

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de Roca Zeolita
en la resistencia de un mortero

Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil

Autor:

Ventura Gomez, Luis Eduardo

Asesor:

Castañeda Gamboa, Rogelio

Chimbote – Peru

2019

Palabras clave:

Tema	Resistencia de un mortero
Especialidad	Tecnología del concreto
Palabras	Morteros, Zeolita, Compresión, Resistencia

Keywords:

Topic	Mortar Strength
Specialty	Concrete Technology
Words	Mortar, Zeolite, Compression, Resistance

Línea de Investigación:

Programa	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	Construcción y Gestión de la Construcción
OCDE	2. Ingeniería y Tecnología 2.1 Ingeniería Civil Ingeniería de la Construcción
Sub – Líneas o Campos de la Investigación	Materiales de la Construcción Tecnología de la construcción y procesos constructivos

Título:

**Sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de Roca
Zeolita en la resistencia de un mortero**

RESUMEN

El propósito de la investigación se basó en conocer cuál es el efecto de la sustitución del cemento en un 15% y 20% por polvo de Roca Zeolita, en la Resistencia de un mortero, utilizando agregado fino de la cantera Vesique y con un cemento portland tipo I, Con el fin de encontrar alternativas de materiales suplementarios cementantes para su aplicación en el campo de la ingeniería civil.

La investigación estuvo encaminada a la evaluación del comportamiento de la Roca Zeolita triturada como sustituto del cemento Portland, la cual demostró que la Roca Zeolita triturada cumple con la norma y reduce el costo, demostrando que la nueva sustitución puede ser usada en obras de construcción y menor costo. El agregado fino de la cantera Vesique fue gradado, para luego realizar un diseño de mezcla de mortero utilizando cemento Portland tipo I, tratando de aumentar la resistencia a la compresión, para tal objetivo se realizó una serie de ensayos; ensayo de fluidez de la mezcla, peso, medida y curado de los especímenes para luego finalmente determinar la resistencia a la compresión cuyos resultados fueron procesados, analizados e interpretados. Se tomó en cuenta un mortero Patrón en comparación.

Se llegó a la conclusión que en los 2 experimentales se obtuvo una mejor resistencia que los patrones; con la sustitución al 15% en la cual se puede apreciar un crecimiento a los 7 y 28 días de curado de (287, 388) Kg/cm² y con la sustitución de 20% a los 3,7 y 28 días de curado de (281, 253, 348) Kg/cm² superando las resistencias de los patrones los cuales fueron (247, 204, 378) Kg/cm². Esto confirma que el polvo de roca Zeolita es un material suplementario cementante.

ABSTRACT

The purpose of the investigation was based on knowing the effect of the replacement of the cement in 15% and 20% by Zeolite Rock powder, in the Resistance of a mortar, using fine aggregate of the Vesique quarry and with a portland cement. Type I, In order to find alternative cementitious supplementary materials for their application in the field of civil engineering.

The research was aimed at evaluating the behavior of the crushed Zeolite Rock as a substitute for Portland cement, which showed that the crushed Zeolite Rock meets the standard and reduces the cost, demonstrating that the new substitution can be used in construction sites and lower cost The fine aggregate of the Vesique quarry was graded, to then make a mortar mix design using type I Portland cement, trying to increase the compressive strength, for this purpose a series of tests were carried out; test of fluidity of the mixture, weight, measurement and curing of the specimens to finally finally determine the resistance to compression whose results were processed, analyzed and interpreted. A standard mortar was considered in comparison.

It was concluded that in the experimental 2, better resistance than the standards was obtained; with the substitution at 15% in which you can see a growth at 7 and 28 days of curing (287, 388) Kg / cm² and with the substitution of 20% at 3.7 and 28 days of curing (281, 253, 348) Kg / cm² exceeding the resistors of the standards which were (247, 204, 378) Kg / cm². This confirms that Zeolite rock dust is a cementing supplementary material.

ÍNDICE GENERAL

TITULO	i
PALABRAS CLAVES	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	16
RESULTADOS	18
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
AGRADECIMIENTOS	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
APÉNDICES Y ANEXOS	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes Químicos del Cemento Pacasmayo Tipo I	5
Tabla 2. Componentes Químicos en óxidos del Cemento Pacasmayo Tipo I	5
Tabla 3. Proporciones Generales para la Fabricación del Cemento Portland Tipo I	6
Tabla 4. Límites de la Gradación, Arena para Mortero	6
Tabla 5. Requisitos para Agua de Mezcla-NTP 339.088	7
Tabla 6. Tolerancia Permisible para Tiempo de Ensayo	8
Tabla 7. Disponibilidad de la Roca Zeolita	10
Tabla 8. Diseño Muestral	16
Tabla 9. Composición Química expresada como Óxidos de La Roca Zeolita Pulverizada.	18
Tabla 10. Potencial de Hidrogeno	18
Tabla 11. Gradación Del Agregado Fino	19
Tabla 12. Morteros Patrones ensayados en 3, 7 y 28 días de curado	20
Tabla 13. Morteros Experimentales a 15% ensayados en 3, 7 y 28 días de curado	20
Tabla 14. Morteros Experimentales a 20% ensayados en 3, 7 y 28 días de curado	21
Tabla 15. Dispersiones entre los Mortero Patrones y Experimentales al 15 y 20%	21
Tabla 16. Sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de roca Zeolita en la resistencia de un mortero, según días de curado	22
Tabla 17. Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de mortero	23
Tabla 18. Matriz de Consistencia	30

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafica 1. Resistencias a la Compresión Vs. Edades (Días)	22
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de la ubicación de Huaraz – Monterrey	9
Figura 2. Átomos de carbono en el grafito (a) y en el diamante (b)	10
Figura 3. Átomos de cinc (•) y de azufre (o) en la esferalita	10
Figura 4. Análisis de un material sólido en polvo	12
Figura 5. Orden en un cristal (a) y desorden en un gas (b)	13
Figura 6. Estructura atómica de la zeolita	14

INTRODUCCIÓN

De los antecedentes encontrados se ha abordado los trabajos más relevantes a esta investigación, como el de **Acurio (2008)**, que determino de la variación en la resistencia a la compresión de la pasta de cemento tipo I mediante la sustitución de 5% de zeolita I y curado en aire. En el análisis individual el porcentaje que presento un óptimo esfuerzo de compresión fue al 5% de zeolita I a los 28 días de curado, superando a los demás porcentajes como es notorio a los 21 y 25 días de curado presentan similitud en sus valores de esfuerzo de compresión; por ende el porcentaje de 7.5% de zeolita necesita más días de curado para aumentar su resistencia de compresión y obtener la madurez que presento el 5% de Zeolita. El 20% de zeolita a los 28 días de curado en comparación con los 7 días de curado aumento esfuerzo de compresión en un 63.3% de su esfuerzo inicial. Mientras que los otros valores demostraron solo un aumento de 23.9%; 3.72%; 17.4% y 20.8% con 5, 10, 15 y 20% de sustitución de Zeolita respectivamente; especificando así que la reacción de sustitución de Zeolita I aún no ha reaccionado en este día de curado.

Por otro lado en la investigación de **Jiménez (2004)**, en su tesis preciso lo siguiente: Las rocas zeolíticas, tanto del estado de Chihuahua como la filipsita comercial son rocas zeolíticas a base de clinoptilolita-heulandita, con mayor un contenido de K que de Na, Mg y Ca.

La roca zeolítica de Chihuahua (CLICHI) es térmicamente menos estable que la denominada CLIPHI, debido a que es heulandita su mayor componente mineral. Que para el caso de CLIPHI es clinoptilolita. Ambas rocas zeolíticas contienen cuarzo.

Las relaciones Si/Al son similares para ambas rocas zeolíticas y se encuentran dentro del intervalo para zeolitas tipo clinoptilolita-heulandita.

La roca zeolítica del estado de Chihuahua presenta una mayor área superficial que la roca zeolítica denominada filipsita.

Así mismo se revisó la investigación de **Seraj et al (2014)**, que tuvo como objetivos probar fuentes alternativas de materiales cementosos suplementarios (MCS) que puedan que puedan proporcionar resistencia y durabilidad al concreto, morteros y pastas. Para lo cual se probaron 8 puzolanas. En la resistencia a la compresión de los morteros donde la roca Zeolita se utilizó como un remplazo de cemento Mielenz. C, Witte. L y Glantz. O (1950). **Los resultados los componentes químicos en óxidos de la roca Zeolita son: SiO₂= 65.29, Al₂O₃=10.90, CaO=2.52.** Los resultados más importantes de los estudios de morteros y pastas fueron la ASTM C 1567, los ensayos de resistencia a la compresión de mezclas de mortero fueron los siguientes: 1día=1150 Psi, 3días=2800 Psi, 7días=4100 Psi, 28días=6100 Psi, 90días=6500 Psi, 365días=7300 Psi

En la investigación de **Bastidas. M (2013)**, tuvo como objetivo estudiar de materiales aluminosilicatos, también conocidos como puzolanas las que incluyen derivados de rocas volcánicas, zeolitas y diatomeas. Estudios con zeolitas y rocas volcánicas se han elaborado anteriormente para caracterización, ubicación de yacimientos y aplicaciones en diferentes áreas como agropecuaria, control ambiental, minería, transferencia de calor y metalurgia. Se sustituyó en un 40% en peso del cemento Portland ordinario (CPO). Las conclusiones nos indican que las fases presentes en las muestras fueron heulandita-clinoptilolita, mordenita, Calcita y cuarzo. A medida que se incrementa la concentración del hidróxido de potasio, las fases van disminuyendo a excepción de la fase amorfa la cual aumentó hasta un 89% indicando que se ha obtenido la pasta de aluminosilicatos alcalinos amorfa. La mayor resistencia a la compresión fue C3 en el orden de 10 MPa a 25 días de mezclado.

La presente investigación se justifica mediante la elaboración y utilización de un adecuado diseño de mezcla usando como sustitución la “piedra zeolita”, podemos lograr reducir el costo durante la ejecución de una obra.

En la actualidad el mortero es el material de mayor uso en la construcción, trayendo consigo desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida dentro de la población. al mismo tiempo que existe una gran variedad de problemas en relación al costo de la producción de mortero y concreto. motivo por el cual este proyecto de investigación va orientado a buscar mejorar la calidad de vida de la población, reduciendo así el costo en la ejecución de obras de construcción civil.

Al investigar las problemáticas que existe en nuestra localidad, en búsqueda de la solución más factible, se logró investigar que la Piedra Zeolita es desechada de manera improductiva, desperdiciando sus propiedades y desconociendo los múltiples usos que se puede dar. Mediante el análisis de cómo se llevan los procesos con respecto a la Piedra Zeolita, surgieron muchos cuestionamientos, los cuales llevaron a analizar una considerable cantidad de alternativas en posibles soluciones sobre cómo aprovechar la materia prima.

De aquí parte el trabajo de investigación, se busca innovar el concepto de autoconstrucción para las zonas más pobres, la sustitución de la Piedra Zeolita como un materia suplementario cementante para comprobar que sustituyendo en peso del cemento lograremos bajos costos al de uno mortero convencional.

Se pretende solucionar la siguiente interrogante:

¿En qué medida varía la resistencia de un mortero con la sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de roca Zeolita ?

Las variables del estudio de tesis a conceptualizar y operacionalizar son: Diseño de un Mortero y Tecnología de los Materiales.

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las normas NTP 399.607 Y 399.610.

Funciones Principales del Mortero: Pueden ser

Funciones Estructurales:

- Constituyen el MATERIAL DE BASE para la construcción de muros, paredes, cubiertas.
- Constituyen el MATERIAL DE UNIÓN durante el asentamiento de las unidades de albañilería.
- Se adhieren a los amarres metálicos, juntas y pernos anclados, de manera que los hace actuar conjuntamente.

Funciones Decorativas:

- Constituye el material de revestimiento, es decir, el pulimento de la obra.
- Protege los elementos constructivos de la acción de la intemperie.
- Se les denomina “Superficie de Sacrificio” o “La piel de los edificios.

(¹): Norma E.070 Albañilería Sencico – San Bartolomé

Cemento Portland

Gonzales (1987) en sostiene que es un producto artificial, que se obtiene de la transformación de una materia prima, que puede estar compuesta de una mezcla de calizas, arcillas y otros minerales, o simplemente de calizas.

Composición Química

Las principales materias primas para la fabricación del cemento y las Propiedades generales en que intervienen son:

Tabla 1. Componentes Químicos del Cemento Pacasmayo Tipo I

%	COMPONENTE QUÍMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%<	Oxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
5%<	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, pirita
	Oxido de Magnesio,	Minerales Varios
	Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo Y magnesio	

Fuente: Tacilla, Araujo y Cardozo (2004). Composición Química del Cemento

El cemento empleado para el presente proyecto de investigación fue el **cemento Portland tipo I**

Tabla 2. Componentes Químicos en óxidos del Cemento Pacasmayo Tipo I

COMPONENTES	CEMENTO PACASMAYO TIPO I
Oxido de Sílice: SiO ₂	20.5%
Óxido de hierro: Fe ₂ O ₃	5.14%
Oxido de Aluminio: Al ₂ O ₃	4.07%
Oxido de Calcio: CaO	62.92%
Oxido de Magnesio: MgO	2.10%
Óxido de Azufre: SO ₂	1.83%
Perdida por Calcinación: P.C	1.93%
Residuo Insoluble: R. I	0.68%
Cal Libre: Cao	1.10%
Álcalis: Na ₂ O	0.22%
Silicato Tricálcico: C ₃ S	44.70%

Fuente: IECA. (2013). Componentes y propiedades del cemento. 2015, de IECA Sitio web: https://www.ieca.es/gloCementos.asp?id_rep=179

Tabla 3. Proporciones Generales para la Fabricación Del Cemento Portland Tipo

CONPUESTO	PORCENTAJE	ABREVIATURA
CaO	61 % - 67 %	C
SiO ₂	20 % - 27 %	S
Al ₂ O ₃	4 % - 7 %	A
Fe ₂ O ₃	2 % - 4 %	F
SO ₃	1 % - 3 %	
MgO	1 % - 5 %	
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 % - 1.5 %	

Fuente: Tacilla, Araujo y Cardozo (2004).Composición Química del Cemento

Agregado Fino

El agregado para la utilización en mortero de albañilería deberá ser graduado dentro de los siguientes límites, dependiendo de si está siendo utilizada arena natural o manufacturada.

Tabla 4. Límites de la Gradación, Arena para Mortero

TAMAÑO DE TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA	
	ARENA NATURAL	ARENA MANUFACTURADA
4,75 mm (N°4)	100	100
2,36 mm (N°8)	95 a 100	95 a 100
1,18 mm (N°16)	70 a 100	70 a 100
600 um (N°30)	40 a 75	40 a 75
300 um (N°50)	10 a 35	20 a 40
150 um (N°100)	2 a 15	10 a 25
75 um (N°200)	0 a 5	0 a 100

Fuente: Norma Técnica Peruana - 399.607 (2013)

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- Entre la malla N°50 y N°100, no deberá tener más de 25% del peso total.
- Lo que pasa por la malla N°200, esta en funcion al peso total de la arena para tres especimenes de mortero.

- El módulo de fineza de mi arena es 2.2, la cual esta en el rango permitido entre 1.6 y 2.5 según NTP
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.

El agua es imprescindible en las etapas de la elaboración del mortero:

Martínez (2010), en “Cementos y morteros”, sostiene que el agua impotable no debe utilizarse en el concreto a menos que se cumplan las siguientes condiciones:

- La dosificación debe estar basada en mezclas de concreto que utilice agua de la misma fuente.
- Los cubos para ensayos de morteros hechos con agua impotable de mezcla, deben tener una resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de edad, igual o mayor al 90% de la resistencia a la compresión de probetas similares hechas con agua potable.

El agua con una salinidad de 3,5% produce una reducción de resistencia a los 28 días del 12%, aumentando la salinidad a 5% la reducción de resistencia es del orden del 30%. La presencia de sales produce oxidación del refuerzo, por lo tanto no debe usarse agua salada en concreto reforzado y pre-esforzado.

Tabla 5. Requisitos para Agua de Mezcla

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300ppm.
Sulfatos	300ppm.
Sales de magnesio	150ppm.
Sales solubles totales	1500ppm.
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 pm.

Fuente: Norma Técnica Peruana - 339.088

Equipos y procedimiento para la elaboración de morteros:

NTG 41002 (2013) Práctica para la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica. Nos indica en Procedimiento para la mezcla de Mortero.

NTP 334.051 (2013) Proceso para la Realización de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado, nos indican los equipos que se emplearan para la elaboración de los morteros.

MTC E 616 (2016) Fluidez de Morteros de Cemento Hidráulico (mesa de flujo) Equipos, Materiales e Insumos: Mesa de flujo, consta básicamente de lo siguiente: un soporte, un árbol y una plataforma circular.

La Resistencia a la Compresión. De lado, nos indica el tiempo de fraguado, el procedimiento de curado y del mismo modo como se realizarán los ensayos a compresión de los morteros.

Todos los cubos fueron probados dentro de las tolerancias especificadas en la tabla 6.

Tabla 6. Tolerancia Permisible para Tiempo de Ensayo

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 horas	± 1/2 horas
3 días	± 1 horas
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

Fuente: Norma Técnica Peruana - 399.607 (2013)

La norma NTP 334.051, establecen el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. El esfuerzo a la compresión se expresa en Kg/cm^2 se calcula con la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Dónde:

P = carga máxima de rotura (Kg)

A = área de la sección transversal (cm²)

f'c = Resistencia a la compresión (Kg/cm²)

Las zeolitas son minerales aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos, que al deshidratarse desarrollan, en el cristal ideal, una estructura porosa con diámetros de poro mínimos de 3 a 10 angstroms. Las zeolitas se encuentran constituidas por aluminio, silicio, hidrógeno, oxígeno, y un número variable de moléculas de agua.

Los principales materiales geológicos donde yacen zeolitas son en los estratos volcánicos de diverso tipo. En cuanto a ambientes geológicos las zeolitas se tienden a formarse en ambientes específicos que pueden clasificarse así: sedimentos de fondo oceánico, zonas donde agua percola en sistemas hidrológicos abiertos, zonas de alteración hidrotermal y durante la diagénesis de sedimentos.

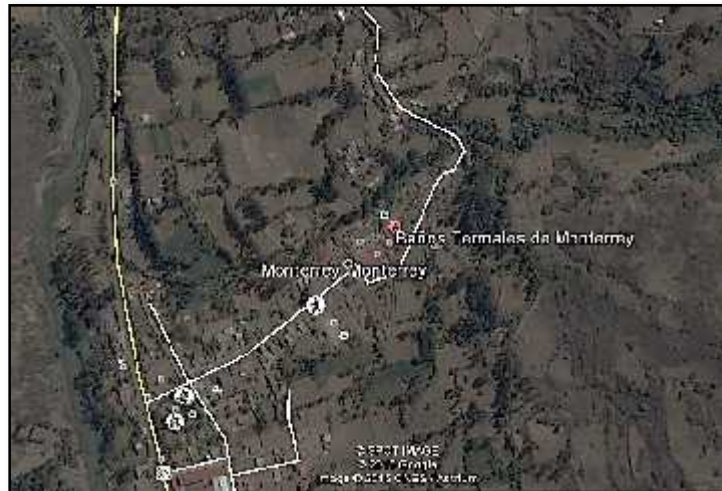


Figura 1: Mapa de la ubicación de Huaraz – Monterrey

Tabla7. Disponibilidad de la Roca Zeolita

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
Región	Ancash
Provincia	Huaraz
Distrito	Huaraz
Ubicación	9°28 08 S 77°32 09 O
Altitud	2981 msnm

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la composición de la estructura cristalográfica. En efecto, nos explica, que no sólo es importante determinar si la muestra está constituida por átomos de aluminio, silicio, sodio, hidrógeno y oxígeno que, dicho entre paréntesis, son los elementos presentes en algunas zeolitas, sino que hay que saber cómo se relacionan, cómo están distribuidos en el espacio, pues dependiendo de la forma en que los átomos se ordenen, o sea de la estructura, se obtienen compuestos diferentes.

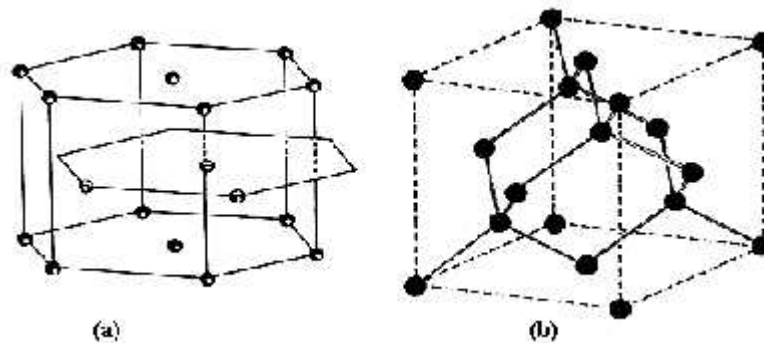


Figura 2. Átomos de carbono en el grafito (a) y en el diamante (b)

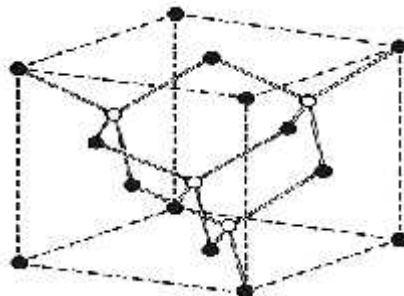


Figura 3. Átomos de cinc (•) y de azufre (o) en la esferalita

Por ejemplo, el grafito y el diamante tienen una composición elemental idéntica. Ambos están constituidos solamente por átomos de carbono. La diferencia entre uno y otro estriba en que los átomos de carbono están ordenados de manera distinta (Figura 2). En este diagrama se representa a los átomos de carbono mediante círculos y se destaca la geometría mediante líneas.

Estos arreglos (o celdas unitarias) se repiten infinitamente y son característicos de cada compuesto. En el caso del diamante, los átomos se encuentran en las esquinas de un cubo, en el centro de las caras y en el centro de algunas diagonales. Esta disposición se reproduce al infinito. El arreglo de los átomos de carbono en el grafito es en forma de hexágonos, por eso se dice que el diamante cristaliza en un sistema cúbico pero que el grafito lo hace en un sistema hexagonal.

También existe en la naturaleza la situación inversa. Dos materiales pueden tener la misma estructura cristalográfica pero estar compuestos por átomos diferentes. Por ejemplo, la esferalita (o blenda) cristaliza como el diamante pero está constituida por átomos de cinc (**Zn**) y de azufre (**S**) distribuidos como se ilustra en la figura 3. Queda entonces clara la diferencia entre la estructura de un material y la identidad de los átomos que lo constituyen, aunque en los ejemplos anteriores tratamos sólo estructuras regulares y periódicas en el espacio, o sea con cristales (dicho de otro modo, en estos materiales, grupos idénticos de átomos se repiten en el espacio a intervalos iguales). Como lo que aquí nos interesa es identificar los elementos que componen a los polvos y determinar los compuestos que los forman, necesitamos, por lo tanto:

- 1) Un análisis elemental para determinar qué átomos componen la muestra.
- 2) Un estudio radiocristalográfico para saber cómo se distribuyen los átomos en el espacio, o sea de qué compuestos se trata.
- 3) Un estudio por microscopía electrónica para conocer la homogeneidad del polvo.

Con estos resultados sabremos si la muestra es una zeolita y de qué tipo de zeolita se trata (Figura 4).



Figura 4. Análisis de un material sólido en polvo

Los resultados correspondiente al análisis elemental en la que se informa que la muestra está constituida por aluminio (Al), silicio (Si), sodio (Na), hidrógeno (H) y oxígeno (O). Además, el experto nos hace notar que la proporción de la cantidad de átomos de aluminio (x) respecto a la cantidad de átomos de silicio (y) es:

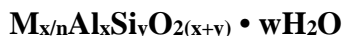
$$x/y = 0.408$$

Lo cual le permite proponer la siguiente fórmula química, determinada experimentalmente:



En donde $w\text{H}_2\text{O}$ sólo significa un número variable de moléculas de agua (H_2O). Esta fórmula quiere decir que, en promedio, a 56 átomos de sodio y 56 átomos de aluminio le corresponden 136 de silicio y 384 de oxígeno. Conocemos entonces la composición elemental de la muestra, pero nuevamente, ¿es esto una zeolita? ¿Cuál es la fórmula de una zeolita?

Cuando J.V. Smith, en su artículo "Definición de una zeolita" publicado en la revista Zeolites (sí, existe una revista internacional dedicada exclusivamente a las zeolitas), intenta precisar lo que se debe entender por zeolita propone la fórmula:



Antes de explicar su significado recordemos que la valencia es el número de enlaces moleculares que un ion o un átomo entabla con otros átomos o iones, y que los iones positivos se denominan cationes y los negativos, aniones. Como son de carga opuesta los cationes y aniones se atraen mutuamente con gran fuerza.

En la fórmula propuesta por Smith, M es un catión de valencia n (en nuestro caso se trataría del sodio cuya valencia es 1, así que $M^{x/n}$ sería Na), "x" es el número de átomos de aluminio, "y" es el número de átomos de silicio (según el resultado experimental antes obtenido, en nuestro caso serían 56 y 136 respectivamente) y 2 (x+y) es el número de átomos de oxígeno que en nuestro caso tendría que ser:

$$2 (56+136) = 384$$

y que es exactamente el número de oxígenos determinados en el análisis de los polvos.

Finalmente, como el número de moléculas de agua es variable (wH_2O) concluimos que la fórmula química de la muestra es la de una zeolita. Sin embargo, como comprobamos al comparar el grafito con el diamante y la esferalita, no basta con la fórmula química para identificar a un compuesto, hay que determinar, además, que la disposición en el espacio de los grupos de átomos sea la adecuada. Por lo tanto, necesitamos los resultados del análisis radiocristalográfico y del estudio por microscopía electrónica.

El cristalógrafo nos recibe con la noticia de que "el polvo es cristalino", y para insistir sobre la importancia de su aseveración compara la regularidad característica de los cristales con el desorden típico de los gases. En efecto, dice, así como se habla de un gas ideal se utiliza el concepto de cristal ideal o cristal perfecto.

Un gas ideal está formado por partículas idénticas infinitamente pequeñas y no existen fuerzas entre ellas, además, no ocupan posiciones fijas en el espacio. En un cristal ideal hay grupos idénticos de átomos de tamaño finito, retenidos por fuerzas mutuas en posiciones fijas en el espacio, y dichos átomos se encuentran en reposo. La energía del gas ideal es totalmente cinética, la del cristal ideal totalmente potencial.

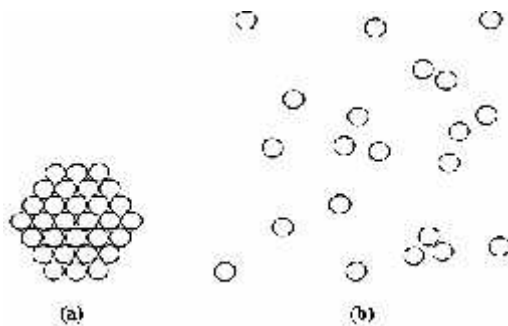


Figura 5. Orden en un cristal (a) y desorden en un gas (b)

Características Generales de la Zeolita

- Un análisis elemental para determinar qué átomos componen la muestra.
- Un estudio radio cristalográfico para saber cómo se distribuyen los átomos en el espacio es decir qué clase de compuesto se trata.
- Un estudio por microscopía electrónica para conocer la homogeneidad del polvo.
- Piedra volcánica creada a partir de la emergencia del magma volcánica.

La estructura cristalina de la Zeolita es apreciada en el microscopio electrónico de barrido que se muestra en la imagen. Las propiedades físicas proveen aspectos únicos para una variedad amplia de aplicaciones prácticas.



Figura 6: Estructura atómica de la zeolita

Al realizar estudios con zeolitas se consideró dos formas en sus propiedades físicas

- Desde el punto de vista de sus propiedades naturales que incluye la morfología, gravedad específica, densidad, color, tamaño del cristal, el grado de cristalización, resistencia ante la corrosión y abrasión.
- Desde el punto de vista del desempeño físico; aquí se incluyó de la Zeolita las características de brillantes, viscosidad de Broockfield, viscosidad de Hércules, área superficial, tamaño de la partícula, dureza y resistencia al desgaste.

Situando a nivel nacional la zeolita (elemento estudiado) se encuentra al norte de nuestro país pero para nuestra investigación las muestras de zeolita serán extraídas del distrito de Huaraz exactamente cerca de los baños termales de monterrey.

En la investigación se realizó la operacionalización de variable, en primer lugar tenemos la variable dependiente que desempeña directamente a la resistencia a la compresión del mortero y en segundo lugar tenemos las variables independientes que consta de el 15% y 20 % de polvo de roca zeolita pues ambos porcentajes a sustituir el cemento permitirán la manipulación exacta para obtener un nuevo diseño con otras características mejorando resistencia a la compresión, en comparación de los morteros patrón.

En la presente tesis se formuló la siguiente hipótesis: La sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de Roca Zeolita incrementaría la resistencia a la compresión de un mortero.

El objetivo general de la presente investigación es: Determinar la resistencia a la compresión de un mortero con sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de Roca Zeolita. Y como objetivos específicos:

- Determinar la composición química del polvo de Roca Zeolita por (Fluorescencia de Rayos X).
- Determinar el potencial de hidrógeno del polvo de Roca Zeolita, del cemento portland tipo I y de las mezclas
- Determinar la relación agua/cemento del mortero patrón y el experimental respectivamente, en la mesa de fluidez.
- Comparar la resistencia del mortero antes y después de la sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de Roca Zeolita, por el factor de relación y varianza.

METODOLOGÍA

El tipo de investigación es Aplicada y explicativa, porque sirvió como una técnica nueva para el proceso constructivo de un mortero, ayudando a solucionar problemas, ya sea por las carencias económicas que se tiene o por la vulnerabilidad de este tipo de construcción. Se logró consolidar los problemas a través de esta propuesta en su proceso constructivo. Explicando cómo se comporta la resistencia cuando se sustituye en un 15% y 20% de cemento por polvo de Roca Zeolita de Huaraz.

El diseño de investigación es Experimental porque se comprobó 2 grupos de estudio; realizando el control y manipulación de las variables, para ello se estudió un nuevo diseño de mortero sustituido por polvo de roca Zeolita. El estudio en su mayor parte se concentrará en el laboratorio de suelos de la universidad san pedro, donde como investigador estuve en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en los objetivos, siendo su diseño de investigación el siguiente:

Tabla 8. Diseño Muestral

DIAS DE CURADO	EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE 15% Y 20% DE CEMENTO POR POLVO DE ROCA ZEOLITA EN LA RESISTENCIA DE UN MORTERO		
	Patrón	15%	20%
3	■	■	■
	■	■	■
	■	■	■
7	■	■	■
	■	■	■
	■	■	■
28	■	■	■
	■	■	■

Fuente: Elaboración propia

Para la investigación se tuvo como población de estudio al conjunto de especímenes de mortero según la NTP 334.051 (2013) y la muestra estuvo constituida por 27 especímenes de mortero con un diseño según la NTP 334.051 (2013). 9 especímenes

patrones, 9 especímenes para 15% de polvo de Roca Zeolita, 9 especímenes para 20% de polvo de Roca Zeolita.

Para la elaboración de las unidades de estudio (morteros) se utilizaron las siguientes referencias:

- Roca Zeolita fue recolectada a tajo abierto del distrito de Huaraz, departamento de Ancash, debido a la abundancia del material en dicho sitio, el material se llenó en sacos para ser llevados al laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.
- La arena para el diseño de los morteros se obtuvo de la cantera Vesique (agregado fino), el material fue llevado en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.
- Cemento portland Tipo I marca “PACASMAYO”

Se aplicó como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento. Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión (ver anexo).

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos fue posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y con el SPSS v21.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- El Cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de los especímenes de mortero con la adición de polvo de Roca Zeolita.
- La Representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas y una prueba ANOVA para verificar la hipótesis.

RESULTADOS

DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL POLVO DE ROCA ZEOLITA POR (FLUORESCENCIA DE RAYOS X).

Tabla 9. Composición Química Expresada Como Óxidos

ÓXIDOS	% MASA	NORMALISADOS
Al ₂ O ₃	24.699	24.976
SiO ₂	52.201	52.784
P ₂ O ₅	0.149	0.151
SO ₂	0.681	0.688
ClO ₂	0.049	0.050
K ₂ O	0.684	0.692
CaO	18.289	18.494
TiO ₂	0.253	0.256
MnO	0.040	0.041
Fe ₂ O ₃	1.740	1.760
Ni ₂ O ₃	0.005	0.005
ZnO	0.001	0.001
As ₂ O ₃	0.013	0.013
SrO	0.073	0.074
ZrO ₂	0.015	0.015
TOTALES	98.89	100.00

Fuente: Laboratorio de Arquimetría (UNMSM)

POTENCIAL DE HIDRÓGENO DEL POLVO DE ROCA ZEOLITA Y DE LAS MEZCLAS

Tabla 10. Potencial de Hidrógeno

MUESTRAS	ENSAYO pH
Polvo de Roca Zeolita	10.55
Cemento Tipos I	12.47
Mezcla de 80% de Cemento Tipos I + 20% de roca zeolita	13.84
Mezcla de 85% de Cemento Tipos I + 15% de roca zeolita	13.80

Fuente: Laboratorio Físico Químico COLECBI

GRADACIÓN DEL AGREGADO FINO

Tabla11. Gradación Del Agregado Fino

TAMAÑO DE TAMIZ	NORMA NTP 399.607	ARENA MANUFACTURADA		
		PESOS RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
Nº4	100	0	0	100
Nº8	95 a 100	27.45	4	96
Nº16	70 a 100	137.55	20	76
Nº30	40 a 75	206.25	30	46
Nº50	20 a 40	68.75	10	36
Nº100	10 a 25	82.8	12	24
Nº200	0 a 10	109.8	16	8
PLATO	-	54.9	8	
		687.5		

Fuente: Unidades de albañilería NTP 399.607 (2013)

3.1 DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ DE LA MEZCLA DEL MORTERO PATRÓN Y EXPERIMENTAL CON UN 15% Y 20% DE SUSTITUCIÓN

M. Patrón	M. Experimental 15%	M. Experimental 20%
D1=21.0 cm D2=21.3 cm D3=21.5 cm D4=21.4 cm Pr = 21.3 cm $\frac{21.3 - 10.16}{10.16} \cdot 100$ = 109.64 % A/C= 0.60	D1=21.2 cm D2=21.1 cm D3=21.5 cm D4= 21.3 cm Pr = 21.28 cm $\frac{21.28 - 10.16}{10.16} \cdot 100$ = 109.45 % A/C- Zeo = 0.63	D1=21.2 cm D2=21.0 cm D3=21.3 cm D4= 21.4 cm Pr = 21.22 cm $\frac{21.22 - 10.16}{10.16} \cdot 100$ = 108.91 % A/C- Zeo = 0.65

RESISTENCIA DEL MORTERO ANTES Y DESPUÉS DE LA SUSTITUCIÓN DE 15% Y 20% DE CEMENTO POR POLVO DE ROCA ZEOLITA

Tabla 12. Morteros Patrones ensayados en 3, 7 y 28 días de curado

DÍAS DE CURADO	MUESTRA	AREA (cm2)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESIST. PROM. (Kg/cm2)
3	P-1	26.5	5462	251	247
	P-2	26.3	5287	241	
	P-3	26.3	5357	250	
7	P-4	26.5	6663	206	204
	P-5	26.3	6331	201	
	P-6	26.5	6624	204	
	P-7	26.5	9022	340	
28	P-8	26.5	10613	400	378
	P-9	26.5	10458	394	

Fuente: Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales - UNI

Tabla 13. Morteros Experimentales a 15% ensayados en 3, 7 y 28 días de curado

DÍAS DE CURADO	MUESTRA	AREA (cm2)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESIST. PROM. (Kg/cm2)
3	E-1	27	6014	223	236
	E-2	27	6697	248	
	E-3	27	6447	238	
7	E-4	26.5	7778	293	287
	E-5	26.5	7315	276	
	E-6	26.5	7756	292	
	E-7	26.8	10627	397	
28	E-8	26.5	10670	402	388
	E-9	26.6	9679	364	

Fuente: Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales - UNI

Tabla 14. Morteros Experimentales a 20% ensayados en 3, 7 y 28 días de curado

DÍAS DE CURADO	MUESTRA	AREA (cm ²)	CARGA (Kg-f)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESIST. PROM. (Kg/cm ²)
3	E-1	26.1	6787	298	281
	E-2	26.7	5984	255	
	E-3	25.8	7050	290	
7	E-4	26.6	7941	260	253
	E-5	27.0	6891	224	
	E-6	26.8	7778	274	
28	E-7	27.3	8217	301	348
	E-8	26.5	10044	379	
	E-9	26.4	9573	363	

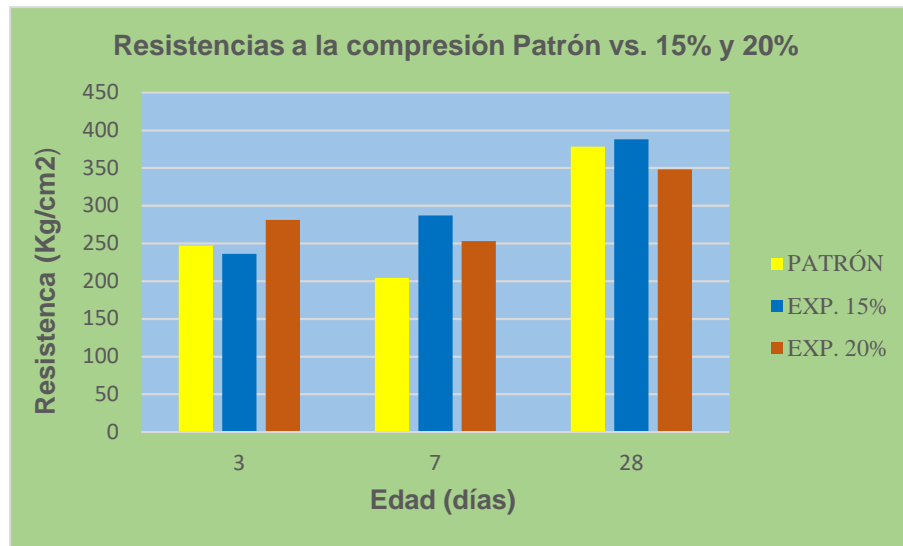
Fuente: Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales - UNI

Tabla 15. Dispersiones entre los Mortero Patrones y Experimentales al 15% y 20%

Edad (días)	Muestras	Resistencia (Kg/cm ²)	Dispersión (%)
3	P-1	251	4.15
	P-2	241	
	P-3	250	
	P-4	206	
7	P-5	201	2.49
	P-6	204	
	P-7	340	
28	P-8	400	1.52
	P-9	394	
3	E1-15%	223	4.20
	E2-15%	248	
	E3-15%	238	
	E4-15%	293	
7	E5-15%	376	0.34
	E6-15%	292	
	E7-15%	397	
28	E8-15%	402	8.07
	E9-15%	364	
3	E1-20%	298	2.76
	E2-20%	255	
	E3-20%	290	
	E4-20%	260	
7	E5-20%	224	5.38
	E6-20%	274	
	E7-20%	301	
28	E8-20%	379	4.41
	E9-20%	363	

Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)



Grafica N° 01: Resistencias a la Compresión Vs. Edades (Días)

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBA ANOVA PARA VERIFICAR LA HIPÓTESIS

Tabla 16. Sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de roca Zeolita en la resistencia de un mortero, según días de curado

DÍAS DE CURADO	RESISTENCIA DE MORTERO CON SUSTITUCIÓN		
	PATRÓN	15%	20%
3	247	236	281
7	204	287	253
28	378	388	348

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería

En la tabla N°16 se puede apreciar que el mortero patrón tiene una disminución leve en su resistencia a los 7 días de curado, luego se nota un crecimiento considerable a los 28 días de curado.

En los primeros 3 días de curado, el mortero patrón es superado por los morteros experimentales.

En los 7 días de curado, el mortero patrón es superado ampliamente por los morteros experimentales con respecto a su resistencia a la compresión.

Así como también a los 28 días de curado, se puede apreciar que el mortero patrón es superado por el mortero experimental en sustitución a 15% del peso de cemento por polvo de roca zeolita, pero supera a la sustitución de 20% del peso de cemento por polvo de roca zeolita; se concluye que, mientras más se aumenta el porcentaje de sustitución del cemento por polvo de roca zeolita, la resistencia de los morteros experimentales van a disminuir.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene) de las resistencias medias obtenidas en las probetas de mortero para cada tratamiento (sustitución del cemento en un 15% y 20% por polvo de roca zeolita) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla. 17 Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de mortero

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución	2208.667	2	1104.333	202.74	0,013
Días de curado	10473,409	2	5236.704	132.226	0,008
Error	32.79	6	5.46		
Total	26339.732	10			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería

En la tabla N°17 se puede visualizar que el $p\text{-value} < \alpha$ ($0.013 < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 15% y 20% de significancia las resistencias medias en kg/cm² logradas en las probetas de mortero, con sustitución del cemento en 0% patrón, 15% por una sustitución de cemento por polvo de roca zeolita, y 20% por una sustitución de cemento por polvo de roca zeolita, no son iguales.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($0.008 < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de mortero son diferentes a consecuencias de los día de curado.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

De la Tabla 9. EL polvo de Roca Zeolita tiene un buen comportamiento puzolánicos ya que la composición química expresada en óxidos de (Calcio + Silicio + Aluminio + Hierro = 96.93%. el cual es alto en comparación al reportado por Seraj *et al* (2014) con un 78.71%, esto nos indica que es un material suplementarios cementantes y por su bajo contenido de Óxido de Potasio y Óxido de Magnesio obtuve un mortero.

De la Tabla 10. Me indica que tanto el cemento como las mezclas son materiales alcalinos los cuales evitaban la carbonatación del mortero el cual origina la disminución de pH que ocurre cuando el CO₂ del medio ambiente penetra por la red de poros capilares reaccionando con la humedad presente y convirtiendo el hidróxido de calcio (de pH elevado) a carbonatos, los cuales son neutros, reduciendo por con siguiente, la alcalinidad del mortero.

Mientras mayor contenido de agua mayor es el diámetro de mesa de fluidez por ello controle los resultados de las relaciones A/C similares a la fluidez de la mezcla Patrón.

Las fluideces de las mezclas tanto patrón como experimental cumplieron el rango de fluidez 110 ± 5 según NTP 334.051.

De la Tabla 12, 13, 14, se observa que en los 2 experimentales se obtuvo una mejor resistencia que los patrones; con la sustitución al 15% en la cual se puede apreciar un crecimiento a los 7 y 28 días de curado de (287, 388) Kg/cm² y con la sustitución de 20% a los 3,7 y 28 días de curado de (281, 253, 348) Kg/cm² superando las resistencias de los patrones los cuales fueron (247, 204, 378) Kg/cm². Esto confirma que el polvo de roca Zeolita es un material suplementario cementante.

De la Tabla 15, las dispersiones entre los morteros patrones y experimentales al 15% y 20% están en el rango según la NTP 334.051 (2013) ya que, para 3 y 2 muestras de la misma tanda de mortero, con la misma edad de curado es de 8.7% y 7.6% respectivamente.

De la gráfica N°1. Se registra que los morteros experimentales fueron superiores a los morteros patrones en 3, 7 y 28 días de curado. Esto se debe a la proporción de la sustitución de Cemento que se realizó ya que los resultados al 15% fueron mayores que los del 20% a los 7 y 28 días de curado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- EL polvo de Roca zeolita tiene un buen comportamiento puzolánico ya que la composición química expresada en óxidos de (Calcio + Silicio + Aluminio + Hierro) = 96.93% el cual puede ser sustituir al Cemento Portland Tipo I.
- El pH indica que tanto el polvo de Roca zeolita, el cemento y las mezclas son material Alcalino, que puede sustituir al cemento en una mezcla de mortero evitando la carbonatación del mismo:
 - Cemento = 12.47 pH
 - 20% roca zeolita + 80% de cemento tipo I = 13.84 pH
 - 15% roca zeolita + 85% de cemento tipo I = 13.80 pH
- La cantidad de agua para amasado tanto para especímenes patrones y experimentales están en el rango de fluidez 110 ± 5 con distintas relaciones A/C. Las tres fluideces cumplieron el rango establecido según la NTP 334.051.
- De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que los morteros experimentales fueron superiores a los morteros patrones en 3, 7 y 28 días de curado.

RECOMENDACIONES

El nuevo cemento pueda ser usado en construcciones de muros, paredes, cubiertas ya que es altamente puzolánico y aglomerante.

Realizar otras sustituciones con porcentajes superiores, conjuntamente con sus respectivos pH evitando la carbonatación del mortero originando la disminución de pH.

Para corroborar que la sustitución del polvo de Roca Zeolita gana resistencia, se recomienda alargar las edades de curado.

Realizar un estudio de energía dispersiva mineralógica para determinar la originalidad de la roca zeolita.

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, que nos ha
Brindado una vida llena de alegrías
y aprendizaje, permitiéndonos vivir
una grata experiencia en nuestra
etapa universitaria.

Con todo nuestro cariño y amor para
nuestros padres que hicieron todo en
la vida para que nosotros logremos
nuestros sueños, por motivarnos y
darnos la mano cuando sentíamos que
el camino se terminaba, a ustedes por
siempre nuestro agradecimiento.

AGRADECIMIENTO

A todos nuestros docentes de la
Carrera de Ing. Civil que nos
Enseñaron tanto de la profesión como
de la vida, impulsándonos siempre a
Seguir a delante.

A aquellas personas que nos apoyaron
Con su orientación que sin su ayuda no
podríamos realizar esta tesis, por su
Apoyo y amistad que nos permitieron
Aprender mucho más que lo estudiado
en el proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acurio, M. (2008). Determinación de la variación en la resistencia a la compresión de la pasta de cemento tipo I mediante la adición de 5% de zeolita I y curado en aire. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Bastidas, M. (2013). Estudio de geopolímeros basados en zeolitas naturales del Ecuador: Aplicaciones a eficiencia energética en construcciones en climas tropicales

Gonzales (1987) en “Supervisión de Obras de Concreto”

Gutiérrez, M. “Zeolitas Características y Propiedades”, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Marzo, 2008

IECA. (2013). Componentes y propiedades del cemento. 2015, de IECA Sitio web: https://www.ieca.es/gloCementos.asp?id_rep=179.

Jiménez, M. (2004). Caracterización De Minerales Zeolíticos Mexicanos” Universidad Autónoma Del Estado De México Facultad De Química,

MTC E 616 (2016) Fluidez de Morteros de Cemento Hidráulico (mesa de flujo).

Novo, R., Martínez, J.A. 2009. Aprovechamiento integral de recursos minerales: zeolitas de Escalerillas (San Luis Potosí): pp. 6372.

NTP 334.051 (2013), Método de ensayo para la determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

NTG 41002 (2013) Práctica para la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica.

NTP 399.607 (2013), Unidades de albañilería. Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.

Norma E.070 Albañilería Sencico – San Bartolomé.

Seraj et al (2014). Evaluación del desempeño de los recursos alternativos materiales de cemento en hormigón 1 – 114 P.

Tacilla, Araujo y Cardozo (2004) en Composición Química del Cemento. México: Conaculta.

Valdez, P (1998). Efectos del Dióxido de Carbono en los Morteros de Cemento Hidráulico.

APÉNDICES Y ANEXOS
ANEXO N°1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 18. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS		VARIABLES
		OBJETIVO GENERAL		DEPENDIENTE:
				- Resistencia a la Compresión del mortero.
			OBJETIVOS ESPECÍFICOS	INDEPENDIENTE
¿En qué medida varía la resistencia de un mortero con la sustitución del 15% y 20% de cemento por polvo de roca Zeolita?	La sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de Roca Zeolita incrementaría la resistencia de un mortero.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar la composición química del polvo de Roca Zeolita por (Fluorescencia de Rayos X). ▪ Determinar el potencial de hidrógeno del polvo de Roca Zeolita, cemento y mezclas. ▪ Determinar la relación agua/cemento del mortero patrón y experimental respectivamente. ▪ Comparar la resistencia del mortero antes y después de la sustitución de 15% y 20% de cemento por polvo de Roca Zeolita, por el factor de relación y varianza. 		El 15% y 20% de polvo de roca Zeolita.

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°2

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL POLVO DE ROCA ZEOLITA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°44-LAQ/2017

Análisis de una muestra de zeolita por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de zeolita a pedido del Sr. Ventura GomezCornejo, Luis Eduardo, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Sustitución de 15% y 20% de cemento por roca zeolita pulverizada en la resistencia de un mortero”

La muestra está en forma de grano fino de color gris.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3600 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo K y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X dispersados de oro por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de zeolita. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de zeolita % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	24.699	24.976
SiO ₂	52,201	52.784
P ₂ O ₅	0.149	0.151
SO ₂	0.681	0.688
ClO ₂	=.049	0.050
K ₂ O	0.684	0.692
CaO	18.289	18.494
TiO ₂	0.253	0.256
MnO	0.040	0.041
Fe ₂ O ₃	1.740	1.760
Ni ₂ O ₃	0.005	0.005
ZnO	0.001	0.001
As ₂ O ₃	0.013	0.013
SrO	0.073	0.074
ZrO ₂	0.015	0.015
Totales	98.894	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100% indicando que puede haber compuestos de Na y/o Mg que no se han detectado por esta técnica y/o la ceniza contiene compuestos diferentes que óxidos, por ejemplo carbonatos, y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Archeometría



Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de zeolita en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Archeometría



Lima, 09 de setiembre del 2017

ANEXO N°3

ENSAYO DE PH DEL POLVO DE ROCA ZEOLITA



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES
“COLECBI” S.A.C.
REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN NACIONAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20170608-011APág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: LUIS EDUARDO VENTURA GOMEZ
DIRECCIÓN	: Urb. Santa Cristina Mz. B - 4 Lote 20
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno cerrada
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-06-08
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2017-06-08
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2017-06-08
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio de Físico Químico
CÓDIGO COLECBI	: SS 170608-11

RESULTADOS

MUESTRAS	ENSAYOS
	pH
Zeolita	10.05

METODOLOGÍA EMPLEADA
pH : Potenciométrico.

NOTA

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 08 del 2017.
D.V.V./ms


Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-001-HQE
Rev. 04
Fecha 2013-11-30PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO N°4
ENSAYO DE PH DEL CEMENTO Y DE LAS MEZCLAS DEL CEMENTO Y LA ZEOLITA



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES
“COLECBI” S.A.C.
REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20170608-011 Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	LUIS EDUARDO VENTURA GOMEZ
DIRECCIÓN	Urb. Santa Catalina Mz. B - 4 Lote 20
PRODUCTO DECLARADO	ABAJO INDICADOS.
CANTIDAD DE MUESTRA	03 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN	2017-06-08
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2017-06-08
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2017-06-08
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio de Físico Químico
CÓDIGO COLECBI	SE 170608-11

RESULTADOS

MUESTRAS	ENSAYOS
	pH
Cemento Portland Tipo I	13.47
20% de Zeolita + 80% de Cemento	13.54
15% de Zeolita + 85% de Cemento	13.50

METODOLOGÍA EMPLEADA
pH : Potenciometría

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra sometida.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como avalado al sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 09 del 2017.
D.V.Y./m



Denis M. Vargas Yapéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LCAP-1998
Rev. 04
Fecha 2015-11-05

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - L1.7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2693 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO N°5

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA - CANTERA VESIQUE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

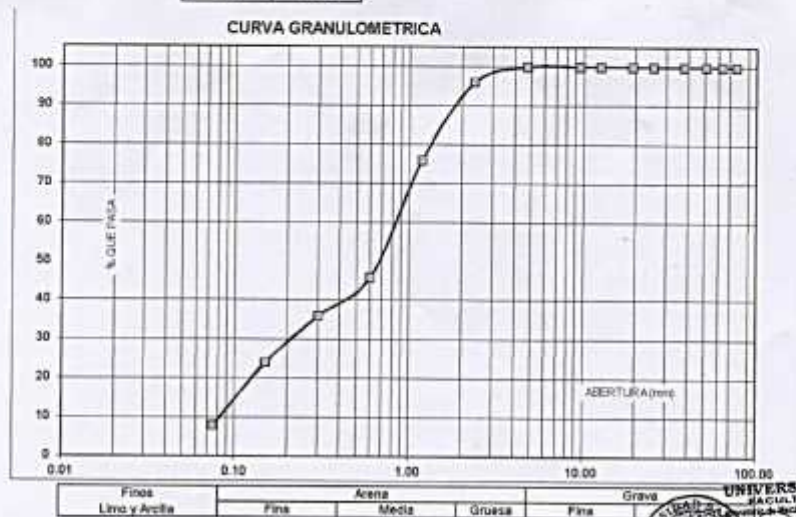
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)**

SOLICITA : BACH: VENTURA GÓMEZ CORNEJO LLIS
 TESIS : SUSTITUCIÓN DE 15% Y 20% DE CEMENTO POR POLVO DE ROCA ZEOLITA EN LA RESISTENCIA DE UN MORTERO
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA ANCAH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 25/09/2017

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr.)	% rel. Parcial (%)	% rel. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N° 3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.36	27.45	4.0	4.0	96.0
N° 16	1.18	137.55	20.0	24.0	76.0
N° 30	0.60	206.25	30.0	54.0	46.0
N° 60	0.30	68.75	10.0	64.0	36.0
N° 100	0.15	62.80	12.0	76.0	24.0
N° 200	0.08	109.80	16.0	92.0	8.0
PLATO ASTM C-117.04	0.075	54.80	8.0	100.0	0.0
TOTAL		687.5	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.22

OBSERVACIONES
 La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos	Acrea			Grava
Limo y Arcilla	Fina	Medía	Gruesa	Fina

Jorge Montañez Reyes
 JEFE

ANEXO N°6
FLUIDEZ DE LA MEZCLA DE LOS MORTEROS PATRONES



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-PATRON
(MTC E 616-NTP 334 126)**

SOLICITA: BACH. VENTURA GOMEZ CORNEJO LUIS
TEST: SUSTITUCION DE 15% Y 20% DE CEMENTO POR POLVO DE ROCA ZEOLITA EN LA RESISTENCIA DE UN MORTERO
LUGAR: CHIMBOTE-SANTA ANICASH
MATERIAL: ARENA GRUESA
FECHA: 25/09/2017
RELACION: AGUA / CEMENTO 0.60

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
21.00	21.30	10.16	109.85
21.30			
21.50			
21.40			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

ANEXO N°7
FLUIDEZ DE LA MEZCLA DE LOS MORTEROS EXPERIMENTALES CON
15% DE SUSTITUCIÓN



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL 15%**
(MTC E 618-NTP 334.126)

SOLICITA : SACH VENTURA GOMEZ CORREJO LUIS
 TESIS : SUSTITUCION DE 11% Y 20% DE CEMENTO POR POLVO DE ROCA ZEOLITA EN LA RESISTENCIA DE UN MORTERO
 LOCAL : CHIMBOTE-SANTA ANICASH
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 25/08/2017
 RELACION : AGUA/CEMENTO 0.85

Ø (FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
21.20	21.20	10.16	109.40
21.10			
21.50			
21.30			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

www.usanpedro.edu.pe
Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Cel. 990579937
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

ANEXO N°8
FLUIDEZ DE LA MEZCLA DE LOS MORTEROS EXPERIMENTALES CON
20% DE SUSTITUCIÓN



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL 20%**
(MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA BACH VENTURA GOMEZ CORNEJO LUIS
 TESIS SUSTITUCION DE 15% Y 20% DE CEMENTO POR POLVO DE ROCA ZEDOLITA EN LA RESISTENCIA DE UN MORTERO
 LUGAR CHIMBOTE-SANTA ANCAISH
 MATERIAL ARENA GALESA
 FECHA 25/04/2017
 RELACION AGUA/CEMENTO 0.65

(X)FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
21.20	21.23	10.16	108.91
21.00			
21.30			
21.40			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango $110 \pm 5\%$


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

ANEXO N°9
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN OBTENIDAS SEGÚN MORTEROS
PATRONES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Centro de Ingeniería Civil Asociado por



ABET
 Accredited Board for Engineering and Technology
 Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : LUIS EDUARDO VENTURA GÓMEZ CORNEJO
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 17-1752
 Recibo N° : 55768
 Fecha de emisión : 06/06/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Especímenes cúbicos de Mortero.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versátil ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-110-2010

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051-2013.

4.0. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
1	PATRON 01	02/06/2017	06/06/2017	26.5	0.663	251
2	PATRON 02	02/06/2017	06/06/2017	26.3	0.331	241
3	PATRON 03	02/06/2017	06/06/2017	26.5	0.524	250

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al material, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. R.V.M.


 Ms. Ing. Ana Torro Carrillo
 Jefe (a) del Laboratorio

NOTAS

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tugay Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú

(511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 306

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



LABORATORIO
 ISO 9001
 CERTIFICADO



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : LUIS EDUARDO VENTURA GOMEZ CORNEJO
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 17-1752
 Recibo N° : 17978
 Fecha de emisión : 04/07/2017

- 1.0. DE LA MUESTRA : Especímenes cúbicos de Mortero.
 2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-119-2016
 3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	PATRÓN 04	02/08/2017	09/08/2017	26.5	5,462	206
2	PATRÓN 05	02/08/2017	09/08/2017	26.3	5,287	201
3	PATRÓN 06	02/08/2017	09/08/2017	26.3	5,357	204
4	PATRÓN 07	02/08/2017	30/08/2017	26.5	9,022	340
5	PATRÓN 08	02/08/2017	30/08/2017	26.5	10,513	400
6	PATRÓN 09	02/08/2017	30/08/2017	26.5	10,458	394

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. E.G.V.

J. Ana Torre Camillo
 Jefe del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos sólo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 308

www.lem.unl.edu.pe
 lem@unl.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



ANEXO N°10
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN OBTENIDAS SEGÚN MORTEROS
EXPERIMENTALES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Centro de sistemas computacionales

Association to Advance Collegiate Schools of Engineering
 Engineering Technology Accreditation

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : LUIS EDUARDO VENTURA GOMEZ CORNEJO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-2162
Recibo N° : 56204
Fecha de emisión : 07/07/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Especímenes cúbicos de Mortero.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
Certificado de Calibración CMC-119-2016

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051.2013.

4.0. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	EXP 01-15% ZEO	04/07/2017	07/07/2017	27.0	6.014	223
2	EXP 02-15% ZEO	04/07/2017	07/07/2017	27.0	6.697	248
3	EXP 03-15% ZEO	04/07/2017	07/07/2017	27.0	6.447	238

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por Lic. J. Basurto P.
Técnico Sr. R.V.M.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (a) del laboratorio

NOTAS
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 305

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : LUIS EDUARDO VENTURA GOMEZ CORNEJO
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 17-2162
 Recibo N° : 66204
 Fecha de emisión : 01/08/2017

- 1.0. DE LA MUESTRA : Especímenes cúbicos de Mortero.
 2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa testler ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-119-2016
 3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm²)
1	EXP 04-15% ZEO	04/07/2017	11/07/2017	26.5	7.778	293
2	EXP 05-15% ZEO	04/07/2017	11/07/2017	26.6	7.315	278
3	EXP 06-15% ZEO	04/07/2017	11/07/2017	26.5	7.796	292
4	EXP 07-15% ZEO	04/07/2017	01/08/2017	26.8	10.627	397
5	EXP 08-15% ZEO	04/07/2017	01/08/2017	26.5	10.670	402
6	EXP 09-15% ZEO	04/07/2017	01/08/2017	26.6	9.679	364

5.0. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Besurto P.
 Técnico : Sr. E.G.V.

E.G.V.



Ana Torre Camilo
 Ms. Ing. Ana Torre Camilo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 306

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : LUIS EDUARDO VENTURA GOMEZ C
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 17-2318
 Recibo N° : 56366
 Fecha de emisión : 26/07/2017

1.0. DE LA MUESTRA : Especímenes cúbicos de Mortero.
 2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo versa tester ELE-INTERNATIONAL
 Certificado de Calibración CMC-119-2016
 3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 334.051:2013.

4.0. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	EXP 01 - ZEOLITA 20 %	16/07/2017	19/07/2017	26.6	7,941	298
2	EXP 02 - ZEOLITA 20%	16/07/2017	19/07/2017	27.0	6,891	255
3	EXP 03 - ZEOLITA 20%	16/07/2017	19/07/2017	26.8	7,778	290
4	EXP 04 - ZEOLITA 20%	16/07/2017	21/07/2017	26.1	6,787	260
5	EXP 05 - ZEOLITA 20%	16/07/2017	21/07/2017	26.7	5,984	224
6	EXP 06 - ZEOLITA 20%	16/07/2017	21/07/2017	25.8	7,050	274

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. E.G.V.

Atte: Ing. Ana Torre Carrillo
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibida reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Topac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 306

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



ANEXO N° 11
PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1. Recolección de la Materia Prima – Roca Zeolita.



Foto 2. Lavado de la Roca Zeolita.



Foto 3. Trituración de la Roca Zeolita.



Foto 4. Trituración y tamizado del Material.



Foto 5. Peso del Material y Tamizado por la Malla N° 200.



Fotos 6. Agregado Fino - Cantera Vesique.



Foto 7. Gradación del agregado Fino.



Foto 8. Fluidez de la Mezcla del Mortero Patrón.



Fotos 9,10. Peso y Curado del Mortero Patrón.



Fotos 11,12. Fluidez de la Mezcla de los Morteros Experimentales al 15% y 20%.



Fotos 13,14. Curado del Mortero Experimental 15%.



Fotos 15,16. Curado del Mortero Experimental 20%.



Fotos 17,18,19. Resistencia de los Morteros Patrones y Experimentales al 15% y 20%.