R. Ramirez Jiménez¹, J. Noriega Montes¹, Alejandro Lozano Guzman¹
¹DEPFI, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro; Querétaro, C. P. 76010, México, lreyes@uaq.mx, ruraji@uaq.mx, joaquin@uaq.mx
²Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, C. P. 58000, México. jcrubio@yahoo.com
³CINVESTAV-Gro., Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Querétaro; Querétaro, C. P. 76230, México, manzano@uaq.mx
⁴Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ), Querétaro, C.P. 76000, México, alcctq@concyteq.org.mx
- 12:10-12:30 **S13-7. Influence of the Selection and Process Parameters in Polymer Concrete with Terephthalic Polyester Resin Matrix Design by the Free Spaces Method**
¹Jose Herminul Mina, ²Paola Andrea Collazos, ³Mayra Eliana Valencia, ⁴Edgar Franco Medina
^{1, 2, 3, 4} Escuela de Ingeniería de Materiales – Facultad de Ingeniería - Universidad del Valle – Calle 13 No 100-00 Ciudad Universitaria Meléndez – Edificio 349 Segundo piso – Teléfono 05723392450
jhermin@univalle.edu.co, paolaco@univalle.edu.co, maelvaza@univalle.edu.co, edframe@univalle.edu.co
- 12:30-12:50 **S13-8. New Photo Luminescent Inorganic Binder and Ceramic Material obtained at Room Temperature for Building Materials Applications**
J.C. Rubio-Ávalos¹, E.M. Alonso-Guzmán¹, W. Martínez-Molina¹, M. Ávalos-Borja², A. Manzano-Ramírez³, E. Flores², F. Velasco-Ávalos¹, H. L. Chávez- García¹
¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, C.P. 58000, México.
²Centro de Ciencias de la Materia Condensada, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, B.C. C.P. 2681, México.
³Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Querétaro, Querétaro, Querétaro, C.P. 76230, México.
- 12:50-13:10 **S13-9. Potassium Silicate Coatings For Stone Conservation: A Microstructural Approach**
J.F. Gómez-Lara¹, J.C. Rubio-Ávalos¹, E.M. Alonso-Guzmán¹, W. Martínez-Molina¹, M. Ávalos-Borja², A. Manzano-Ramírez³, F. Velasco-Ávalos¹, H. L. Chávez- García¹
¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, C.P. 58000, México.
²Centro de Ciencias de la Materia Condensada, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, B.C. C.P. 2681, México.
³Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Querétaro, Querétaro, Querétaro, C.P. 76230, México.





ANACE

Symposium 13
Novel Building Materials and Technologies

- 13:10-13:30 S13-10. Alkali-Activated Lime using Na₂CO₃ and Si₂O₅, Al₂O₃**
M. Quintero-Márquez¹, J.C. Rubio-Ávalos¹, E.M. Alonso-Guzmán¹, W. Martínez-Molina¹, M. Ávalos-Borja², A. Manzano-Ramírez³, F. Velasco-Ávalos¹, H. L. Chávez- García¹
¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, C.P. 58000, México.
²Centro de Ciencias de la Materia Condensada, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, B.C. C.P. 2681, México.
³Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Querétaro, Querétaro, Querétaro, C.P. 76230, México.
- 13:30-13:50 S13-11. Parameters of Growth of Thin Films of CdTe:Eu by Close Spaced Vapor Transport Combined with Free Evaporation**
M. González-Alcudia¹, M. Zapata-Torres¹, M. Meléndez-Lira², J.L. Peña³
¹CICATA-IPN Unidad Altamira, Km 14.5 Carr. Tampico-Puerto Industrial 89600, Altamira, Tamps. México.
²Department of Physics, CINVESTAV-IPN Unidad México. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. México.
³Applied Physics Department, CINVESTAV-IPN Unidad Mérida. Ap. 73 Cordemex. 97310 Mérida, Yuc., México.
- 14:00-16:00 Lunch**

Afternoon Session 16:00-20:30

- 16:00-18:30 Round Tables**
- 18:30-19:00 Coffee Break**
- 18:30-20:30 Poster Session**
- 21:30 Dinner**

Thursday, August 24
Room Ibiza

Morning Session 9:00-14:00

- 9:00-9:20 S13-12. La Adecuada Selección de los Materiales Constructivos de un Local como Medio de Ahorro de Energía**
Sara Castilla Rosell, Ángel Adolfo Valerio Veíasquez
Instituto Tecnológico de Querétaro, calle Tecnológico entre Mariano Escobedo y Universidad sn, Querétaro, Qro.
scastillarosell1@yahoo.com.mx, angvalitq@hotmail.com
- 9:20-9:40 S13-13. Characterization of Pozzolanic Material from Rice Husks**
E. Rubio-Rosas¹, V. Rodríguez-Lugo¹ and V. M. Castaño²





ANACHE

Symposium 13
Novel Building Materials and Technologies

- ¹Centro Universitario de Vinculación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio y Prol. 24 Sur, S/N. Ciudad Universitaria. Col. San Manuel. C. P. 72570
- ²Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, UNAM. , A.P. 1-1010, Querétaro, 76000, México.
- 9:40-10:00 **S13-14. Novel Sandcrete Blocks Modified with Poly(Styrene) for the Building Industry**
F. E. Arellano-Alcantara^{1,2}, F. Delgado-Salazar^{1,2}, R. López-Ballón³, T. Castrejón-Rosales^{2,3}, E. García-Hernández^{2,3}, B. Garza-Montolla^{2,3}, R. Salgado-Delgado^{2,3}, G. Martínez-Barrera⁴, A. Álvarez-Castillo^{2,3}
¹Departamento de Ciencias de la Tierra
²División de Estudios de Postgrado e Investigación
³Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico 27 Zacatepec, Morelos, México, Apartado Postal 45, C. P. 62780 nuabli@yahoo.com.mx
⁴Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Materiales Avanzados (LIDMA), Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México, Km. 12 de la carretera Toluca-Atlacomulco, San Cayetano, Toluca, Estado de México, México, C.P. 50200
- 10:00-10:20 **S13-15. Hydrogen Reduction of Milled MoO₃ Nanopowders**
J. Guerrero-Paz, F. E. Tapia-Pineda, A. Trejo-Osorio
Centro de Investigaciones en Materiales y M., Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México, 42184
- 10:20-10:40 **S13-16. Vida útil y espesor recomendable de Suelos Arcillosos mejorados con Cal**
T. López-Lara, J. Horta Rangel, J. B. Hernández-Zaragoza y C. López-Cajún
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N, Col. Niños Héroes, Querétaro, Qro; México; Tel (442) 1921200 ext 6022
loite@uaq.mx, horta@uaq.mx, bosco@uaq.mx y cajun@uaq.mx.
- 10:40-11:00 **S13-17. Piezoresistivity in Carbon Fiber Reinforced Iosipescu Specimens with Cement Matrix Subjected to Shear Loadings**
Carlos E. Vinajera Reyna(1), Francis Avilés(2), Pedro Herrera Franco(2).
(1) Facultad de Ingeniería, Av. de Industrias No Contaminantes, Cordemex, Mérida, Yucatán, México. vreyna@uady.mx.
(2) Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 # 130, Col. Chuburná, Mérida, Yucatán, México. pherrera@cicy.mx
- 11:00-11:30 **Coffee Break**
- 11:30-11:50 **S13-18. Influence of the Humidity Variation on the Lime Composite Strength**
T. López-Lara, J. Horta-Rangel, M.L. Pérez-Rea
Graduate Studies Division, School of Engineering
Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N, Col. Niños Héroes, CP 76010, Querétaro, Qro; MEXICO, +52+442+1921200-6022,
loite@uaq.mx, horta@uaq.mx y perea@uaq.mx.





ONAGE

Symposium 13
Novel Building Materials and Technologies

- 11:50-12:10 **S13-19. Low Cost Housing Unit for Sustainable Construction**
César A. Juárez Alvarado*, Pedro L. Valdez Tamez*, Jorge L. Acevedo Dávila**, Horacio Villareal Márquez**, Bianca C. Guevara Moreno*
*Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, México
** Corporación Mexicana de Investigación en Materiales
cjuarez@fic.uanl.mx
- 12:10-12:30 **S13-20. Evaluación del comportamiento de la ceniza volante clase F en concretos durables**
Roberto Uribe Aff, Bernardo Martínez Sánchez, Homero Jesús Montaña Román, Rosa Elba Rodríguez Camacho, José Juan Flores Martínez
Centro de Tecnología Cemento y Concreto, CEMEX México
roberto.uribe@cemex.com, bernardo.martinezs@cemex.com,
homerojesus.montano@cemex.com, rosaelba.rodriguez@cemex.com,
josejuan.flores@cemex.com,
- 12:30-12:50 **S13-21. Computer Random Simulation of a Fiber-Reinforced Composite**
J. Horta-Rangel, J. B. Hernández-Zaragoza; T. López Lara; L. Pérez Rea
Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas. 76010 Z.P. Querétaro, Qro. México.
horta@uaq.mx, bosco@uaq.mx, perea@uaq.mx, lolte@uaq.mx
- 12:50-13:10 **S13-22. Análisis de la Contracción Autógena en Morteros**
Jorge Gauthereau-López¹, Rodolfo Covarrubias-Martínez¹, Gilberto Ramos-Torres¹, Juan Bosco Hernández Zaragoza^{1,2}
¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Civil y Minas
²Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería Civil
- 14:00-16:00 **Lunch**

