PRESENTACION DE LA TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Titulo de Ingeniero Civil.

TEMA:

Efectos de la Adición de Zeolita en las Propiedades Mecánicas de un Hormigón Convencional de Cemento Pórtland Tipo I

PROPUESTO POR:

CARLOS SALTOS ARTEAGA

FEBRERO 24 DEL 2005

Objetivos

✓El objetivo de esta tesis es precisamente desarrollar y optimizar la aplicación de las zeolitas naturales como un componente básico de las mezclas de hormigones.

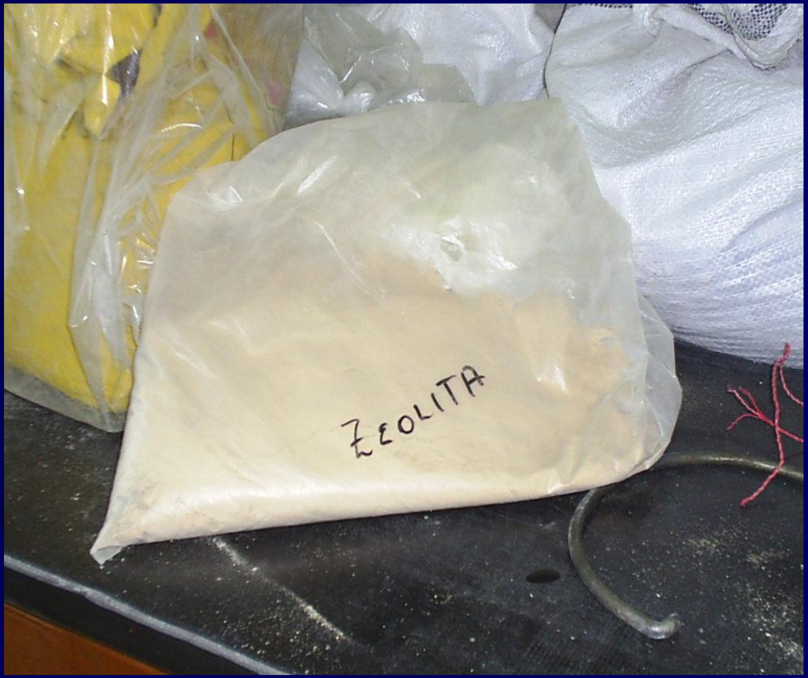
✓Utilizar un material inorgánico como lo es la zeolita, e incorporarla al hormigón permitirá evaluar los beneficios que importe a este material y se podrá probar su potencial uso en la elaboración de cemento puzolanico.

✓En la actualidad gracias a la moderna tecnología del hormigón se ha podido estudiar mas a fondo las aplicaciones de las zeolitas naturales como una aplicación mineral.
✓Estas adiciones incorporadas al cemento se las realiza con el fin de mejorar sus propiedades, obteniendo un producto resistente, durable y económico.

✓El objetivo, entonces no es solo mostrar un nuevo mineral para producir este material de la construcción y las ventajas que ofrece tanto técnicamente como económicamente, sino mostrar un recurso nuevo que no ha sido explotado, y se encuentra a la espera de ser reconocido.

El material zeolita utilizado se lo extrajo del peñón de la ESPOL que se encuentra ubicado en el Campus Politécnico de las Prosperina.

"Zeolita Procesada lista para combinar con el cemento"



HORMIGÓN DE CEMENTO PÓRTLAND
Definición.

El hormigón es un material durable y resistente pero dado a que se trabaja en su forma fluida prácticamente puede adquirir cualquier forma.

Esta combinación de características es la razón principal por la que es un material de construcción tan popular para exteriores.

El concreto de uso común o convencional se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales cemento, agua y agregado, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

La mezcla de estos componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es hormigón de cemento Pórtland endurecido.

La representación común del hormigón convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de rocas globalmente definidas como agregados dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados , característica que tiene que permanecer en el hormigón ya endurecido.

Materiales Utilizados en el Modelo Patrón.

Los materiales utilizados en nuestro modelo Patrón (0% de zeolita) son básicamente: Cemento Tipo I, Agregados Gruesos, Agregados Finos y Agua. La dosificación utilizada se la calculó en el Centro Técnico del Hormigón para 1 m^3 de hormigón y esta detallada en la siguiente tabla.

MATERIALES	CANTIDAD
Piedra N 8	657 Kg. /m^3
Arena de Río	971 Kg. /m^3
Cemento Tipo I	400 Kg. /m^3
Agua	268 Kg. /m^3

Adición (Zeolita).

El material que se utilizo como puzolana en este caso la zeolita, que es una puzolana natural, se combino con el Cemento Tipo I en diferentes porcentajes adicionados con respecto a la masa de Cemento del modelo Patrón. Estos porcentajes fueron, el 5%, 10%, 20%, y 30%. Los valores de la zeolita con el resto de los agregados para la elaboración del hormigón son para un volumen de 41 litros de hormigón y los detallamos en las siguientes Tablas .

Modelo 0% Zeolita (Patrón)	
MATERIALES	**CANTIDAD**
Piedra # 8	26.94 Kg.
Arena de Río	39.81Kg.
Cemento Tipo I	16.40 Kg.
Agua	9.39 Kg.
Zeolita	0.00 Kg.

Modelo 5% Zeolita (Patrón)	
MATERIALES	**CANTIDAD**
Piedra # 8	26.94 Kg.
Arena de Río	39.81Kg.
Cemento Tipo I	16.40 Kg.
Agua	10.90 Kg.
Zeolita	0.82 Kg.

Modelo 10% Zeolita (Patrón)	
MATERIALES	**CANTIDAD**
Piedra # 8	26.94 Kg.
Arena de Río	39.81Kg.
Cemento Tipo I	16.40 Kg.
Agua	11.00 Kg.
Zeolita	1.64 Kg.

Modelo 20% Zeolita (Patrón)	
MATERIALES	**CANTIDAD**
Piedra # 8	26.94 Kg.
Arena de Río	39.81Kg.
Cemento Tipo I	16.40 Kg.
Agua	11.00 Kg.
Zeolita	3.28 Kg.

Modelo 30% Zeolita (Patrón)	
MATERIALES	**CANTIDAD**
Piedra # 8	26.94 Kg.
Arena de Río	39.81Kg.
Cemento Tipo I	16.40 Kg.
Agua	13.00 Kg.
Zeolita	4.92 Kg.

Propiedades en el Hormigón Fresco

El hormigón presenta diferentes propiedades, antes y después del fraguado.
Propiedades que son de gran importancia para su uso y diseño. Entre las propiedades que se presentan antes del fraguado se analizaron y cuantificaron algunas de estas las cuales detallamos a continuación.

Revenimiento (ASTM – C 143M – 00)

La prueba de revenimiento puede ser muy útil como una indicadora de la consistencia y en ciertas mezclas, también la trabajabilidad. Los resultados detallamos en la siguiente tabla:

DOSIFICACION	REVENIMIENTO
0 % ZEOLITA	10 cm.
5 % ZEOLITA	10 cm.
10 % ZEOLITA	10 cm.
20 % ZEOLITA	10 cm.
30 % ZEOLITA	10 cm.

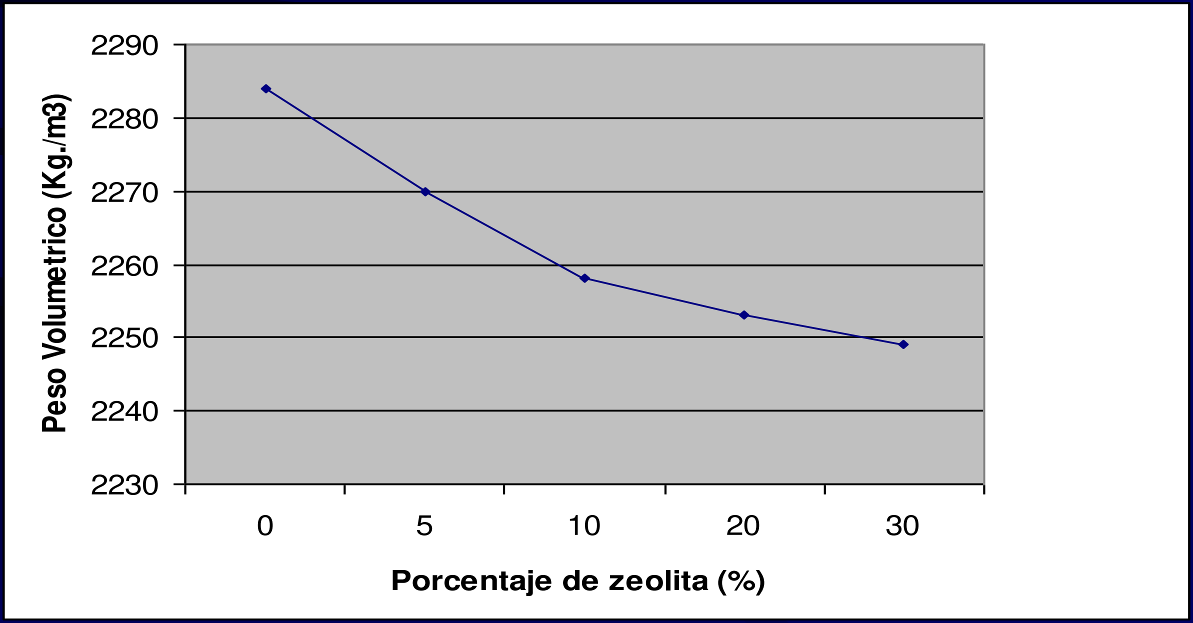
"Prueba de Revenimiento, en el Cono de Abrams"

Peso Volumétrico (ASTM – C 138M – 01a)

Este método nos ayuda a calcular la densidad del hormigón fresco, y dar a conocer las fórmulas para calcular el rendimiento del hormigón .Los resultados los detallamos en la siguiente tabla:

PESO VOLUMËTRICO	
% de zeolita	**Peso Volumétrico Kg./m³**
0% zeolita	2284
5% zeolita	2270
10% zeolita	2258
20% zeolita	2253
30% zeolita	2249

“Olla de Washington lista para realizar el calculo del Peso Volumétrico del Hormigón Fresco”



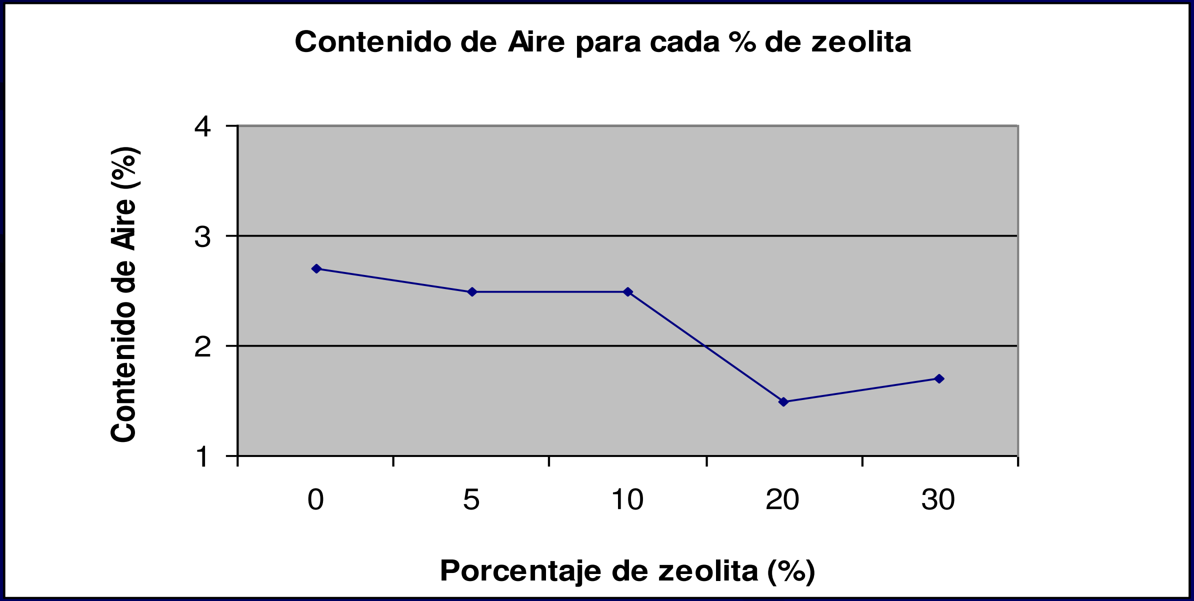
“Valores de Peso Volumétrico a diferentes porcentajes de zeolita”

Contenido de Aire. (ASTM – C 231 – 97)

En la prueba de contenido de aire del hormigón fresco se utilizó el Método de Presión aquí se determina la cantidad de aire a partir de la variación del volumen del concreto por una aplicación de una presión conocida.

CONTENIDO DE AIRE (%)	
% de zeolita	**% de Contenido de Aire**
0% zeolita	2.7
5% zeolita	2.5
10% zeolita	2.5
20% zeolita	1.5
30% zeolita	1.7

“Olla de Washington con el medidor para calcular el Contenido de Aire en el Hormigón Fresco”



“Valores de Contenido de Aire a diferentes porcentajes de zeolita”

PROPIEDADES EN EL HORMIGÓN ENDURECIDO

Después del fraguado el hormigón posee diferentes propiedades de gran importancia para su uso. Nosotros realizaremos algunas de estas pruebas para determinar algunas de estas propiedades que están detalladas a continuación.

Velocidad Ultrasónica. (ASTM –C 597–97)

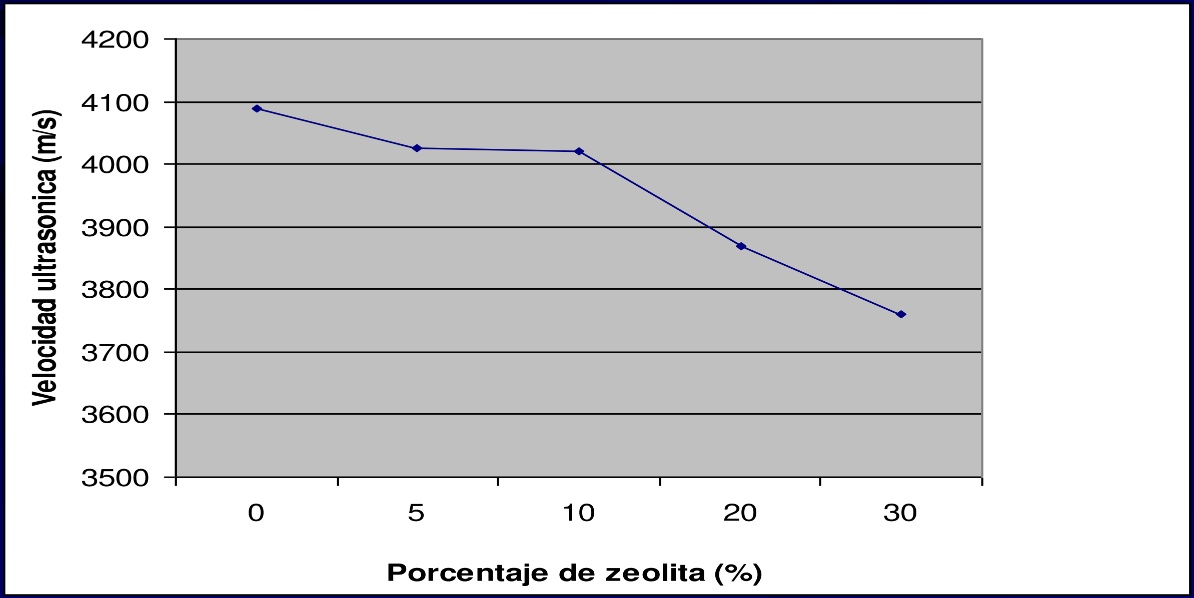
El ultrasonido es un aparato para medir el tiempo de paso de una vibración mecánica a través del concreto o de otro material.

“Aplicación del ultrasonido para el cálculo de la Velocidad de Ultrasonido de los cilindros”

Los Resultados los detallamos en las siguientes Tablas:

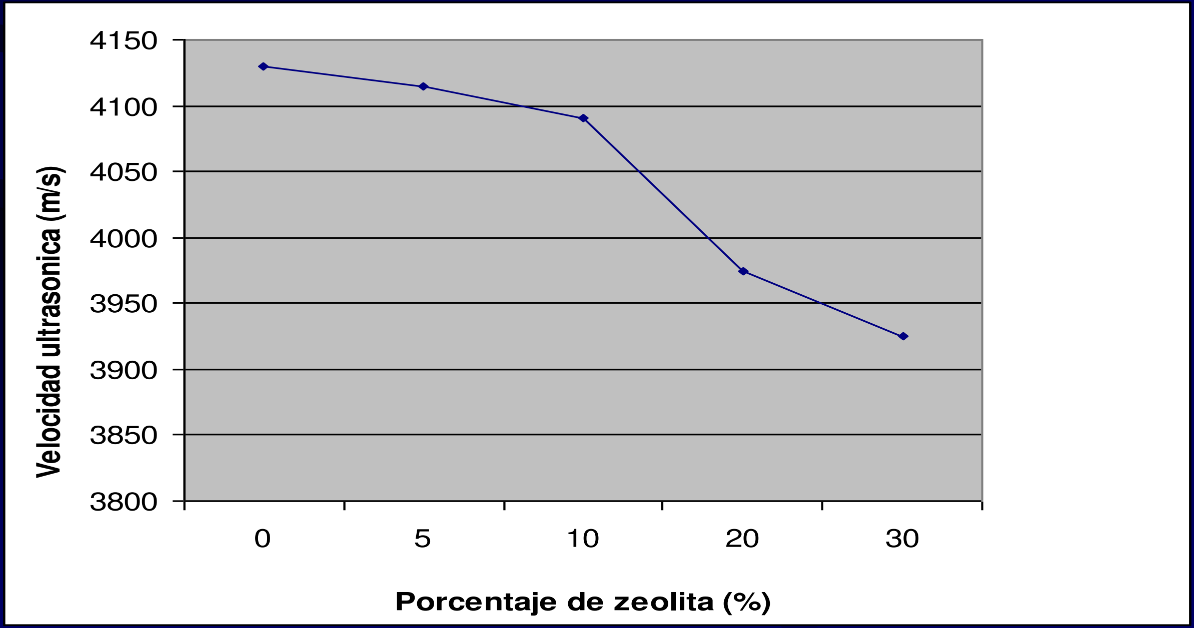
"Valores de Velocidad Ultrasónica en cada dosificación a los 7 días"

EDAD 7 DIAS	
% de zeolita	**Velocidad de Ultrasonido(m/s)**
0% zeolita	4090
5% zeolita	4025
10% zeolita	4020
20% zeolita	3870
30% zeolita	3760



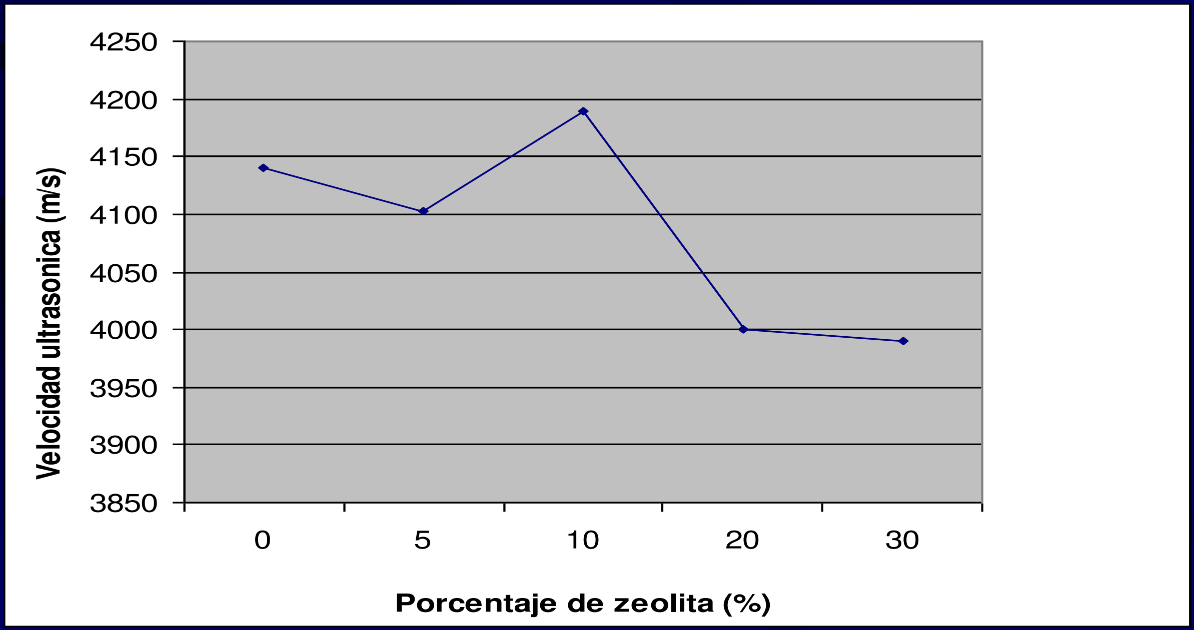
“Valores de Velocidad Ultrasónica en cada dosificación a los 14 días”

EDAD 14 DIAS	
% de zeolita	**Velocidad de Ultrasonido(m/s)**
0% zeolita	4130
5% zeolita	4115
10% zeolita	4090
20% zeolita	3975
30% zeolita	3925



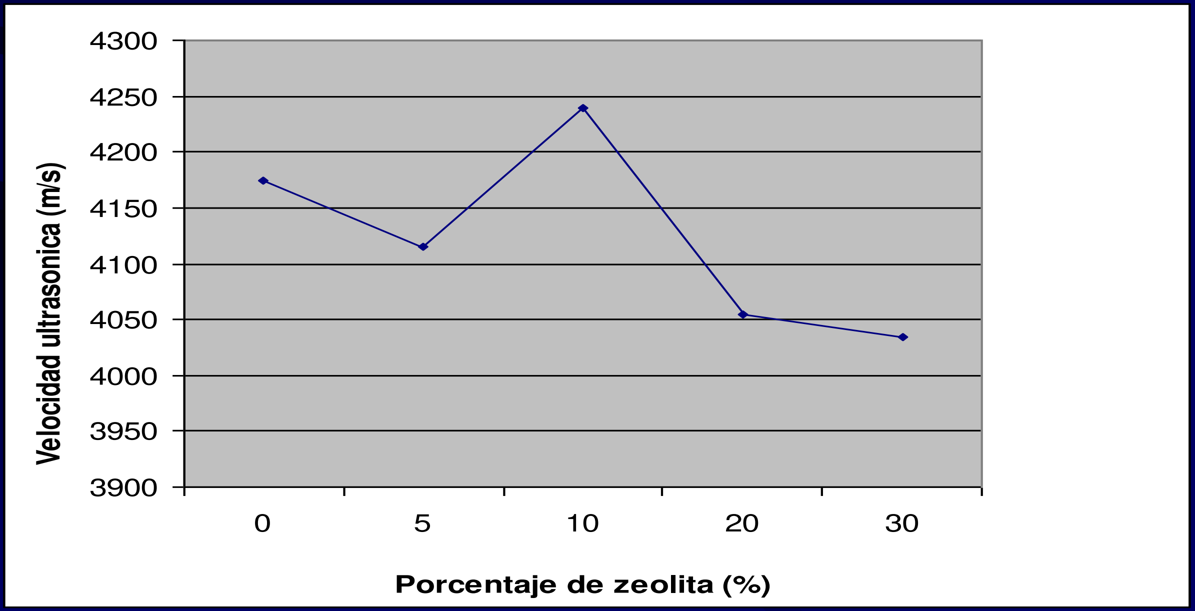
“Valores de Velocidad Ultrasónica en cada dosificación a los 28 días”

EDAD 28 DIAS	
% de zeolita	**Velocidad de Ultrasonido(m/s)**
0% zeolita	4140
5% zeolita	4103
10% zeolita	4190
20% zeolita	4000
30% zeolita	3990



“Valores de Velocidad Ultrasónica en cada dosificación a los 90 días”

EDAD 90 DIAS	
% de zeolita	**Velocidad de Ultrasonido(m/s)**
0% zeolita	4175
5% zeolita	4115
10% zeolita	4240
20% zeolita	4055
30% zeolita	4035



Resistencia

La resistencia es considerada como una de las pruebas mas importantes, debido a que todo tipo de ensayos y adiciones
que se le proporcione al hormigón es considerando que se obtendrá una mayor resistencia en éste.
En esta tesis eso es lo que queremos probar usando esta puzolana citada anteriormente

Resistencia a la Compresión Simple. (ASTM – C 39 – 01)

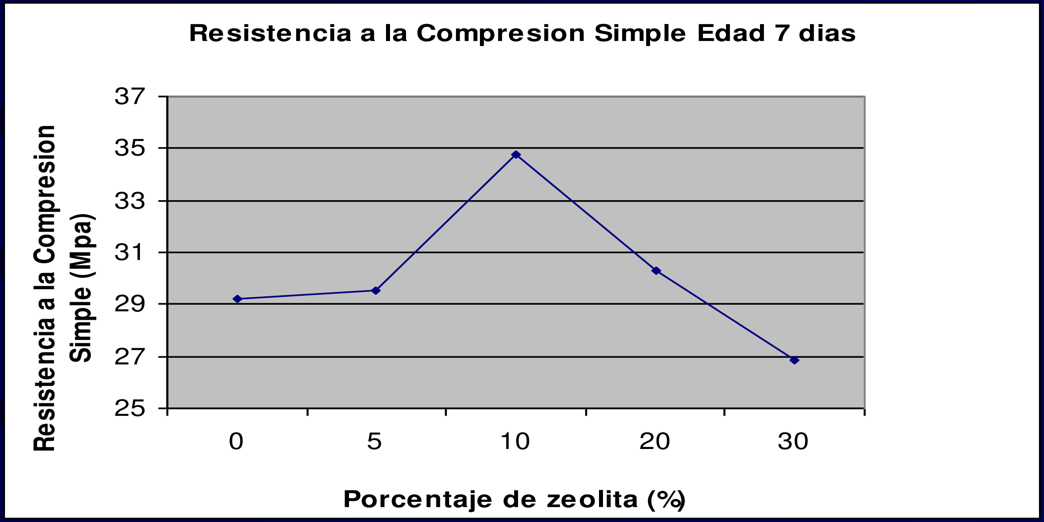
En este ensayo existen las 5 tipos de dosificaciones para las cuatro edades del hormigón. La mezcla del 0 % de zeolita que es la mezcla patrón, y las de 5, 10,20 y 30 % de zeolita.

"Rotura de Cilindros por Compresión Simple en la Prensa". Se realizó esta prueba en cada edad y dosificación de zeolita"

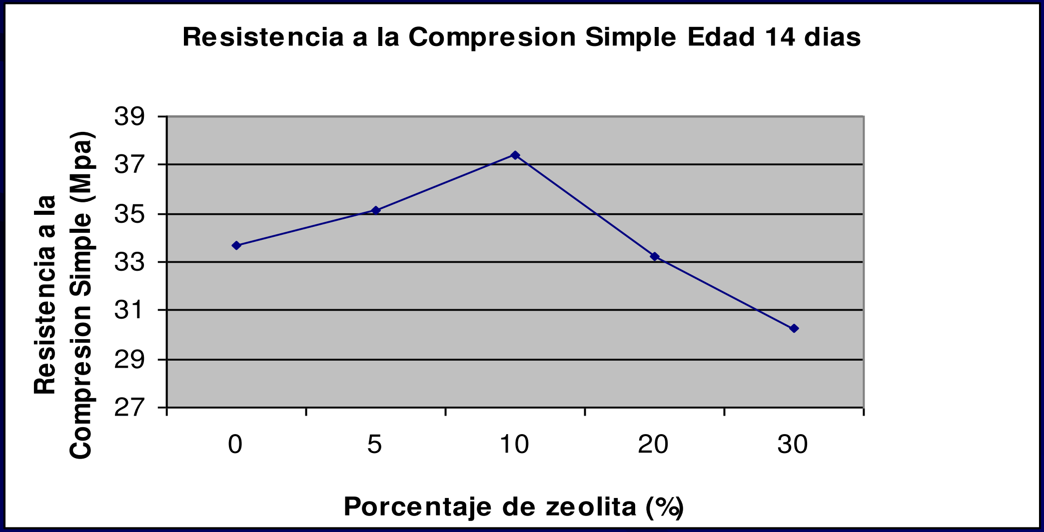
“Resultados de la Resistencia a la Compresión Simple”

Edad	**Resistencia (Mpa)**				
(Días)	0%	5%	10%	20%	30%
7	29.2	29.5	34.7	30.3	26.8
14	33.6	35.1	37.4	33.3	30.2
28	36.3	36.5	39.3	38.1	37.7
90	39.7	39.8	43.8	42.3	38.8

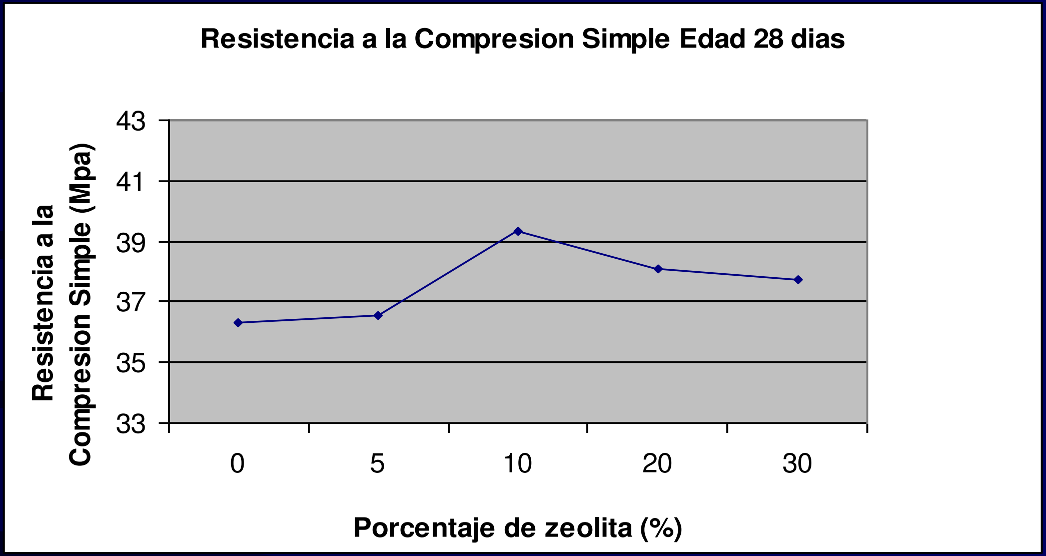
“Resistencia a la compresión Simple a los 7 días”



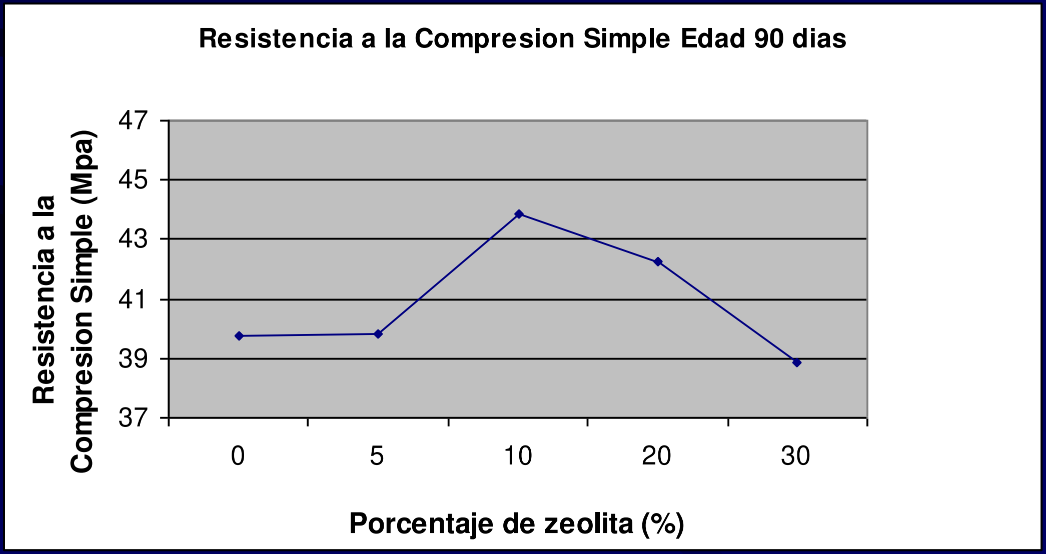
“Resistencia a la compresión Simple a los 14 días”



“Resistencia a la compresión Simple a los 28 días”



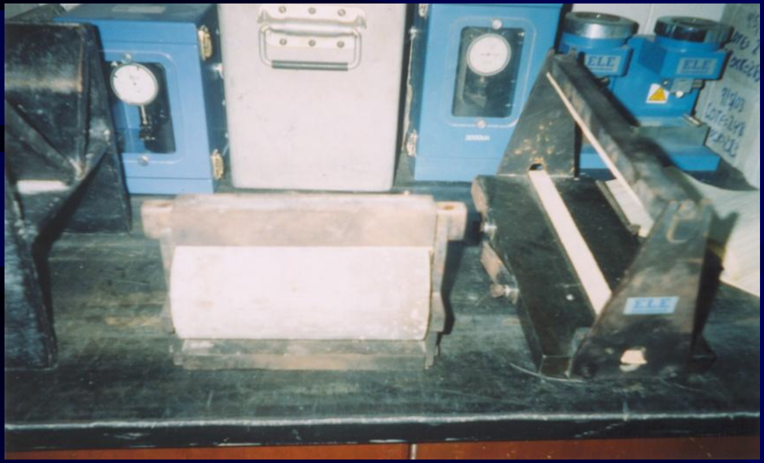
“Resistencia a la compresión Simple a los 90 días”



Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral. (ASTM C 496 – 96)

De la misma manera que en el ensayo de Resistencia a la compresión simple, la elaboración de los cilindros en este ensayo es igual, se utiliza la dosificación para cada % de zeolita

"Estructura requerida para la prueba de tracción por compresión diametral"

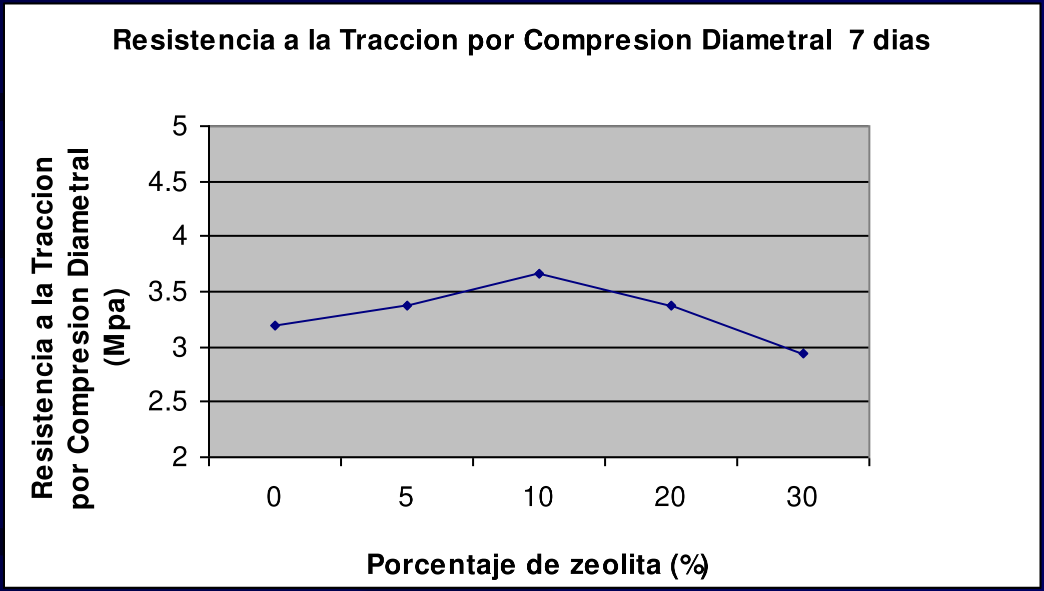


" Rotura de cilindro en Tracción por Compresión Diametral en la Prensa". Esta prueba se realizo en cada edad y dosificación de zeolita

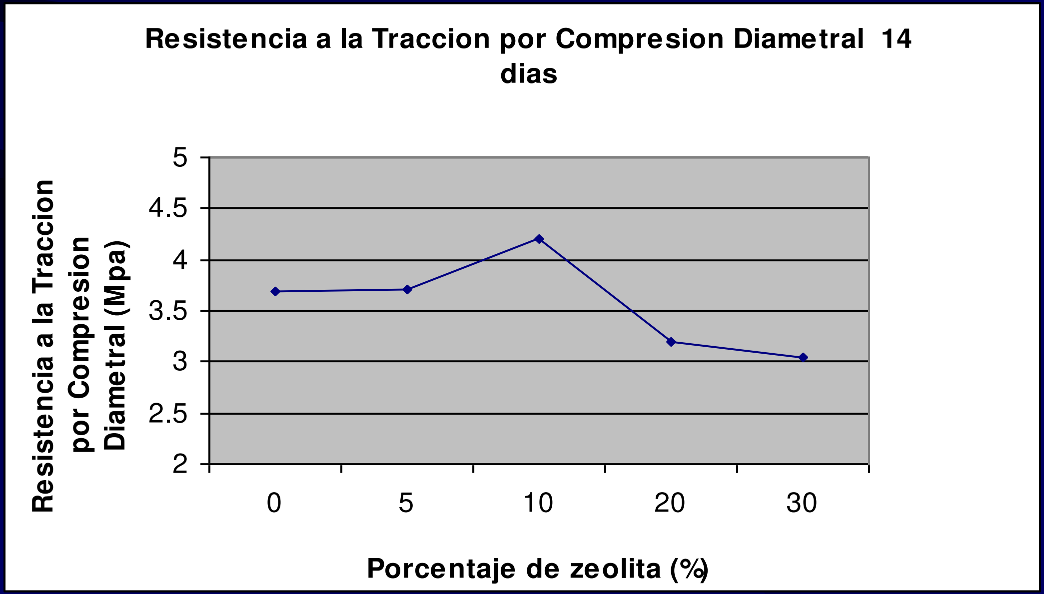
“Resultados de la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral”

Edad	**Resistencia (Mpa)**				
(Días)	0%	5%	10%	20%	30%
7	3.2	3.37	3.66	3.38	2.94
14	3.69	3.71	4.21	3.19	3.05
28	3.16	3.22	4.10	3.23	3.15
90	3.13	3.60	4.25	3.28	3.19

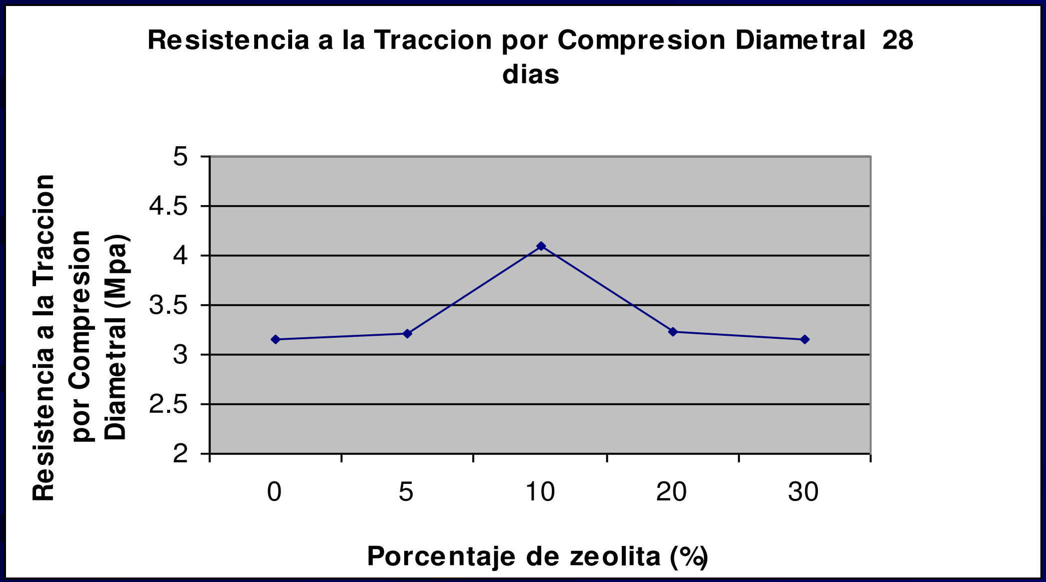
“Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral 7 días”



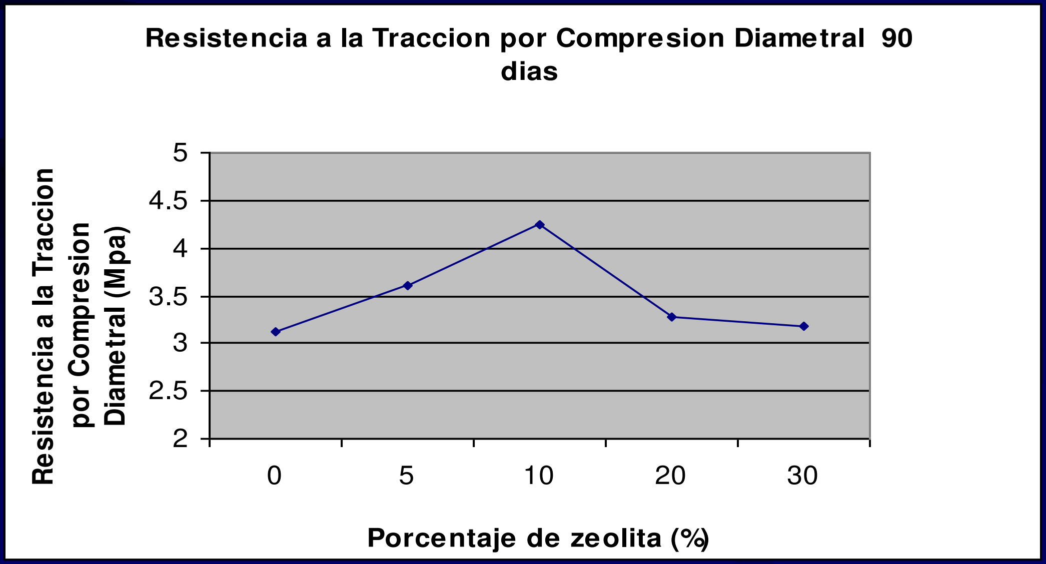
“Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral 14 días”



“Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral 28 días”



“Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral 90 días”



Modulo de Elasticidad (ASTM C 469 – 94 $^{\epsilon 1}$)

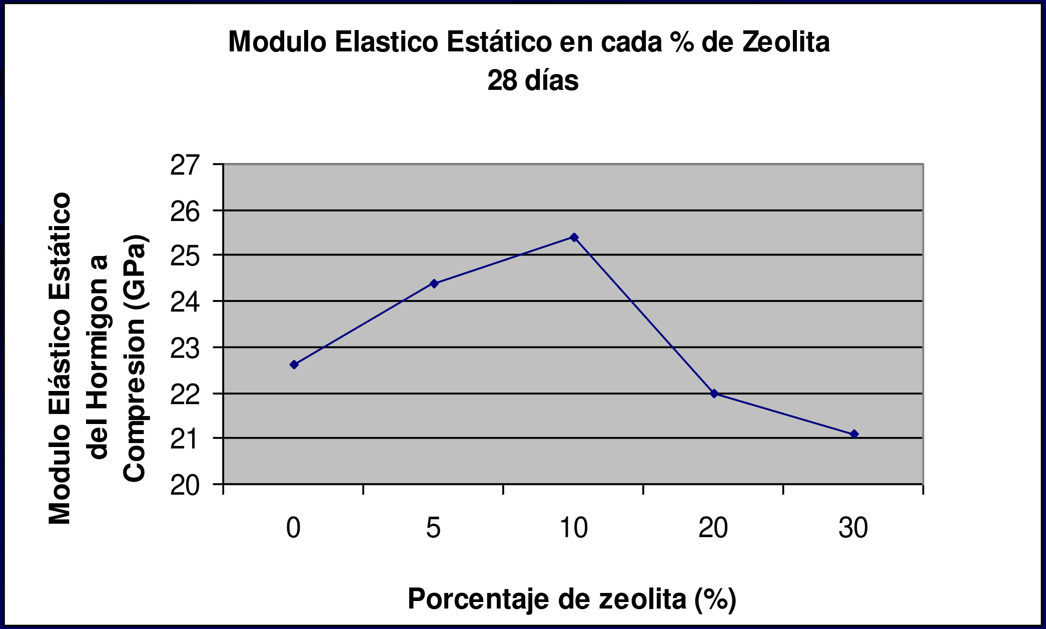
La relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria dentro del intervalo elástico de una curva esfuerzo deformación unitaria para el hormigón define al modulo de elasticidad (E) del hormigón.

“Cilindro de 15 x 30 capeado y colocado en el equipo para realizar el Módulo Elástico Estático a Compresión”. Esta prueba se la realizo a los 28 días en todas las dosificaciones”

“Modulo Elástico Estático del hormigón a los 28 días en todos los % de zeolita”

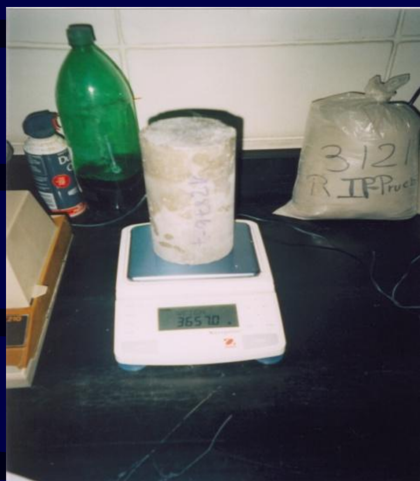
% de zeolita	Modulo Elástico Estático(GPa)
0% zeolita	22.60
5% zeolita	24.40
10% zeolita	25.40
20% zeolita	22.00
30% zeolita	21.10

“Modulo Elástico Estático del Hormigón a Compresión 28 días”



Densidad Absorción y Porosidad (ASTM C 642 – 97)

Para esta prueba los testigos o cilindros pequeños son de iguales características que en la resistencia a la compresión simple y tracción por compresión diametral en lo que a su diseño y construcción se refiere. Este ensayo se lo realizo para la edad de 28 días con todas las dosificaciones dela zeolita.



" Cuantificación del peso del Cilindro en la Balanza de Precisión". Este valor se tomo a todos los cilindros a los con 28 días de edad y en todas las dosificaciones de zeolita.

"Cilindro sumergido en agua en la Balanza de Humboldt"

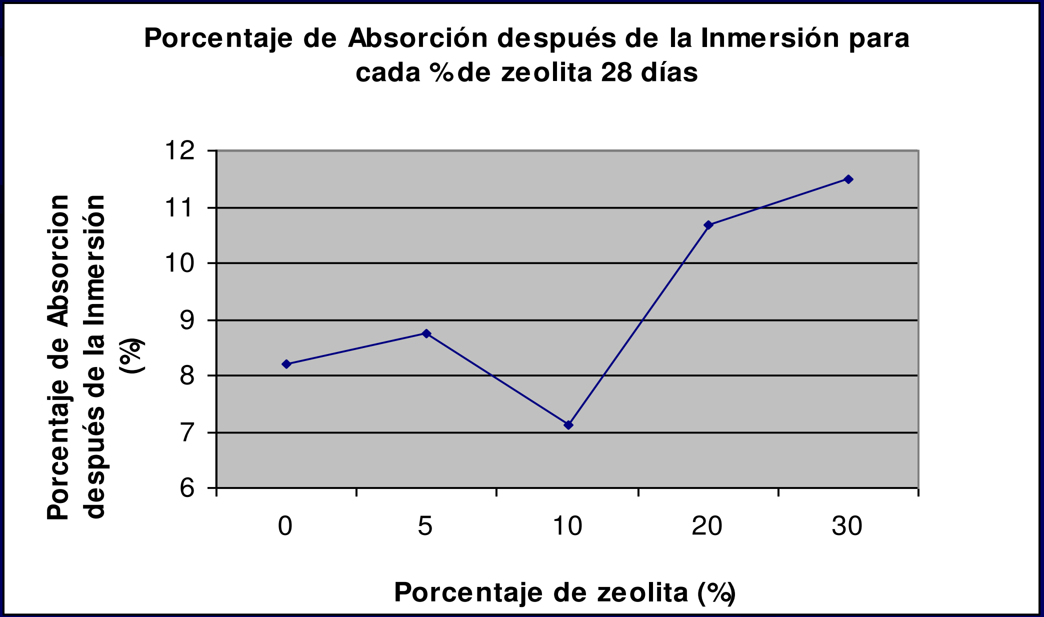
“Proceso de Hervido de Cilindros durante 5 Horas”

“ Cilindros colocados en el Horno para ser Secados”

Los resultados de estas pruebas los mostramos a continuación en las siguientes tablas:

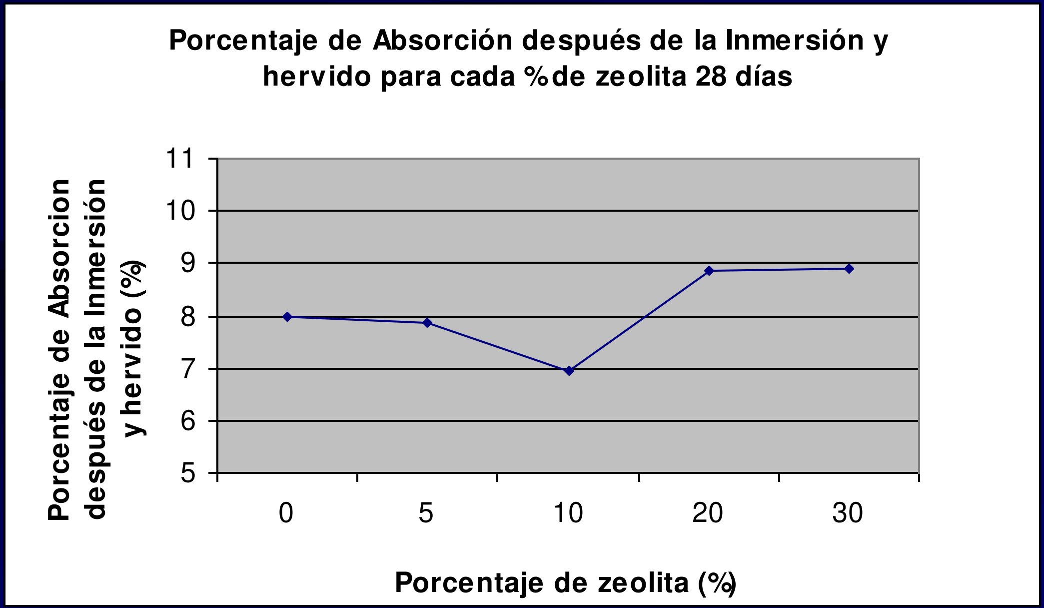
"Porcentaje de Absorción después de la Inmersión para cada % de zeolita"

% de Absorción después de la Inmersión			
% zeolita	Cilindro 1	Cilindro 2	% Promedio
0 %	8.20	8.18	8.19
5 %	9.00	8.50	8.75
10 %	7.02	7.23	7.13
20 %	10.70	10.67	10.69
30 %	11.63	11.37	11.50



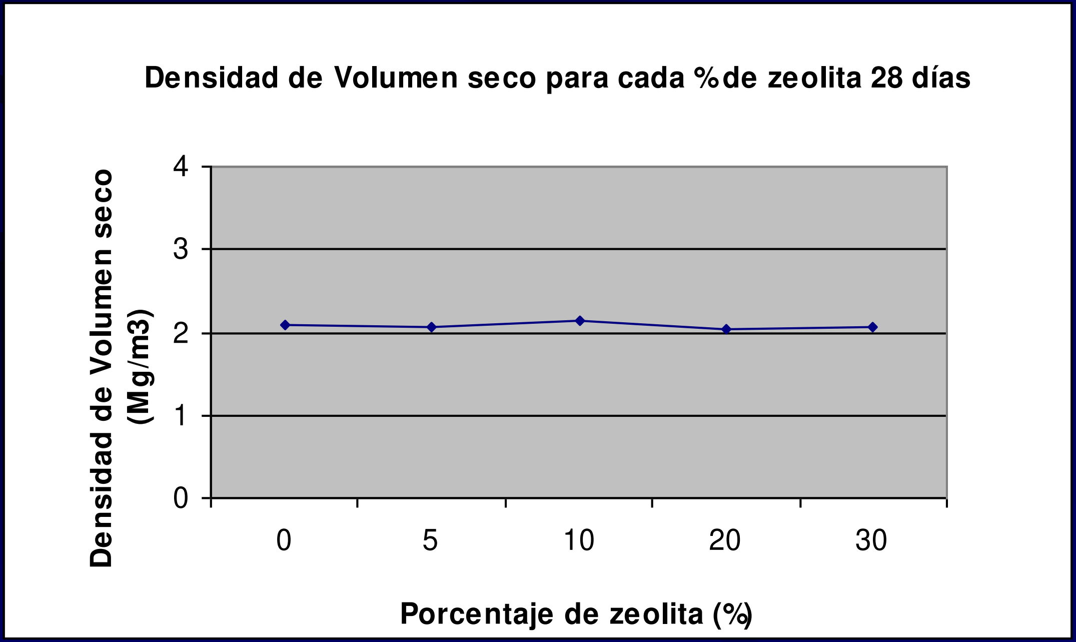
“Porcentaje de Absorción después de la Inmersión y hervidopara cada % de zeolita”

% de Absorción después de la Inmersión y Hervido			
% zeolita	Cilindro 1	Cilindro 2	% Promedio
0 %	7.98	7.95	7.97
5 %	7.84	7.86	7.85
10 %	6.86	7.04	6.95
20 %	9.00	8.70	8.85
30 %	9.09	8.72	8.91



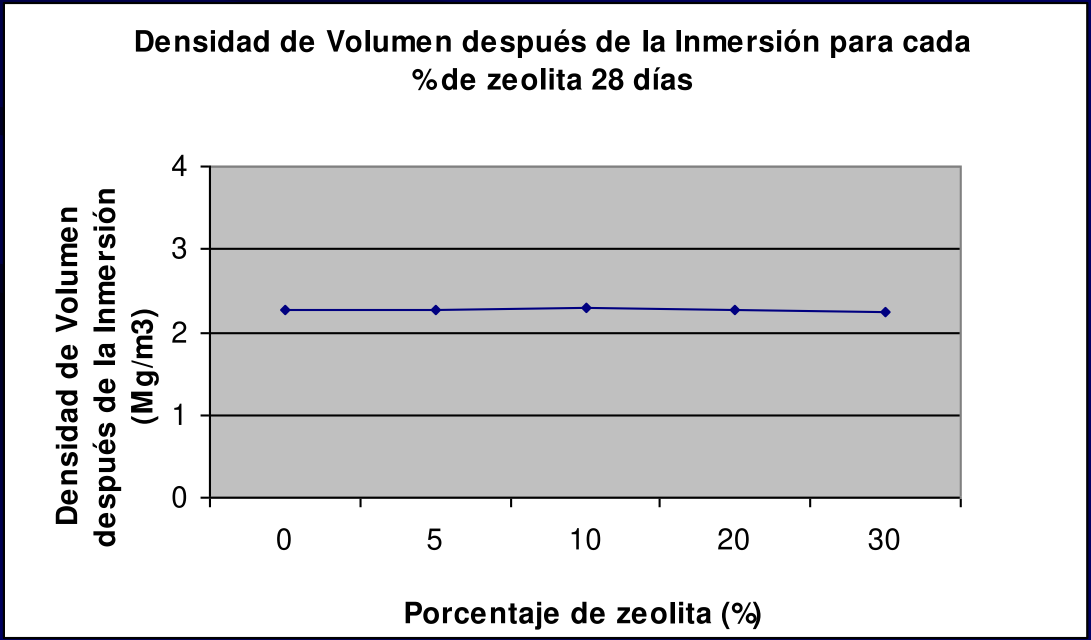
“Densidad de Volumen seco para cada % de zeolita”

Densidad de Volumen Seco (Mg./m^3)			
% zeolita	Cilindro 1	Cilindro 2	% Promedio
0 %	2.10	2.10	2.10
5 %	2.03	2.11	2.07
10 %	2.14	2.14	2.14
20 %	2.03	2.05	2.04
30 %	2.06	2.08	2.07



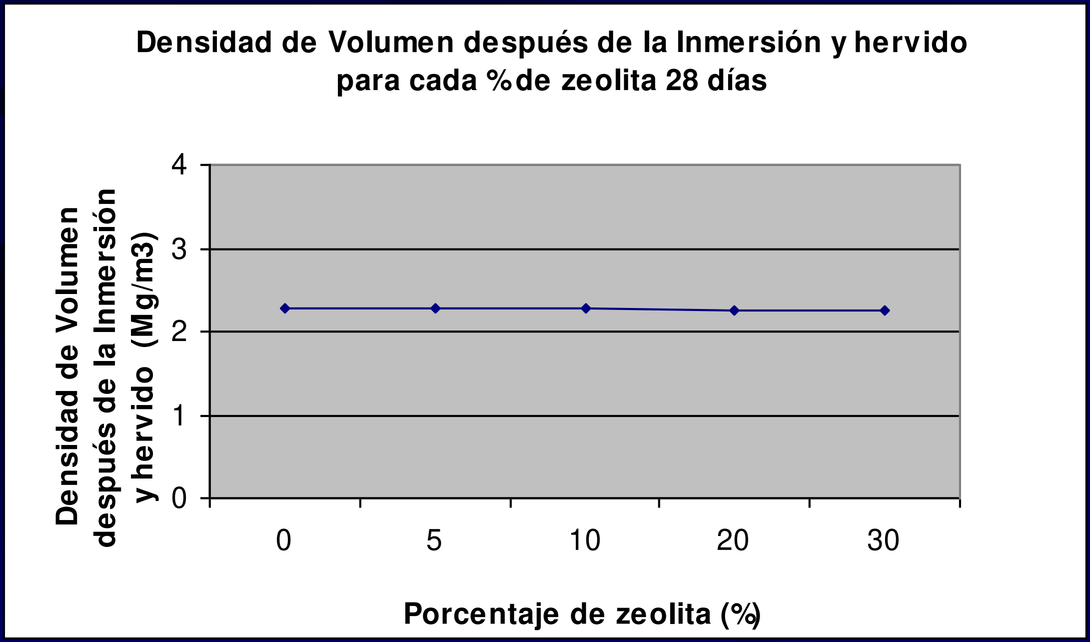
“Densidad de Volumen después de la inmersión para cada % de zeolita”

Densidad de Volumen después de la Inmersión (Mg./m^3)			
% zeolita	Cilindro 1	Cilindro 2	% Promedio
0 %	2.27	2.27	2.27
5 %	2.26	2.30	2.28
10 %	2.27	2.31	2.29
20 %	2.26	2.26	2.26
30 %	2.25	2.25	2.25



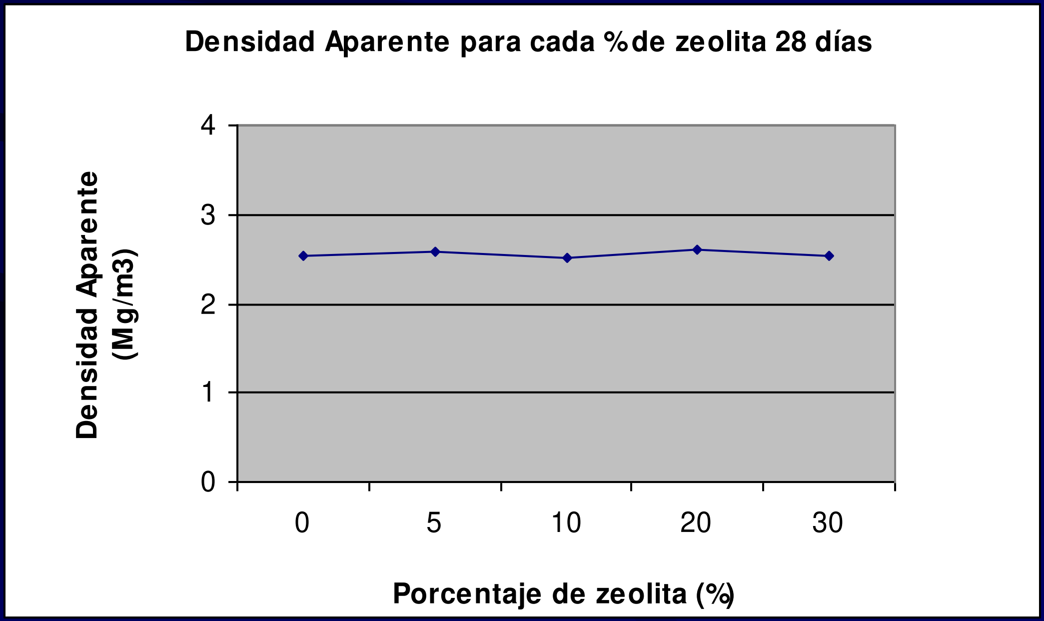
“Densidad de Volumen después de la inmersión y hervido para cada % de zeolita”

Densidad de Volumen después de la Inmersión y hervido (Mg./m^3)			
% zeolita	Cilindro 1	Cilindro 2	% Promedio
0 %	2.27	2.27	2.27
5 %	2.26	2.28	2.27
10 %	2.27	2.31	2.29
20 %	2.26	2.26	2.26
30 %	2.25	2.25	2.25



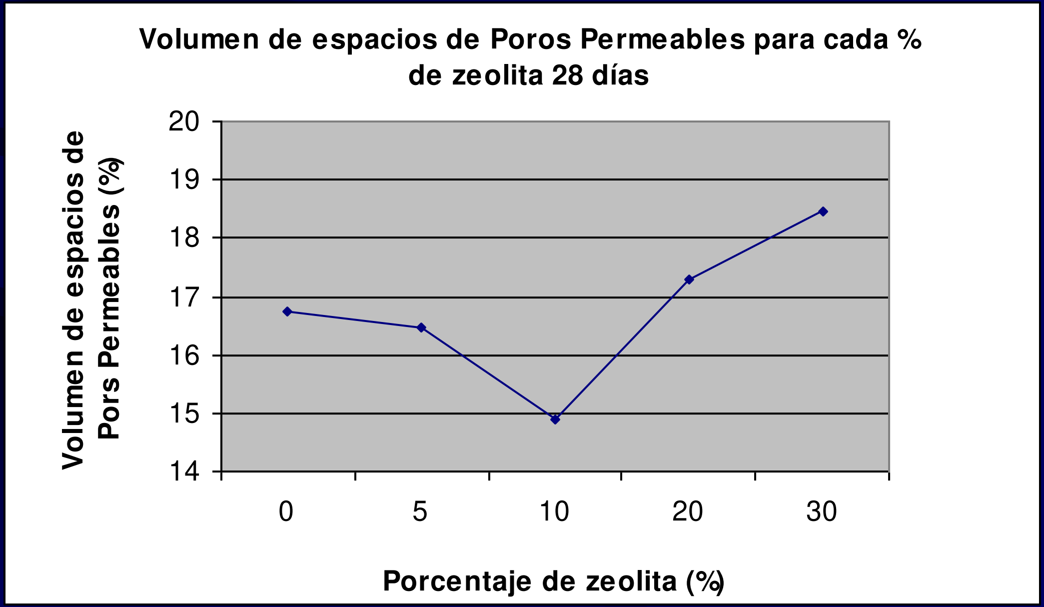
"Densidad Aparente para cada % de zeolita"

Densidad Aparente (Mg./m^3)			
% zeolita	Cilindro 1	Cilindro 2	% Promedio
0 %	2.53	2.52	2.53
5 %	2.59	2.59	2.59
10 %	2.51	2.52	2.52
20 %	2.61	2.60	2.61
30 %	2.54	2.54	2.54



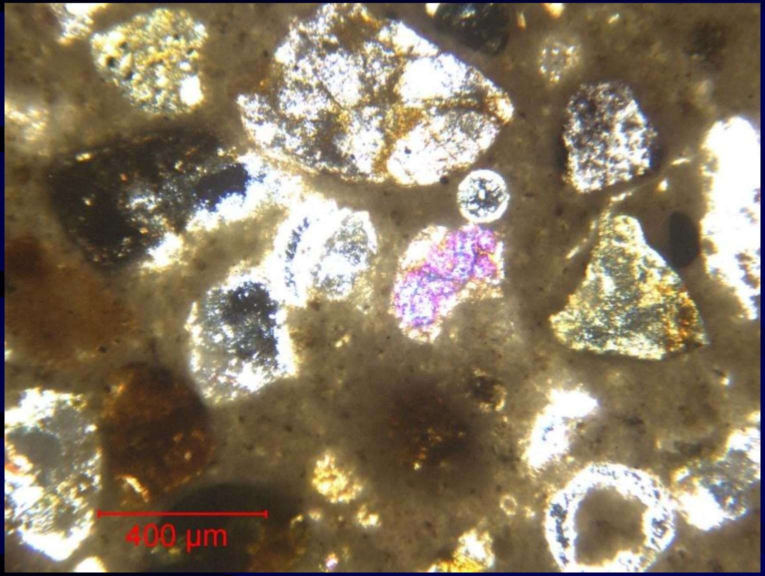
“Volumen de Espacios de Poros Permeables para cada % de zeolita”

Volumen de Espacios de Poros Permeables (%)			
% zeolita	Cilindro 1	Cilindro 2	% Promedio
0 %	16.78	16.71	16.75
5 %	16.35	16.57	16.46
10 %	16.49	15.08	14.89
20 %	17.50	17.10	17.30
30 %	18.77	18.12	18.45

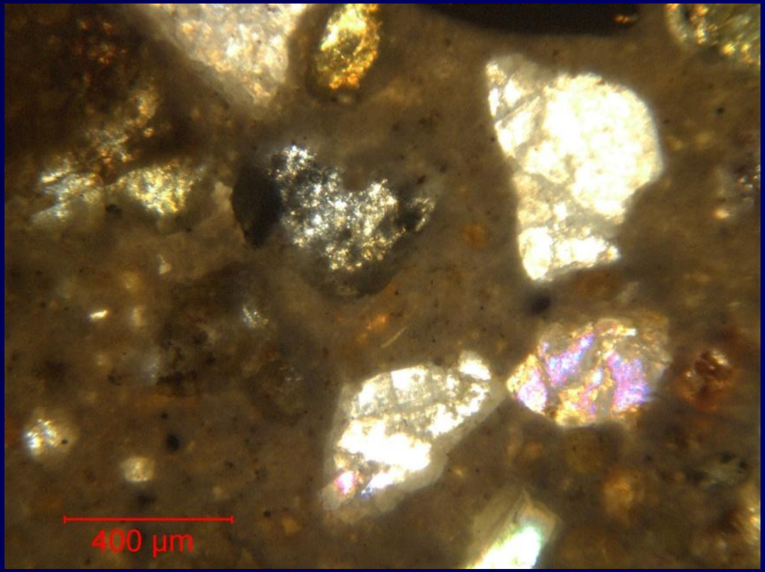


Examinación Petrográfica (ASTM C 856 – 95)

En esta prueba se escogieron únicamente dos porcentajes de zeolita en dos cilindros, uno el patrón con 0 % y otro el de 30 % de zeolita. Fueron cortados y llevados al laboratorio de Petroecuador, donde se hicieron las laminas petrográficas



“Corte de la muestra Patrón 0 %de Zeolita, donde existe contacto entre los agregados y se presentan espacios de aire”



“ Corte de la muestra con 30 % de zeolita , donde no se observa contacto entre los agregados y se reducen los espacios de aire”

Análisis de Resultados.

- Para el diseño escogido con cemento Tipo I, de 400 Kg/m^3 podemos notar según los resultados que el hormigón con zeolita tiende a mejorar las propiedades estudiadas en esta tesis.

- Al incorporar zeolita a los diseños notamos que en el 5 % mejoraron sus resultados con respecto al modelo patrón.

- Cuando se adiciono el 10 % de zeolita los resultados mejoraron un 12 % con relación al patrón. De este porcentaje en adelante (20% - 30%) comenzaron a disminuir los resultados.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Entre los logros obtenidos esta la resistencia, donde se observo que las muestras de hormigón con adiciones de zeolita, específicamente la del 10 % aumento el valor de resistencia que tiene el hormigón tanto en la resistencia a la compresión simple, como a la tracción por compresión diametral, mejorando después de los 28 días.

- En la prueba de contenido de aire se presento una reducción en su porcentaje a medida que aumentaba el porcentaje de zeolita. La velocidad de ultrasonido aumento el todas las edades alcanzando su valor pico en el diseño con 10 % de zeolita.

- En lo que respecta al modulo de elasticidad este aumento en un 12 % del valor que la muestra patrón genero, este aumento se alcanzo cuando la dosificación del diseño tenia 10 % de zeolita.

Conclusiones.

•En la prueba de la Examinación petrográfica se presentó una característica particular al observar el las fotografías la reducción de vacíos en el hormigón con zeolita lo cual es muy importante en las propiedades mecánicas del mismo.

•Como podemos notar, la zeolita ayuda a mejorar las características del hormigón en muchos aspectos, según todas la pruebas realizadas el diseño que presentaba un 10 % de zeolita fue el que supero los otros diseños, incluyendo el modelo Patrón, con lo que podemos mencionar que el Cemento Pórtland con un 10 % de zeolita adicionado con respecto a su masa constituye un buen cemento puzolanico.

Recomendaciones

•Con el uso de cemento puzolanico el constructor encontrará que obtiene varias ventajas al utilizar este material, tales como similares resistencias a la compresión, gran manejabilidad de las mezclas frescas, e incluso una mayor resistencia después de los 28 días de edad.

•Las zeolitas ya has demostrado su idoneidad y competitividad en el campo de la construcción. Por esto en importante ver a este material como algo mas que una simple adición, debemos observarlo como un recurso valioso que se puede utilizar para el desarrollo de la construcción y de otra ramas.

•Entre otra de las ventajas de usar esta puzolana, es el costo del transporte. Actualmente la puzolana que utiliza la planta local proviene desde Latacunga. Considerando que la fuente de extracción de la zeolita estaría mas cerca de la fabrica de cemento, ya que los yacimientos se encuentran en el campus La Prosperina de la ESPOL, al utilizar esta zeolita se acortaría la distancia y con esto disminuiría el costo del rubro transporte.

Recomendaciones

•En otros países ya se esta aprovechando los beneficios de este material, y cuentas con grandes producciones de zeolita. Países como Cuba, Japón y China utilizan la zeolita para aplicaciones en la construcción mayormente.

•La zeolita en nuestro país ha sido considerada en otras ramas, pero en el momento de que se la enfoque para la rama de la construcción. En el campus de la Prosperina actualmente se están realizando trabajos de construcción y excavación debido al proyecto del Parque Tecnológico ESPOL. Podemos aprovechar estos trabajos y los estudios del suelo para ubicar yacimientos de zeolita en el campus, y la evaluación detallada de sus reservas.

•No debemos dejar de aprovechar este mineral ya que se torna como un valioso recurso, que aunque en nuestro país no ha sido explotado aún, con el correcto aprovechamiento y el empleo racional del mismo, se podría sacar el mejor de los provechos a la reserva de este mineral

Agradezco a todos los presentes por la atención que se me brindo.

Que pasen ustedes muy buenos días