

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a compresión de mortero con cemento sustituido  
al 9% y 18 % de la combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza de  
Concha de Abanico.**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autor**

Sandoval Robles, Carlos Javier

**Asesor**

López Carranza, Rubén Atilio

Chimbote – Perú

2018

**PALABRAS CLAVES:**

<b>TEMA</b>	Resistencia de Mortero
<b>ESPECIALIDAD</b>	Tecnología del Concreto

**KEY WORDS:**

<b>Topic</b>	Mortar Strength
<b>Specialization</b>	Concrete Technology

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

<b>Programa</b>	Ingeniería Civil
<b>Línea de Investigación</b>	Construcción y Gestión de la Construcción
<b>OCDE</b>	2. Ingeniería y Tecnología 2.1. Ingeniería Civil Ingeniería de la Construcción
<b>Sub-Líneas o Campos de la Investigación</b>	Materiales de la Construcción Tecnología de la construcción y Procesos constructivos

**TITULO:**

**RESISTENCIA A COMPRESION DE MORTERO CON  
CEMENTO SUSTITUIDO AL 9% Y 18 % DE LA  
COMBINACION DE POLVO DE VIDRIO Y CENIZA  
DE CONCHA DE ABANICO**

**Resumen:**

La investigación se enfocó en determinar la resistencia a compresión de un mortero al sustituir el cemento en un 9% y 18% por la combinación de Polvo de Vidrio y ceniza de Concha de Abanico; estudio que se realizó en la ciudad de Chimbote utilizando agregado fino de la Cantera Rubén, residuos de Vidrio de la empresa CORPORACION PACIFICO S.R.L ubicado en la Ciudad de Chimbote, Concha de Abanico del Mercado “La Sirena” y Cemento Portland Tipo I.

La metodología de la investigación es de carácter experimental, el cual utilizo el Vidrio y la Concha de Abanico como nuevos elementos en la elaboración de mortero de Albañilería. La activación se realizó mediante molienda y calcinación controlada; el cual genero el aumento en sus componentes de óxidos llegando obtener el 83.875 % de óxido de Sílice en el Polvo de Vidrio y 82.526% de óxido de Calcio en las Ceniza de Concha de Abanico. Estos fueron mezclados y utilizados como reemplazo parcial del cemento en proporciones 2:1; y elaborados de acuerdo a la norma técnica peruana 334.051 (2013); del cual se evaluó su resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de curado y comparado con un mortero convencional. Para ello se realizó una serie de ensayos como el ensayo de la resistencia a la compresión, gradación del agregado, ensayo de fluidez; llegando a obtener la mejor resistencia a la compresión de 410.67 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente a la sustitución del 9% a los 28 días.

## **Abstract**

The research focused on determining the compressive strength of a mortar by replacing the cement by 9% and 18% with the combination of Glass Dust and Fan Shell Ash; This study was carried out in the city of Chimbote using fine aggregate from the Rubén Quarry, Glass waste from the company CORPORACIÓ PACIFICO S.R.L located in the City of Chimbote, Concha de Abanico from the Market "La Sirena" and Portland Cement Type I.

The methodology of the research is experimental, which I use the Glass and the Fan Shell as new elements in the construction of Masonry mortar. Activation was carried out by controlled grinding and calcination; which generated the increase in its oxide components, obtaining 83.875% silica oxide in the glass powder and 82.526% calcium oxide in the fan shell ash. These were mixed and used as a partial replacement of cement in 2: 1 proportions; and prepared according to the Peruvian technical standard 334.051 (2013); from which its resistance to compression was evaluated after 3, 7 and 28 days of curing and compared with a conventional mortar. To this end, a series of tests was carried out, such as the compression resistance test, the gradation of the aggregate, the fluency test; arriving to obtain the best resistance to the compression of 410.67 kg / cm<sup>2</sup> corresponding to the substitution of 9% at 28 days.

## Índice General

<b>Contenido</b>	
Palabras Clave	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice General	v
<b>Introducción</b>	01
<b>Metodología</b>	25
<b>Resultados</b>	30
<b>Análisis y Discusión</b>	43
<b>Conclusiones</b>	46
<b>Recomendaciones</b>	47
<b>Agradecimiento</b>	48
<b>Referencias Bibliográficas</b>	49
<b>Anexos</b>	51
<b>Panel Fotográfico</b>	78

## Apéndice

### Tablas

Tabla 1. Componentes principales del cemento Portland tipo I	11
Tabla 2. Porcentajes de Gradación de la Arena Gruesa	12
Tabla 3. Límites Permisibles para Agua de Mezcla	13
Tabla 4. Composición Química del Vidrio según su Tipo	15
Tabla 5. Composición Química del Polvo de Concha de Abanico	17
Tabla 6. Tolerancia Permisible para Tiempo de Ensayo	22
Tabla 7. Variable dependiente	23
Tabla 8. Variable independiente	24
Tabla 9. Numero de Especímenes para Elaboración de Bloques de Mortero	25
Tabla 10. Técnicas de Recolección de Información	27
Tabla 11. Requisitos de Gradación para Elaborar una Tanda de Mortero de 3 Cubos	29
Tabla 12. Dosificación de Materiales para elaborar Especímenes de Mortero Patrón	30
Tabla 13. Fluorescencia de Rayos X de las cenizas de Concha de Abanico	32
Tabla 14. Fluorescencia de Rayos X del polvo de concha Vidrio	33
Tabla 15. Potencial Hidrogeno de los Componente Activos y sus combinaciones	34
Tabla 16. Fluidéz del Mortero	34
Tabla 17. Dosificación de Materiales para elaborar los especímenes de Mortero Experimental al 9% y 18% de sustitución	35
Tabla 18. Resistencia a Compresión Patrón de 3 días	35
Tabla 19. Resistencia a Compresión Patrón de 7 días	35

Tabla 20. Resistencia a Compresión Patrón de 28 días	36
Tabla 21. Resistencia a Compresión Experimental 9% de 3 días	36
Tabla 22. Resistencia a Compresión Experimental 9% de 7 días	36
Tabla 23. Resistencia a Compresión Experimental 9% de 28 días	37
Tabla 24. Resistencia a Compresión Experimental 18% de 3 días	37
Tabla 25. Resistencia a Compresión Experimental 18% de 7 días	37
Tabla 26. Resistencia a Compresión Experimental 18% de 28 días	38
Tabla 27. Medidas de Dispersión del Mortero Patrón	38
Tabla 28. Medidas de Dispersión del Mortero Experimental al 9% de sustitución	39
Tabla 29. Medidas de Dispersión del Mortero Experimental al 18% de Sustitución	39
Tabla 30. Resistencia a Compresión Promedio de Especímenes de Mortero	40
Tabla 31. Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.	41
Tabla 32. Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de los cubos de mortero es diferente	42

## **Figuras**

Figura 1. Volúmenes Integrantes de un Mortero de Cemento Portland	08
Figura 2. Análisis Termo Gravimétrico de la Concha de Abanico	31
Figura 3. Curva Calorimétrica DSC de la Concha de Abanico	31
Figura 4. Resistencia a Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) Vs Edad (Días)	40
Figura 5. Resistencia a Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) Vs Edad (Días)	41



## **I). Introducción**

Shilpa y Kumar (2014), en su investigación intentó averiguar la resistencia del concreto conteniendo residuos de vidrios en polvo como sustituto parcial del cemento para el concreto. El cemento sustituido por vidrio en polvo fue estudiado en los rangos de 5% a 40 % con incremento de 5 % y evaluado mediante la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión a la edad de 7, 28 y 90 días y comparado con un concreto convencional.

De los resultados concluye que la resistencia a la compresión aumenta con el aumento de porcentaje de polvo de vidrio hasta el reemplazo de 20% y más allá de 20% de concentración disminuye. Su Resistencia a la flexión también aumenta con el aumento de porcentaje de polvo de vidrio hasta reemplazo de 20% y más allá de 20% de concentración desciende. Teniendo en cuenta los criterios de resistencia, la sustitución de cemento por polvo de vidrio fue factible.

El vidrio muy finamente molido ha demostrado ser un excelente material de carga y puede tener suficientes propiedades puzolánicas para servir como sustituto parcial del cemento

Asimismo, Gunalaan y Ganis (2013), en su trabajo de investigación estudio los efectos de usar residuos de vidrio como sustituto del cemento con el propósito de determinar el rendimiento del concreto, para ello evaluó mediante la prueba de la trabajabilidad, prueba de densidad y prueba de resistencia a la compresión. Se realizaron un total de seis (150mm x 150mm x 150mm) cubos que fueron ensayados a las edades de 7, 14 y 28 días con el fin de estudiar el progreso de la resistencia a la compresión.

El tipo de dicha investigación fue explicativo y el diseño fue experimental, llegando a la conclusión que el concreto con el uso de residuos de vidrio en polvo fueron capaces de aumentar la trabajabilidad del hormigón, así como la resistencia a la compresión. En términos de fuerza, el concreto con el uso de residuos de vidrio en polvo medianamente tiene una mayor resistencia a los 14 días, pero una vez que el concreto

alcanza a los 28 días la mezcla de control dan valores más alto en comparación con la mezcla que contiene residuos de vidrio en polvo, pero aun así da un alto valor del grado 305.90 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, la densidad se reduce en comparación con la mezcla estándar de concreto.

En la investigación de Rodríguez. y Ruíz (2016) presentaron un artículo denominado Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento; del cual tuvo como objetivo estudiar cómo afecta la resistencia del hormigón con la reducción del contenido de cemento mediante su reemplazo parcial por vidrio molido, utilizando los pasante del tamiz #200 en proporciones de 0% (control) y 20%, evaluando su resistencia en estado endurecido mediante el ensayo de resistencia a la compresión a edades de 7, 28, 56, 120 y 270 días.

De sus resultados concluyen que, en efecto, si se considera la relación a/c neta (sin considerar la adición del vidrio molido) igual a 0,71 en el hormigón se obtiene que la mejora por incorporación de las micro partículas de vidrio a la mezcla fue del 17%, aproximadamente, para 28 días de edad. El aumento total de resistencia (medido entre el ensayo a 270 días y el ensayo a 7 días) es del 279% para el hormigón con incorporación de vidrio y del 106% para el hormigón patrón.

Asimismo, resalta que la resistencia a compresión con reemplazo de 20% de vidrio molido no sobrepasa a la del patrón en ninguna de las edades.

En la investigación de Guevara (2013) desarrollo la investigación titulada Desarrollo de nuevos materiales cementantes utilizando residuos vítreos, mediante activación mecano-química; el propósito de esta investigación fue desarrollar materiales cementantes alternativos utilizando como materia prima desechos de vidrio y cenizas volantes, del cual para la activación de la materia prima incluyó la molienda mecano-química a partir de mezclas de vidrio y ceniza con solución alcalina. Además de ser evaluado a través de su resistencia a la compresión y curados de forma estándar a los 7, 14, 28 y 90 días.

El tipo de dicha investigación fue explicativo y el diseño fue experimental, llegando a la siguiente conclusión que, mediante la mezcla de desechos inorgánicos como la ceniza volante y el vidrio sódico-cálcico, este último previamente tratado y activado mecano-químicamente, es posible obtener nuevos materiales con propiedades cementantes. Asimismo, de presentar un mayor valor de resistencia a la compresión, atribuido a la proporción 1:1 de vidrio reciclado y ceniza volante.

Por otro lado, Estela *et al* (2016) en su investigación estudio la influencia del porcentaje de ceniza de concha de abanico como adición en morteros sobre la resistencia a la compresión y la absorción en adoquines, empleado la ceniza de concha de abanico como adición con variaciones contenidas en 10%, 20%, 30%, 40% en peso del cemento, para ser evaluados las edades de 14 días curándose la primera mitad mediante curado a vapor y la otra mitad bajo agua.

El tipo de dicha investigación fue explicativo y el diseño fue experimental, llegando a la conclusión que en probetas con adición de ceniza de concha de abanico sometido a un curado bajo agua por siete días presentan una resistencia a la compresión óptima con un 10% sin embargo, los porcentajes de 20% y 30% de adición presentan valores similares a la resistencia de la probeta patrón. Para la adición de 40% en peso de ceniza de concha de abanico presenta una resistencia a la compresión deficiente, presentando un valor por debajo de la resistencia a la compresión de la probeta patrón.

También en la investigación Coronación (2016) su investigación, se basó en determinar la resistencia a la compresión de un mortero mediante la sustitución del cemento por la combinación Cascara de Arroz y polvo de Concha de abanico, del cual concluye que al activar térmicamente el polvo de Concha de Abanico por 900°C por 4 horas, este contiene un alto porcentaje de óxido de Calcio (CaO) de 99.59%, siendo este un material cementante. En cuanto a la resistencia a la compresión de las muestras experimentales obtuvieron el 104% más que la muestra patrón a los 28 días.

El presente proyecto de investigación se justifica con la búsqueda de mejorar la resistencia del mortero, mediante la sustitución parcial del cemento por la combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza de Concha de Abanico.

El vidrio y la Concha de Abanico son materiales que se desechan a diario en los botaderos o rellenos sanitarios por su inadecuada utilización o manejo. Aunque la cultura de la reutilización ha existido desde siempre, sigue existiendo la acumulación de residuos en los entornos de las ciudades. Esto mayormente se debe a la generación excesiva por parte de las industrias que obedece a la ineficiencia de los procesos productivos, a la escasa durabilidad de los productos y al conjunto de hábitos insostenibles. Por ello, mientras que se modifican estos hábitos o se desarrollen nuevos procedimientos de producción industrial o se mejora la calidad durable de dichos productos, es importante sensibilizar a la sociedad ante la enorme pérdida de recursos y de materias primas que los residuos presentan en sí mismos

Asimismo, se tiene al cemento como el principal material utilizado en los trabajos relacionado a obras civiles y debido a su constante producción contribuye con alrededor del 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera terrestre a nivel mundial. Con el fin de abordar los efectos ambientales asociados con la fabricación de cemento, hay una necesidad de desarrollar nuevas alternativas para hacerle uso en la construcción. Por tal motivo se debe estar en la capacidad de proponer el uso de diferentes recursos naturales que tengan propiedades o antecedentes común la actividad puzolánica para que puedan brindar soluciones tomando en consideración los costos y el medio ambiente.

Se plantea utilizar los residuos de vidrio y Concha de Abanico como una opción idónea para la elaboración de morteros. Para ello se requiere conocer cómo influyen estos materiales en cuanto a la resistencia, trabajabilidad y durabilidad; para su uso en la construcción.

Esta investigación sirve a la comunidad estudiantil de Ingeniería Civil realizar investigaciones diversas con el uso de estos materiales, que serán posteriores a este trabajo de investigación, ya que, hay una serie de aplicaciones que se podrían

aprovechar en sustituir al cemento por la combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza de Concha de Abanico; con esto se busca contribuir a las generaciones del conocimiento el uso de nuevas alternativas de sustitutos de cementos que sean accesibles y beneficiosos para la población de Chimbote y el medio ambiente, puesto que aportara en mejorar la construcción de viviendas brindándoles mayor resistencia, seguridad y comodidad a la población, todo a un menor costo,

Asimismo, contribuir con los avances tecnológicos, dar mayor interés y difusión a una alternativa tecnológica que en países desarrollados ya lo vienen utilizando.

Con el crecimiento de la industria en el sector de la construcción, se tiene al cemento como el principal material utilizado en los trabajos relacionado a obras civiles y debido a su constante producción contribuye con alrededor del 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial; siendo la fuente de emisión el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que afecta principalmente a la atmosfera terrestre.

A nivel mundial se registra una producción de 2310 millones de toneladas de cemento, teniendo a China como el país con más producción de cemento en el mundo, con una producción de 1880 millones de toneladas de cemento, siguiéndole India con 210 millones de toneladas de cemento, Estados Unidos con 67 millones de toneladas de cemento, Turquía con 62 millones de toneladas de cemento, Brasil con 59 millones de toneladas de cemento, Japón con 51 millones de toneladas de cemento y Rusia con 50 millones de toneladas de cemento. En el Perú, uno de los países con más crecimiento en la industria inmobiliaria de Latinoamérica de los últimos años, cuenta con una producción aproximada de 6.86 millones de toneladas de cemento para el año (2016), ocupando el puesto 42 de producción de cemento en el mundo.

Con el fin de abordar los efectos ambientales asociados con la fabricación de cemento, hay una necesidad de desarrollar nuevas alternativas que busquen reemplazar parcialmente o en su totalidad al cemento, considerando materiales o insumos naturales que cuenten con propiedades puzolánicas semejantes a esta.

Actualmente se han llevado a cabo experimentos con la finalidad de buscar materiales que puedan ayudar a la reducción de la cantidad de cemento Portland empleado en mezcla de concreto o morteros, pero que a su vez aporten resistencia y durabilidad a la misma

Por otro lado, según Disfani *et al.* (2011) menciona que el crecimiento en cantidades y tipos de desechos tales como plásticos, vidrios, arcillas quemadas, papel, etcétera, así como la escasez de espacios para depositarlos y la carencia de materias primas, extreman la emergencia de encontrar maneras innovadoras de reusar dichos materiales de desecho.

Hoy en día la protección del medioambiente lleva implícita las palabras "recuperación" y/o "reciclado". Los países industrializados son grandes productores de desechos que no se pueden destruir de una manera sencilla y rápida. Los altos costos de eliminación de residuos obligan a los gobiernos a tomar medidas encaminadas a minimizar esos residuos y reducir su dependencia de las materias primas. De esta manera, el reciclaje ha sido practicado por industrias estadounidenses, alemanas, japonesas, canadienses, danesas, francesas y de muchos otros países desde hace más de 20 años, en gran medida debido a que reciclar y reusar los materiales de desecho puede reducir la demanda de recursos naturales y conducir a un medioambiente más sustentable.

Aunque la cultura de la reutilización ha existido desde siempre, sigue existiendo la acumulación de residuos en los entornos de las ciudades. Esto mayormente se debe a la generación excesiva por parte de las industrias que obedece a la ineficiencia de los procesos productivos, a la escasa durabilidad de los productos y al conjunto de hábitos insostenibles. Por ello, mientras que se modifican estos hábitos o se desarrollen nuevos procedimientos de producción industrial o se mejora la calidad durable de dichos productos, es importante sensibilizar a la sociedad ante la enorme pérdida de recursos y de materias primas que los residuos presentan en sí mismos

Entre los materiales que se desechan a diario, el vidrio es el único material 100 % reciclable que se puede aprovechar completamente y de forma indefinida. Sin

embargo, por la falta de planificación para la disposición de esta y su inadecuada utilización o manejo, mayormente se encuentra presente en los botaderos o rellenos sanitarios, en muchas ocasiones de forma incontrolada. No sólo se está perdiendo o desaprovechando energía y material potencialmente reutilizable, reciclable o valorizable, sino que, afecta de manera muy negativa al medio ambiente. Asimismo, se tiene la Concha de Abanico un material orgánico que en la última década se ha convertido en uno de los moluscos de exportación más importante con fuertes fluctuaciones en los volúmenes desde el inicio de la exportación a inicios de los ochenta. El cultivo de “concha de abanico” (*Argopecten purpuratus*) viene generando una serie de impactos ambientales negativos en el ecosistema de la bahía de Samanco y a la zona costera hasta Casma, esta se ve potenciada por prácticas insostenibles entre las cuales se incluyen la disposición de los desechos en lugares no apropiados, las cuales muchas veces son arrojados en las mismas zonas de cultivo o alrededor de las orillas. Para ello se requiere buscar maneras de reducir estos impactos a la sociedad y el medio ambiente, mediante el uso en el ámbito de la construcción puesto que se han encontrado estudios que el vidrio trabajado a partículas sumamente pequeñas y la concha de Abanico calcinado a altas temperaturas posee propiedades puzolánicas semejantes al cemento.

En el Perú existen varias empresas dedicadas a la industria y comercialización de vidrio, una de ellas se tiene a la empresa CORPORACION PACIFICO S.R.L ubicada en el mismo distrito Chimbote, provincia del Santa, que pese a ser una empresa con gran experiencia, no aprovecha al 100% dicho material, dejando en si residuos que son eliminados a los botaderos.

En respuesta a estas problemáticas se plantea utilizar los residuos de vidrio y Concha de Abanico como una opción idónea para la elaboración de morteros de Albañilería. Para ello se quiere conocer cómo influyen estos materiales en cuanto a la resistencia, trabajabilidad y durabilidad para su uso de la construcción.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

*¿En qué medida la sustitución del cemento por el 9% y 18% de la combinación de polvo de vidrio y ceniza de Concha de Abanico en la elaboración de mortero mejoraría la resistencia, en comparación a un mortero convencional en la ciudad de Chimbote - 2018?*

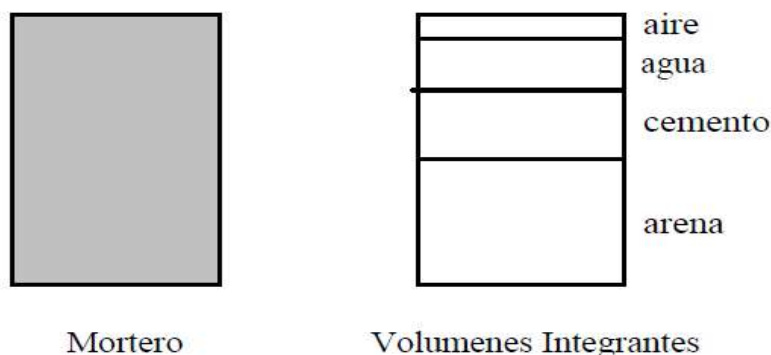
De la bibliografía consultada se pudo revisar diversas definiciones que serán útiles para el desarrollo de la investigación, tales como:

### **Mortero**

El mortero es una mezcla plástica que resulta de combinar arena y agua con un aglomerante tal como el cemento Portland y otros. En general se utilizan para obra de albañilería y para revestimiento de paredes. En los morteros de cemento Portland se utiliza al cemento como aglomerante.

Los morteros se definen como mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos siendo el principal el cemento. También se puede adicionar cal como segundo conglomerante para aportar trabajabilidad y plasticidad. Otros componentes son los áridos silíceos, calizos; los aditivos químicos que pueden ser aireantes, plastificantes, retenedores de agua, hidrofugantes, retardante y el agua (León, 2014)

$$\text{MORTERO} = \text{CEMENTO PORTLAND} + \text{AGREGADOS} + \text{AIRE} + \text{AGUA}$$



**Figura 1.** Volúmenes integrantes de un mortero de cemento Portland

La dosificación de los morteros varía según los materiales y el destino de la mezcla. Se elaboran comúnmente en forma manual, mecánicamente o bien, premezclados.



Además, debido a que los morteros no llevan grava son más fáciles de manejar y se consume menos energía en su mezclado y colocación, ya sea manual o por medios mecánicos. (Gómez, J. s.f.)

### **Características del mortero y sus estados**

**Morteros en estado fresco:** Al adicionar agua al cemento, se origina una pasta de cemento, la cual pasa por una etapa inicial, en la que se desarrolla el proceso de hidratación del cemento, durante el cual presenta una consistencia plástica. Luego se inicia su endurecimiento, en el que adquiere progresivamente las características de sólido.

**Trabajabilidad:** Se obtiene en el momento que el mortero se mantiene en estado plástico, puesto que condiciona sus características en dicha etapa, la que a su vez corresponde a la de su empleo en obra. Para que la mezcla pueda colocarse fácilmente en las formas y se obtenga un vaciado compacto y denso, es necesario que sea suficientemente plástico. Es una característica que contribuye a evitar la segregación y facilitar el manejo previo durante la colocación de la mezcla.

**Plasticidad:** Define la trabajabilidad del mortero. Depende de la consistencia de la granulometría de la arena y de la cantidad de finos que contenga la misma. Se puede mejorar con el uso de aditivos plastificantes.

**Retención de agua:** Es la propiedad que tienen los morteros para mantener la trabajabilidad, evitando que pierda el agua de forma rápida, lo que además podría dar problemas en el fraguado del cemento.

**Segregación:** Es la separación de los componentes del mortero. Se evita añadiendo agua en exceso y utilizando arenas con tamaños no muy grandes.

**Adherencia:** Es la propiedad que mide la facilidad o resistencia que presenta el mortero al deslizamiento sobre la superficie del soporte en el que se aplica. Se mejora mediante un mayor incremento de cemento y cal y mediante el uso de finos arcillosos en la arena.

**Contenido de aire:** Es siempre perjudicial y se encuentra como impureza gaseosa en cantidades dependientes principalmente del tamaño máximo de los agregados, y secundariamente de las características de este. Para fines de cálculo suele estimarse en un 3 % el volumen de aire naturalmente incorporado por los morteros.

**Exudación:** El proceso de exudación se produce porque los morteros están constituidos por materiales de distinto peso específico, razón por la cual los materiales más pesados tienden a decantar y los más livianos como el agua tienden a ascender.

**Fraguado:** Se define como fraguado el cambio de estado físico que sufre una pasta desde una condición blanda hasta una condición de rigidez.

**Densidad:** la densidad del mortero se define como el peso por unidad de volumen. Esta depende del peso específico y de la proporción en que participan cada uno de los diferentes materiales constituyentes del mortero.

## **Composición del Mortero**

### **Cemento**

El cemento Portland es el producto, que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. (Rivera, 2011)

### **Características químicas:**

Silicato Tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Silicato Dicálcico, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

Aluminato Tricálcico, el yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con para controlar el tiempo de fraguado.

Aluminio-Ferrito tetra cálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación

Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. (Abanto, F. 2009)

Según (Rivera, 2011) los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento Portland Tipo I y las proporciones generales en que intervienen son

**Tabla 1**

*Componentes principales del cemento portland tipo I*

OXIDOS	CONTENIDO (%)
Oxido de calcio ( <b>CaO</b> )	60 – 67
Oxido de Silice ( <b>SiO<sub>2</sub></b> )	17 – 25
Oxido de Aluminio ( <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> )	3 – 8
Oxido de Fierro ( <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> )	0.5 – 6.
Oxido de Magnesio ( <b>MgO</b> )	0.1 – 4.0
Álcalis	0.2 – 1.3
Óxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	1 – 3

*Fuente:* Concreto Simple. Rivera, G. (2011)

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se obtiene de las materias primas, finalmente molidas y mezcladas calentándose hasta principios de la fusión (1400– 1450C°) cuando se mezcla con agua, ya sea solo o con combinaciones con arena, piedra u otros materiales similares tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. (Abanto, 2009)

El cemento empleado para el presente proyecto de investigación será el cemento Portland Tipo I.

## **Agregado Fino**

El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz de 3/8” (9.51mm) y es retenido en el tamiz N°200 (74um). Norma Técnica Peruana 400.011

Propiedades físicas:

El agregado fino a utilizarse en el mortero debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas. Asimismo, la arena gradada normalizada deberá ser manipulada de tal manera prevenir la segregación en el vaciado de los sacos, y formación de montículos de arena

Para la gradación de la arena se utilizaron las mallas N° 04 el cual debe pasar en un 100% todo el material, seguidas de las mallas N° 08, 16, 30, 50 ,100 y 200; el agregado no debe tener más de 50% de retenido en dos mallas consecutivas y a la vez debe tener como máximo 25% entre la malla N° 50 y 100.

**Tabla 2.**

*Porcentajes de Gradación de la Arena Gruesa*

<b>Tamaño de Tamiz</b>	<b>Porcentaje que Pasa</b>	
	<b>Arena Natural</b>	<b>Arena Manufacturada</b>
N° 4 (4.75 mm)	100	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35	20 a 40
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15	10 a 25
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2	0 a 10

*Fuente:* Norma Técnica Peruana 399.607 (2013)

## **Agua**

El agua es imprescindible en las etapas de la elaboración del mortero: en cuanto al mezclado para fraguado y curado. El agua de mezclado ocupa normalmente entre 15% y 20% del volumen de mortero fresco y, conjuntamente con el cemento, forman un

producto coherente, pastoso y manejable, que lubrica y adhiere el agregado. Simultáneamente esta agua reacciona químicamente con el cemento, hidratándolo y produciendo el fraguado en su acepción más amplia, desde el estado plástico inicial, pasando por lo que llamamos endurecimiento, hasta el desarrollo de resistencias a largo plazo. Por otra parte, el agua de curado es necesaria para reponer la humedad que se pierde por evaporación luego que el mortero ha sido colocado compactado y alisado en su superficie.

**Tabla 3**

*Límites Permisibles para Agua de Mezcla.*

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

*Fuente:* Norma Técnica Peruana 399.088 (2014)

Tanto el agua de mezclado como el agua de curado deben estar libres de contaminantes que puedan perjudicar el fraguado o que reaccionen negativamente, en estado fresco o en estado endurecido.

### **Vidrio**

Según Pearson, (2009) menciona que el producto que llamamos vidrio, es una sustancia dura, normalmente brillante y transparente, compuesta principalmente de silicatos y álcalis fusionados a alta temperatura. Se lo considera un sólido amorfo, porque no es ni sólido ni líquido, sino que existe en un estado vítreo

#### **Tipos de vidrios según su composición química:**

Según Pearson, (2009) indica en su investigación que, de acuerdo a la composición química, los vidrios pueden clasificarse de la siguiente manera:

**Vidrio Sodo-Cálcico:** Este es el vidrio comercial más común y el menos costoso. El amplio uso de este tipo de vidrio es debido a sus importantes propiedades químicas y físicas. El vidrio sodo-cálcico es primariamente usado para: envases (botellas, jarros, vasos de uso diario, etc.) y vidrio para ventanas (en la industria de la construcción y en la industria automotriz).

Un típico vidrio sodo-cálcico está compuesto de 71 a 75% en peso de arena ( $\text{SiO}_2$ ), 12-16% de soda (óxido de sodio de la materia prima carbonato de sodio), 10-15% de cal (óxido de calcio de la materia prima carbonato de calcio) y un bajo porcentaje de otros materiales para propiedades específicas tales como el color.

**Vidrio Plomado:** está compuesto de 54-65% de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), 18-38% de óxido de plomo ( $\text{PbO}$ ), 13- 15% de soda ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) o potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), y varios otros óxidos. Se pueden usar dos tipos diferentes de óxido de plomo: el  $\text{PbO}$  y el  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , éste último preferido por su mayor porcentaje de oxígeno presente. Vidrios del mismo tipo, pero conteniendo menos que 18% de  $\text{PbO}$  son conocidos simplemente como cristal.

**Vidrio Boro silicato:** está compuesto de un 70 a 80% de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), un 7 a 13% de ácido bórico ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), un 48% de óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), y un 2 a 7% de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

**Vidrios Especiales:** se pueden inventar vidrios con propiedades específicas para casi cualquier requerimiento que se pueda imaginar. Sus composiciones son diversas e involucran numerosos elementos químicos. Así pueden obtenerse vidrios especiales para uso en diversos campos tales como en química, farmacia, electro-tecnología, electrónica, óptica, aparatos e instrumentos, etc. Podemos citar como ejemplos:

-Vidrio aluminio-silicato: tiene óxido de aluminio en su composición. Es similar al vidrio boro silicato, pero tiene una mayor durabilidad química y puede soportar temperaturas de operación más altas. Comparado con el boro silicato, el vidrio aluminio-silicato es más difícil de fabricar. Cuando se lo cubre con un film conductor, el vidrio aluminio-silicato es usado como para circuitos electrónicos.

-Vidrio de silicio 96%: se obtiene a partir de un vidrio boro silicato fundido, al que se le remueven casi todos los elementos no silicatos. Este vidrio es resistente a shocks térmicos superiores a 900°C.

**Tabla 4**

*Composición Química del Vidrio según su tipo*

OXIDOS	SODICO-CALCICO	PLOMADO	BOROSILICATO	SILICE
Silice	70-75 %	53-68 %	73-82 %	96%
Sodio	12-18 %	5-10 %	3-10 %	
Potasio	0-1 %	1-10 %	0.4-1 %	
Calcio	5-14 %	0-6 %	0-1 %	
Plomo		15-40 %	0-10 %	
Boro			5-20 %	3-4 %
Aluminio	0.5-3%	0-2 %	2-3 %	
Magnesio	0-4 %			

*Fuente: El Mundo mágico del Vidrio, López y Martínez (1995)*

Para el presente proyecto de investigación se usó residuos del Tipo de Vidrio Sódico Cálculo por ser un vidrio mayormente usado en la vida doméstica, procedente de la empresa CORPORACION PACIFICO S.R.L; el cual paso por un proceso de molienda y tamizado para obtener partículas sumamente pequeñas con el fin de activar sus principales componentes.

### **Producción del Vidrio en el Perú:**

El vidrio que se encuentra en el mercado peruano es fabricado mayormente en el exterior, principalmente de China (78%), Chile (5%), México (5%), Brasil (4%) y otros países; debido a que en nuestro país solamente operan empresas procesadoras (30%) y distribuidoras (70%). En ese sentido, según fuentes del mercado, nuestro mercado se considera menos desarrollado a comparación de otros países en donde la proporción mencionada es inversa. Por las características que se presenta el producto, el 52% de las importaciones correspondería a vidrio flotado incoloro, bronce o negro, del cual, a su vez, el 23% sería vidrio de 6mm. de espesor, el 18% de 8mm. de espesor

y 16% de 10mm. de espesor. Adicionalmente, el 25% de las importaciones correspondería a vidrio flotado coloro.

Las importaciones de vidrio para la construcción sostuvieron un incremento de 10% entre los años 2005 y 2015, presentándose cuatro momentos puntuales de disminución: en el año 2007 (-1.0%), en el 2009 (-8.6%) durante la crisis financiera internacional, en el año 2011 (-9.1%) por la coyuntura de las elecciones presidenciales, y en el 2013 con una tasa de -4.7%.

En el año 2015, el 55% de las importaciones se concentró en cuatro empresas: Corporación Furukawa, Corporación Miyasato, Corporación Limatambo y Vidrios Lirquen.

De acuerdo a cifras del Ministerio de Producción (PRODUCE), el procesamiento de vidrio presentó un crecimiento promedio de 12.2% entre el 2005 y 2015, habiéndose procesado 728 mil metros cuadrados. Este aumento se dio de forma permanente durante dicho periodo, a excepción de tres momentos en los que se produjeron retracciones: el primero en el 2006 de -0.2%, el segundo en el 2009 de -5.8%, luego y el último en el 2013 de -4.0% y finalmente en el 2015 de -17.1%.

Por otro lado, la tasa de ocupación de la capacidad instalada de empresas procesadoras de vidrio ha presentado un incremento promedio de 2% entre el 2005 y 2012. Asimismo, del año 2009 al 2014, se generó un crecimiento de 7.4% debido al ingreso de mayor cantidad de proyectos de edificación al mercado, y a la entrada de nuevas empresas procesadoras de vidrio al mercado. En relación al último motivo, según fuentes del mercado, entre los años 2013 y 2016 se instalaron seis nuevos hornos procesadores de vidrio templado y dos nuevos hornos procesadores de vidrio insulado.

Asimismo, según fuentes del mercado, es importante indicar que el precio del vidrio en el Perú es el más bajo en la región, debido a que este producto proviene principalmente de China, país que lo ofrece a un precio bajo.



## Concha de Abanico

Nizama, (2014) señala que la concha de Abanico es un molusco filtrador de dos caparazones, conformado por carbonato cálcico, conocida científicamente como “*Argopecten purpuratos*”, pertenecientes a la familia Pectinidae, la misma que engloba un gran número de especie conocidas internacionalmente como “Vieiras”.

## Composición química de Ceniza De Concha de Abanico

Estudios Realizado por Buasri, A. (2013) sostiene que, al calcinar la concha de Abanico a una temperatura entre los 700° C a 1000° C durante un tiempo estimado de 4 horas, produce que se obtenga una concentración de Oxido de Calcio (Cao) de 97.52%.

Asimismo, Coronación, S (2016) menciona que el polvo de Concha de Abanico contiene un alto contenido de Oxido de Calcio (CaO) cuando es calcinado a una temperatura de 900°C.

**Tabla 5**

*Composición Química del Polvo de Concha de Abanico.*

COMPOSICIÓN QUÍMICA	PORCENTAJE (%)
Oxido de Calcio (CaO)	99.597.
Oxido de Estroncio (SrO)	0.344.
Trióxido de Azufre	0.059

*Fuente:* Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo el cemento por 5% por cenizas de cascara de Arroz y por 5% de polvo de Concha de Abanico. Coronación, S. (2014)

Este insumo se puede encontrar en los diferentes mercados de las ciudades costeras. La concha de Abanico utilizado en el proyecto se obtuvo del mercado “LA SIRENA” ubicado en la ciudad de Chimbote.

## Producción de la Concha de Abanico en el Perú

Según datos del Ministerio de Producción (2017) en el Perú se pueden encontrar conchas de abanico desde Paita hasta Ilo, siendo la cosecha de conchas de abanico fuertemente concentrada en las regiones de Piura y Ancash. Para el año 2009 la región

de Ancash era la principal región de cosecha de conchas de abanicos. En marzo del 2011, existían aproximadamente 60 empresas dedicadas a la producción de conchas de abanicos en unas dos mil hectáreas de cultivo, quedando disponible aun unas cinco mil hectáreas para el desarrollo de la acuicultura entre Piura y Samanco (Chimbote).

Se alcanzo un pico de producción el 2013 a 91.474 toneladas, sin embargo, el volumen cultivado se redujo por efecto del Fenómeno de El Niño a 56.820 toneladas las 2014 y 30.396 toneladas el 2015. La producción local representa el 80% de la producción nacional, con cerca de 15 plantas de procesamiento. En Sechura se acumulan alrededor de 25 000 toneladas métricas de residuos de concha de abanico por año

Según Berrus, (2006) en el litoral de la región de Ancash se tiene bancos naturales de Conchas de Abanicos, con una población total para el año 2006 de 21.6 millones de individuos y una biomasa de 72.8 toneladas, de las cuales se presenta en mayor biomasa para la zona El Dorado con 62.4 toneladas, la isla Santa con 5.2 toneladas y la Isla Ferroles-Agua Fría con 3.1 toneladas. Para el área de Chimbote se estimó una población de 5.6 millones de individuos, pero para los siguientes años se registraron fluctuaciones debido principalmente a la intensiva extracción realizada por los usuarios del recurso.

La posibilidad de usar los residuos de estos crustáceos en otras aplicaciones podría reducir el impacto ambiental y ayudar a reducir la explotación de canteras naturales para agregados en concretos, tanto hidráulicos como asfálticos.

### **Procedimiento y Equipos para la elaboración de morteros**

**Procedimiento para la mezcla de Mortero: ASTM C 305 – 99** Mechanical Mixing of hydraulic cement pastes and mortars of Plastic Consistency,

Se coloca la paleta mezcladora y el recipiente de mezclado secos en su posición de trabajo en la mezcladora. Luego se introducen los materiales para una amasada en el recipiente y se mezclan en la siguiente forma:

Se vierte toda el agua de mezclado en el recipiente.

Se agrega el cemento al agua y se mezcla durante 30s a la velocidad lenta ( $140 \pm 5$  r/min).

Se agrega lentamente la totalidad de la arena en un periodo de 30s, mientras se mezcla a velocidad lenta.

Se detiene la mezcladora, se cambia a velocidad media ( $285 \pm 10$  r/min) y se mezcla durante 30s.

Se detiene la mezcladora y se deja reposar el mortero durante 90s. Durante los primeros 15s de este intervalo, se arrastra hacia el fondo con el raspador, el mortero adherido a la pared del recipiente. Durante el resto del intervalo, se tapa el recipiente.

Se mezcla durante 60s a velocidad media ( $285 \pm 10$  r/min).

En caso de que el mortero requiera de un nuevo período de mezclado, el material adherido a la pared del recipiente debe ser rápidamente arrastrado hacia el fondo con el raspador, antes de iniciar el mezclado adicional.

**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 utilizarán para la elaboración de los morteros.

Equipos: Moldes cúbicos de bronce, de lados de 5cm (5cm x 5cm x 5cm).

Barra compactadora de madera de roble lisa, de sección transversal de 13 mm por 25 mm y una longitud de 120 mm a 150 mm, su cara de impacto debe ser plana y en Angulo recto.

Cuchara para el vaciado y plancha de albañilería (badilejo) de acero.

Cinta transparente para el forrado del molde cubico.

Esta norma menciona las proporciones en peso de los materiales para formar un mortero normalizado, de ser 1 parte de cemento seco por 2,75 partes de arena gradada

seca y que la relación agua/cemento debe ser de 0,485 para todos los cementos portland.

### **Procedimiento**

Se vierte concreto a la mezcladora, con la espátula se arrastra hacia el fondo del recipiente el mortero adherido a las paredes y se hace girar la mezcladora durante 15s a la velocidad media, ( $285 \pm 10$  revoluciones/min). El mortero adherido en la paleta de mezclado se remueve al final del batido y se deposita en el recipiente.

El llenado de los compartimientos debe iniciarse antes de 150s, contados desde la finalización de la mezcla inicial del mortero. Para el ensayo de compresión debe hacerse un mínimo de 3 cubos.

En cada compartimiento se coloca una capa de mortero de 25mm y se apisonan con 32 golpes de compactador en unos 10s. Estos golpes se aplican sobre la superficie de la muestra, en 4 etapas de 8 golpes adyacentes cada una. Los golpes de cada etapa deben darse siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior. La presión del compactador debe ser tal que se asegure el llenado uniforme de los compartimientos.

Se deben completar las 4 etapas de compactación en cada compartimiento, antes de seguir con el siguiente. Una vez terminada la operación anterior en todos los compartimientos, se llena con una segunda capa y se apisonan como se hizo con la primera.

Durante la compactación de la segunda capa, al completar cada etapa y antes de iniciar la siguiente, se introduce en los compartimientos el mortero que se ha depositado en los bordes del molde, con ayuda de los dedos.

Al finalizar la compactación, las caras superiores de los cubos deben quedar un poco más altas que los bordes superiores del molde. El mortero que se ha depositado en los bordes del molde debe verterse a los compartimientos con ayuda del badilejo.

La superficie de los cubos debe ser alisada con el lado plano del badilejo una vez en el sentido perpendicular a la longitud del mismo y otra en su sentido longitudinal.

El mortero que sobresale de la cara superior del molde se quita con el badilejo sostenido casi perpendicularmente, con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde

**Almacenamiento:** Inmediatamente terminada la operación, colocar los especímenes de ensayo en la cámara húmeda o cuarto de curado. Inmediatamente después del moldeo mantener todos los especímenes en sus moldes, sobre una placa de base, en la cámara húmeda o cuarto de curado de 20 h a 72 h con las caras superiores expuestas al aire húmedo, pero protegidas por la eventual caída de gotas de agua.

Si los especímenes son retirados de los moldes antes de las 24h, mantenerlos en los estantes del cuarto de curado o de la cámara de curado hasta que tengan 24h de edad, y luego sumérgalos, excepto aquellos que serán ensayados a las 24h, en aguas saturadas con cal en tanques de almacenamiento constante

ruidos de material no corrosivo. Mantener el agua de almacenamiento limpia y cambiarla cuando sea requerido.

**Ensayo de Fluidez de la mezcla para mortero NTP 334.057.** Determinación de la fluidez de pastas de mortero.

**Equipos, Materiales e Insumos:** Mesa de flujo, mostrada, consta básicamente de lo siguiente: un soporte, un árbol y una plataforma circular.

### **Procedimiento**

Se procede primero con el llenado del molde, se limpia y seca la plataforma de la mesa de flujo, se coloca el molde en el centro, luego se vierte en el molde una capa del mortero, de unos 25 mm (1") de espesor, y apisonar con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos; llenar totalmente el molde con una segunda capa de mortero y proceder igual que en la primera capa. La presión del compactador, deberá ser tal que asegure el llenado total y uniforme del molde, retirando el exceso de mortero de la capa superior y alisando la superficie por medio de una espátula.

Para determinar la fluidez se llena el molde, se limpia y seca la plataforma de la mesa, teniendo cuidado de secar el agua que está alrededor de la base del molde. Después de un (1) minuto de terminada la operación de mezclado, retirar el molde, levantándolo e inmediatamente dejar caer la mesa de flujo desde una altura de 12,7 mm (½") 25 veces en 15 segundos. Luego medir el diámetro de la base del mortero, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y calcular el diámetro promedio.

La fluidez, es el aumento del diámetro promedio de la base de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro original.

Determinar el diámetro promedio con el vernier y calcular el porcentaje de fluidez, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ fluidez} = \frac{\text{Diámetro Promedio} - 10.16 \text{ cm}}{10.16 \text{ cm}} \times 100 \quad (1)$$

**Ensayo de Resistencia a la Compresión de morteros NTP 334.051 (2013)**  
Método de Ensayo para la Determinar la Resistencia a la Compresión. Nos indica el tiempo de fraguado, el procedimiento de curado y del mismo modo como se realizarán los ensayos a compresión de los morteros.

Se ensayará los especímenes inmediatamente después de retirarlos de la cámara húmeda. Para ello los especímenes para una edad de ensayo dada, serán probados dentro de las tolerancias indicadas:

**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 334.051 (2013)

Si se toma más de un espécimen al mismo tiempo de la cámara húmeda para el ensayo a 24h, estos se mantendrán cubiertos con un paño húmedo, hasta el momento del ensayo.

Si se toma más de un espécimen al mismo tiempo del agua de almacenamiento, estos deberán conservarse en agua a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.7^{\circ}\text{C}$  y a una profundidad suficiente para que cada muestra esté sumergida hasta el momento el ensayo.

### Cálculos

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  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  se calcula con la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

#### Dónde:

**P:** carga máxima de rotura (Kg)

**A:** área de la sección transversal ( $\text{cm}^2$ )

**$f'c$ :** Resistencia a la compresión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

La máquina de ensayo puede ser hidráulica o mecánica, con suficiente abertura entre las superficies de apoyo para que permita el uso de aparatos de comprobación. La carga aplicada al espécimen de prueba deberá indicarse con una exactitud de  $\pm 1\%$ .

### Operacionalización de Variable:

**Tabla 7**  
*Variable Dependiente*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Resistencia del mortero a la compresión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un espécimen.	$\text{Kg}/\text{cm}^2$

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 8**  
*Variable independiente*

Variable	Definición operacional	Indicador
Sustitución de 9% y 18% de cemento por la combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza de Concha de Abanico.	Sustitución del porcentaje de cemento por la combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza de Concha de Abanico, en un 9% y 18% en comparación a un diseño convencional de mortero.	Porcentaje 9% y 18%.

*Fuente:* Elaboración propia

De acuerdo a lo mencionado, se formuló la siguiente hipótesis:

Al activar mecánicamente el vidrio y calcinar la Concha de Abanico se podría obtener precursores puzolánicos con altos contenidos de Sílice y Calcio que permitiría incrementar la resistencia a la compresión de un mortero convencional en la ciudad de Chimbote – 2018

El Objetivo general del presente estudio es: Determinar la resistencia a la compresión de un mortero con cemento sustituido por 9% y 18% de la combinación de Polvo de Vidrio (PV) y Cenizas de Concha de Abanico (CCA) en comparación con un mortero convencional. Y como objetivos específicos se tiene:

Activar mecánicamente el Polvo de Vidrio para una mayor área de efectividad y determinar la temperatura de calcinación de la concha de Abanico mediante el ensayo de análisis térmico diferencial (ATD)

Determinar la composición química del Polvo de Vidrio (PV) y de la Ceniza de Concha de Abanico (CCA), a través del ensayo de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos x.

Determinar el grado de alcalinidad (PH) del Polvo de Vidrio (PV) y de la Ceniza de Concha de Abanico (CCA) y sus combinaciones.

Encontrar la relación agua/cemento del mortero experimental basado en la fluidez del resultado de la relación agua/cemento del ensayo patrón por medio de la mesa de fluidez.



Determinar el grado de relación y variación entre las resistencias del mortero patrón y experimental para las edades de 3, 7, 28 días de curado.

## II). METODOLOGIA:

El método de Investigación que se aplica es la **Experimentación**, ya que se pretende utilizar nuevos materiales para la elaboración de morteros, para ello se aplicara Polvo de Vidrio y Cenizas de Concha de Abanico como un sustituto parcial del cemento, y comparado mediante un mortero convencional en relación a su resistencia. En consecuencia, la investigación está orientada al nivel “Experimental”, porque trataremos de buscar un material que ofrezca mejores resistencias al mortero, y que a su vez reduzca costos.

El tipo de la presente investigación, según el proceso es aplicada, porque la investigación está orientada a buscar nuevo conocimiento con el uso de materiales naturales a bajo costo, a fin de conocer la Resistencia de morteros mediante la sustitución del cemento al 9% y 18% por Polvo de Vidrio y Concha de Abanico.

Asimismo, es explicativa porque los datos de la investigación serán obtenidos por observación de los fenómenos condicionados por el investigador.

**Tabla 9**

*Numero de Especímenes para Elaboración de Bloques de Mortero*

Días de curado	Resistencia a la compresión del mortero con la sustitución del cemento en % por la combinación de Polvo de Vidrio (PV) y Ceniza de concha de Abanico (CCA)					
	PATRÓN		9% (PV+CCA)		18% (PV+CCA)	
3	P1	■	E1	■	E10	■
	P2	■	E2	■	E11	■
	P3	■	E3	■	E12	■
7	P4	■	E4	■	E13	■
	P5	■	E5	■	E14	■
	P6	■	E6	■	E15	■
28	P7	■	E7	■	E16	■
	P8	■	E8	■	E17	■
	P9	■	E9	■	E18	■

*Fuente:* Elaboración propia

La población está conformada por el Conjunto de cubos de mortero de 50 mm de lado, que serán elaborados para determinar la resistencia a la compresión y la muestra estará conformada por el conjunto pequeño de cubos de morteros derivados de la población, necesario para evaluar su resistencia a la compresión en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la universidad San Pedro; con el fin sustentar la hipótesis.

La muestra obtenida a través de nuestro diseño muestral será de 9 morteros, con un diseño de dosificación de 1:2.75 según NTP 334.051 para el diseño patrón y experimental.

Para este estudio se trabajó con 27 cubos de mortero, el cual estará distribuido de la siguiente manera:

- 9 cubos sin sustitución de cemento
- 9 cubos con sustitución del cemento al 9% por PV y CCA
- 9 cubos con sustitución del cemento al 18% por PV y CCA,

Estas serán evaluadas para su resistencia a la compresión después de 3, 7 y 28 días de curado según NTP 334.051

Para la elaboración de las unidades de estudio (morteros) se utilizaron los siguientes materiales de referencia:

- Los residuos de Vidrios de la Empresa Corporación Pacifico S.R.L.
- La Concha de Abanico del mercado “La Sirena”.
- La arena para el diseño de morteros se compró en la cantera “Rubén” (Arena gruesa).
- Cemento portland Tipo I marca “PACASMAYO”
- Agua Potable

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 10**  
*Técnicas de Recolección de Información*

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento
La Observación	Ficha de observación del Laboratorio de Mecánica de suelo y ensayo de materiales

*Fuente:* Elaboración propia

Se aplico 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.

Nuestra Guía de Observación resumen comprenderá aspectos de los siguientes ensayos para realizar posteriormente para la recolección de datos.

- Gradación de la Arena
- Ensayo de Fluidez
- Diseño de Mezcla Mortero
- Ensayo a la Compresión

Los materiales de desecho o subproductos industriales utilizado para el presente estudios fueron Vidrio Sódico cálcico que fue obtenido de la empresa CORPORACION PACIFICO S.R.L ubicada en la ciudad de Chimbote (ver Foto N°01); y la Concha de Abanico, procedentes del mercado la “Sirenita” ubicada en la misma zona (ver Foto N°07)

Primeramente, el vidrio y Concha de Abanico recolectado se sometió a un proceso de lavado con agua, el cual fue quitando los vestigios de tierra o grasa que pueda poseer (ver Foto N°03), para posteriormente dejarlo secar a temperatura ambiente y a cielo abierto. En el caso de la Concha de Abanico fue necesario lavarlo y escobillar para eliminar los residuos de material orgánico que presenta el material. (ver Foto N°08)

Para poder activar las propiedades del vidrio fue necesario someterle a un proceso de molienda con el fin de obtener un tamaño fino de partícula. Para este proceso se empleó un Batan de piedra, un recipiente metálico y una tela blanca que envuelva la muestra de vidrio para evitar salpicaduras (ver Foto N°04). Asimismo, se procedió a separar lo obtenido mediante el uso de una organza para facilitar la manipulación y elección del tamaño de las partículas (ver Foto N°05).

Una vez triturado el material y seleccionado, éste fue pulverizado mediante el uso de un Molino Vibratorio Pulverizador el cual facilito obtener un polvo finamente molido con un tamaño de partícula de diámetro menor a 75 micras, es decir que resulte pasante del Tamiz N°. 200, con el fin de garantizar una óptima interacción de las partículas del cemento y la puzolana. Este proceso se llevó a cabo en el Laboratorio de Metalurgia de la UNT.

Por otro lado, para activar las Cenizas de Concha de Abanico fue necesario determinar la temperatura de calcinación, para ello se procedió a triturar una muestra selectiva con ayuda de un batan de piedra y mortero acrílico con el fin de obtener una muestra de 5 gr pasante del Tamiz N.º 200 (ver Foto N°09 y N°10). Posteriormente, realizar el análisis térmico diferencial en el laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. Este análisis térmico diferencial servirá para poder obtener la temperatura de calcinación del material para poder activarlo térmicamente.

Obtenido la temperatura se procedió a activar la muestra en la mufla del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro a la temperatura de 890°C con un tiempo de 4 horas de permanencia (ver Foto N°12). De lo obtenido se tamizo por la malla N°.200.

Para conocer las propiedades de los materiales activados, se tomó una muestra de 10 gr para poder realizar el análisis de composición química en el laboratorio de Arqueometría de la Universidad Mayor de San Marcos. El análisis de Fluorescencia de Rayos X determino los porcentajes de óxidos para poder evaluar como influenciarán en la resistencia del mortero.

Asimismo, se determinó el grado de alcalinidad (PH) del Polvo de Vidrio, Ceniza de Concha de Abanico, la combinación de polvo de vidrio y ceniza de Concha de Abanico y las combinaciones para sustitución al 9% y 18% en proporciones 2:1 (dos de Polvo de Vidrio y 1 de ceniza de Concha de Abanico), el ensayo se realizó en el laboratorio COLECBI.

El agregado fue recolectado de la Cantera “Ruben”, ubicada en la zona Nor-Oeste de la ciudad de Chimbote, colindante con el océano pacifico, perteneciente al Distrito de Chimbote, en la Carretera Panamericana Norte Km. 436 Zona Industrial los Pinos antes del Túnel de Coischo (ver Foto N°15). Este material fue gradado según lo estipulado en la NTP 339.607 (2013).

**Tabla 11**

*Requisitos de Gradación para elaborar una tanda de mortero de 3 cubos.*

<b>Arena manufacturada</b>						
<b>Nº mallas</b>	<b>Pesos retenido (g)</b>	<b>% retenido</b>	<b>% retenido acumulado</b>	<b>% pasa</b>	<b>Arena manufacturada (% pasa)</b>	
<b># 4</b>	0	0	0	100	100	
<b># 8</b>	27.50	4.00	4.00	96	95	100
<b># 16</b>	137.50	20.00	24.00	76	70	100
<b># 30</b>	206.25	30.00	54.00	46	40	75
<b># 50</b>	68.75	10.00	64.00	36	20	40
<b># 100</b>	82.50	12.00	76.00	24	10	25
<b># 200</b>	110.00	16.00	92.00	8	0	10
<b>PLATO</b>	55.00	8.00	100		-	-
<b>TOTAL</b>	687.50	100				
<b>CONDICIÓN :</b>	Arena Gradada					
<b>Total:</b>	687.5	Gr				
<b>Diagnóstico:</b>	Procede					
<b>Módulo de Finura</b>	2.22					

*Fuente:* Elaboración propia

Las cantidades de los materiales a ser mezclados en una tanda de mortero de 3 cubos se hizo de acuerdo a lo indicado en la NTP. 334.051 (2013).

**Tabla 12**

*Dosificación de materiales para elaborar los especímenes de mortero patrón.*

Descripción	Relación		Agregado Fino (gr)	Aglomerante Cemento (gr)	Agua (gr)
	Arena/ Cemento	Agua / Cemento			
Patrón	2.75	0.485	687.5	250	121.25

*Fuente:* NTP. 334.051 (2013).

Para los morteros experimentales se determinó la relación A/C a partir del ensayo de fluidez del mortero patrón con una relación a/c de 0.485, según lo indicado en la NTP. 334.051 (2013). Para este ensayo fue necesario realizarlo varias veces hasta encontrar el porcentaje de Fluidez similar al del patrón, tanto para la sustitución del 9% y 18%, teniendo un rango permisible de  $\pm 5\%$ . Dicho ensayo se hizo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro (ver Foto N°18).

Después de haber obtenido la cantidad de agua que se requiere para los diseños experimentales y haber realizado la activación mecánica y/o térmicamente del Polvo de Vidrio y Ceniza de Concha de Abanico, se procedió a fabricar las mezclas de mortero siguiendo los parámetros y procedimientos de la NTP 334.051 (2013) muestra; que sirvieron para elaboración de los especímenes cúbicos de 50mm. Siendo estas elaboradas en la Universidad San Pedro (ver Foto N°21).

El ensayo de compresión de los especímenes cúbicos de mortero a edades de 3, 7 y 28 días se hicieron en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería (ver Foto N°22).

### **III). RESULTADOS:**

#### **Análisis Térmico Diferencial**

### Análisis termogravimétrico de la Concha de Abanico

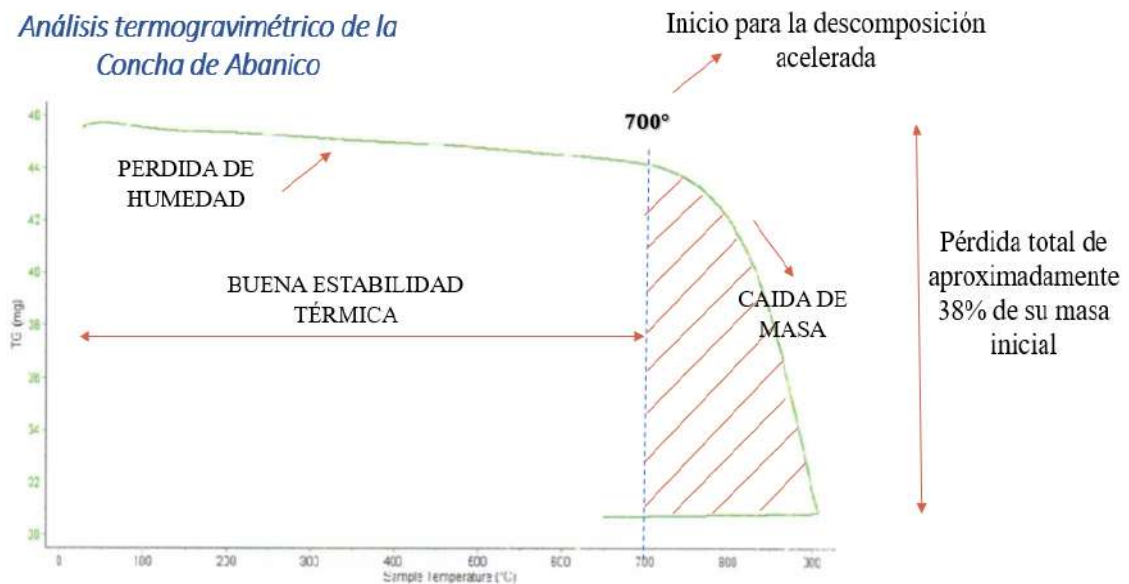


Figura 2. Análisis termo gravimétrico de la Concha de Abanico  
Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

En la Figura N°2, se muestra una muy leve caída del material, indicando buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700°C, temperatura en el cual marca el inicio para la descomposición acelerada y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máximo, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 38% de su masa inicial.

### Curva calorimétrica de la Concha de Abanico

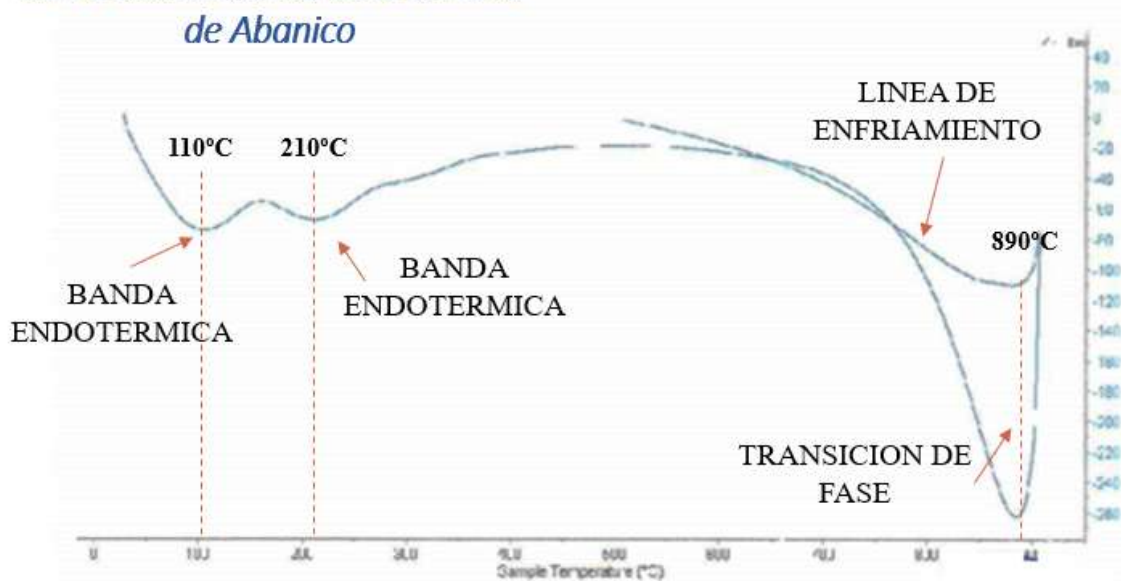


Figura 3. Curva calorimétrica DSC de la Concha de Abanico  
Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT

La Figura N°3, muestra dos ligeras bandas endotérmicas, la primera a 110°C y la otra a 210°C, indicando reacciones que consumen energía térmica; y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 890°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

### Composición Química de los Materiales

El material calcinado (Concha de Abanico) fue sometido a un Análisis de Fluorescencia de Rayos X en el Laboratorio de Física de la Universidad nacional Mayor de San Marco con la finalidad de conocer su composición química. Los resultados se muestran en la Tabla N°13

**Tabla 13**  
*Fluorescencia De Rayos X de la Ceniza de Concha de Abanico*

Composición química	Resultados (%)	Método utilizado
Oxido de Calcio (CaO)	82.526	
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	15.759	
Trióxido de Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.228	
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	0.215	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.142	
Oxido de Lantano (La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.046	
Óxido de Niquel (Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.022	Fluorescencia de rayos - X dispersiva en energía
Dióxido de Cloro (ClO <sub>2</sub> )	0.020	
Oxido de Itrio (Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.018	
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.016	
óxido de Zinc (ZnO)	0.015	
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.009	
Dióxido de Zirconio (ZrO <sub>2</sub> )	0.007	
Óxido de Cobre (CuO)	0.002	

*Fuente:* Laboratorio de física de la UNMSM



La Tabla N°13 muestra las concentraciones dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de Calcinación.

De igual manera se analizó el material mecánicamente activado (Vidrio), el cual fue sometido a un Análisis de Fluorescencia de Rayos X en el Laboratorio de Física de la Universidad nacional Mayor de San Marco con la finalidad de conocer su composición química. Los resultados se muestran en la Tabla N°14

**Tabla 14**  
*Fluorescencia De Rayos X de Polvo de Vidrio*

Composición química	Resultados (%)	Método utilizado
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	83.875	
Oxido de Calcio (CaO)	11.067	
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.918	
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.454	
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.208	
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	0.186	
Óxido de Bario (BaO)	0.100	Fluorescencia de rayos - X dispersiva en energía
Dióxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.096	
Óxido de Cromo (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.034	
Óxido de Manganeso (MnO)	0.015	
Dióxido de Cloro (ClO <sub>2</sub> )	0.014	
Oxido de Zinc (ZnO)	0.010	
Oxido de Itrio (Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.010	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.008	
Óxido de Cobre (CuO)	0.007	
Dióxido de Zirconio (ZrO <sub>2</sub> )	0.005	
Óxido de Niquel (Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.002	

*Fuente:* Laboratorio de física de la UNMSM

## Potencial Hidrógeno (PH)

**Tabla 15**

Potencial Hidrogeno de los Componentes Activos y sus Combinaciones

Muestra	PH
Polvo de Vidrio	12.66
Polvo de concha de Abanico	12.88
Combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza de Concha de Abanico	13.33
91% cemento +3% ceniza de Concha de Abanico + 6% Polvo de Vidrio	13.34
82% cemento +6% ceniza de Concha de Abanico + 12% Polvo de Vidrio	13.15

Fuente: Laboratorio de Ensayos químicos COLECBI

## Fluidez del Mortero

Para determinar la fluidez del mortero patrón y experimental se realizó en base a la NTP 334.057:2011. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland. Asimismo, el porcentaje de Fluidez del Mortero Experimental se calculó en base al porcentaje de Fluidez del Mortero Patrón. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16**

Fluidez del mortero

Descripción	Relación	D (cm)	Diámetros (cm)				Diámetro Promedio (cm)	% Fluidez
			D1	D2	D3	D4		
Patrón	0.485	10.16	12.88	12.32	12.14	12.39	12.43	22.37
Exp – 1 (9%)	0.50	10.16	12.72	12.51	12.48	12.64	12.59	23.89
Exp – 2 (18%)	0.51	10.16	12.42	12.54	12.71	12.48	12.54	23.40

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Para elaborar los especímenes de mortero experimental se realizaron de acuerdo a las dosificaciones que muestra la Tabla N°17

**Tabla 17**

*Dosificación de materiales para elaborar los especímenes de mortero experimental al 9% y 18% de sustitución.*

Descripción	Relación		Agregado Fino (gr)	Cemento (gr)	Aglomerante		
	Arena/Cemento	Agua/Cemento			Polvo de Vidrio (gr)	Ceniza de Concha de Abanico(gr)	Agua (gr)
Exp – 1 (9%)	2.75	0.50	687.5	227.5	15	7.5	125.00
Exp – 2 (18%)	2.75	0.51	687.5	205	30	15	127.50

*Fuente:* Elaboración propia

### **Resistencia a la Compresión de Mortero**

El ensayo a la compresión se realizó con la Máquina de ensayo Uniaxial TONI/TECHNICK, en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los resultados del ensayo se muestran a continuación:

#### **PATRON**

**Tabla 18**

*Resistencia a Compresión Patrón de 3 días*

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON 3D-1 (P1)	26.00	295.50	7476.00	288.00
PATRON 3D-2 (P2)	26.10	295.30	7125.00	273.00
PATRON 3D-3 (P3)	25.90	295.20	7299.00	282.00
			Promedio	281.00

*Fuente:* Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

**Tabla 19**

*Resistencia a Compresión Patrón de 7 días*

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON 7D-1 (P4)	25.10	295.40	7745.00	309.00
PATRON 7D-2 (P5)	25.50	295.20	8002.00	314.00
PATRON 7D-3 (P6)	25.30	295.70	8117.00	321.00
			Promedio	314.67

*Fuente:* Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

**Tabla 20**  
Resistencia a Compresión Patrón de 28 días

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )
PATRON 28D-1 (P7)	25.20	295.9	9417.00	374.00
PATRON 28D-2 (P8)	25.10	295.3	8793.00	351.00
PATRON 28D-3 (P9)	25.40	295.4	9047.00	357.00
			Promedio	360.67

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

### EXPERIMENTAL (9%)

**Tabla 21**  
Resistencia a Compresión Experimental 9% de 3 días

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )
EXP (9%) 3D-1 (E1)	25.00	298.50	7504.00	300.00
EXP (9%) 3D-2 (E2)	25.30	298.40	7919.00	314.00
EXP (9%) 3D-3 (E3)	24.90	298.80	7874.00	317.00
			Promedio	310.33

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

**Tabla 22**  
Resistencia a Compresión Experimental 9% de 7 días

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )
EXP (9%) 7D-1 (E4)	25.30	298.70	8866.00	350.00
EXP (9%) 7D-2 (E5)	25.10	298.50	8493.00	338.00
EXP (9%) 7D-3 (E6)	25.00	298.30	8576.00	343.00
			Promedio	343.67

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

**Tabla 23***Resistencia a Compresión Experimental 9% de 28 días*

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )
EXP (9%) 28D-1 (E7)	25.20	299.10	10434.00	414.00
EXP (9%) 28D-2 (E8)	25.10	298.80	10190.00	406.00
EXP (9%) 28D-3 (E9)	25.00	299.40	10271.00	412.00
			Promedio	410.67

*Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI***EXPERIMENTAL (18%)****Tabla 24***Resistencia a Compresión Experimental 18% de 3 días*

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )
EXP (18%) 3D-1 (E10)	25.00	301.10	7765.00	311.00
EXP (18%) 3D-2 (E11)	25.00	300.50	7565.00	303.00
EXP (18%) 3D-3 (E12)	25.40	300.30	772.00	306.00
			Promedio	306.67

*Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI***Tabla 25***Resistencia a Compresión Experimental 18% de 7 días*

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )
EXP (18%) 7D-1 (E13)	25.10	299.80	8280.00	330.00
EXP (18%) 7D-2 (E14)	25.00	299.70	8621.00	345.00
EXP (18%) 7D-3 (E15)	24.80	300.20	8292.00	334.00
			Promedio	336.33

*Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI*

**Tabla 26**

Resistencia a Compresión Experimental 18% de 28 días

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )
EXP (18%) 28D-1 (E16)	25.00	299.50	9076.00	363.00
EXP (18%) 28D-2 (E17)	24.90	299.90	9277.00	373.00
EXP (18%) 28D-3 (E18)	25.10	299.40	9077.00	362.00
			Promedio	366.00

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

### Precisión

Para poder validar los resultados de las muestras del mortero patrón y experimental se evaluó de acuerdo a lo descrito en la Norma ASTM C670, llegando a observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible como lo muestra la Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29.

**Tabla 27***Medidas de Dispersión del mortero patrón.*

N° Días	Tipo de muestra	Especímen	Resistencia compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Medidas de dispersión			Norma ASTM C-670		
				Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv. estándar (3 esp.)	Coef. variación 1s%	Rango de dispersión (%)	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	Patrón	P-1	288.00	281.00	7.55	2.7	5.49	3.9	10.9
		P-2	273.00						
		P-3	282.00						
		P-4	309.00						
7	Patrón	P-5	314.00	314.67	6.03	1.9	3.88	3.9	10.9
		P-6	321.00						
		P-7	374.00						
28	Patrón	P-8	351.00	360.67	11.93	3.3	6.55	3.8	10.6
		P-9	357.00						
				Promedio		2.63	5.31	3.7	10.4

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28***Medidas de Dispersión del mortero Experimental al 9%. de sustitución*

N° Días	Tipo de muestra	Especimen	Resistencia compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Medidas de dispersión			Norma ASTM C-670		
				Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv. estándar (3 esp.)	Coef. variación 1s%	Rango de dispersión (%)	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	EXP 1 (9%)	E-1	300.00	310.33	9.07	2.9	5.67	3.9	10.9
		E-2	314.00						
		E-3	317.00						
		E-4	350.00						
7	EXP 1 (9%)	E-5	338.00	343.67	6.03	1.8	3.55	3.9	10.9
		E-6	343.00						
		E-7	414.00						
28	EXP 1 (9%)	E-8	406.00	410.67	4.16	1.0	1.97	3.8	10.6
		E-9	412.00						
Promedio						1.90	3.73	3.7	10.4

*Fuente:* Elaboración propia**Tabla 29***Medidas de Dispersión del mortero Experimental al 18%. de sustitución*

N° Días	Tipo de muestra	Especimen	Resistencia compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Medidas de dispersión			Norma ASTM C-670		
				Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv. estándar (3 esp.)	Coef. variación 1s%	Rango de dispersión (%)	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	EXP 2 (18%)	E-10	311.00	306.67	4.04	1.3	2.64	3.9	10.9
		E-11	303.00						
		E-12	306.00						
		E-13	330.00						
7	EXP 2 (18%)	E-14	345.00	336.33	7.77	2.3	4.55	3.9	10.9
		E-15	334.00						
		E-16	363.00						
28	EXP 2 (18%)	E-17	373.00	366.00	6.08	1.7	3.04	3.8	10.6
		E-18	362.00						
Promedio						1.77	3.41	3.7	10.4

*Fuente:* Elaboración propia

## Resultados Finales

**Tabla 30**

*Resistencia a la Compresión Promedio de Especímenes de mortero*

Días	Patrón	Resistencias (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Experimental 9 %	Experimental 18 %
3	281.00	310.33	306.67
7	314.67	343.67	336.33
28	360.67	410.67	366.00

*Fuente:* Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>) de morteros patrón y experimentales con 9 % y 18 % de sustitución, agrupados de acuerdo a sus edades de curado

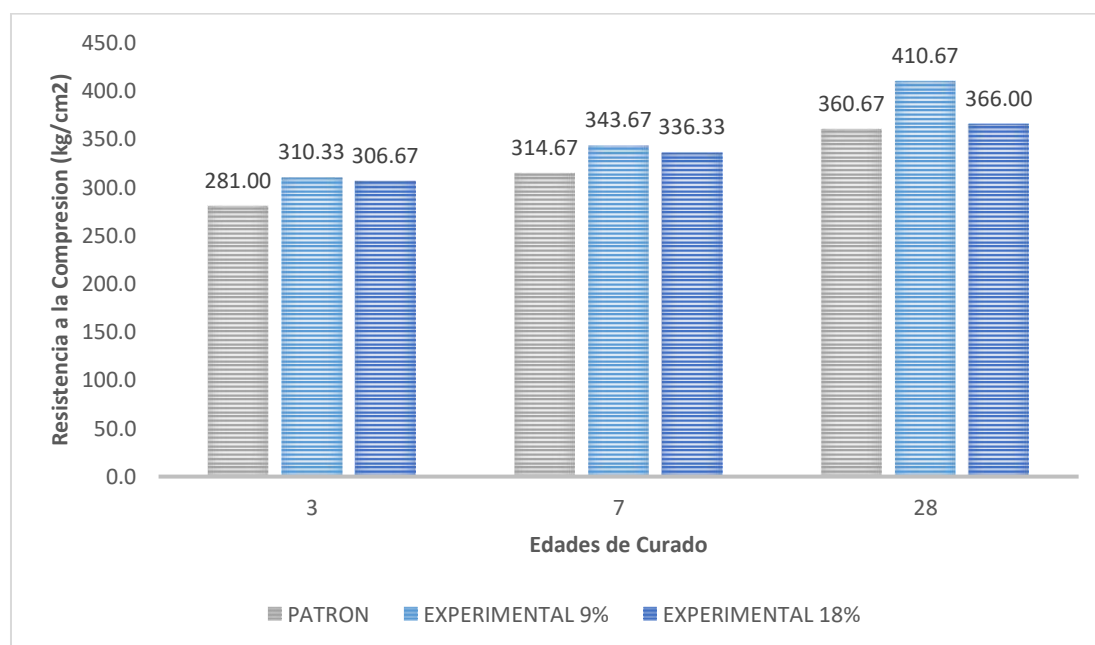


Figura 4. Resistencia a la Compresión (Kg/cm<sup>2</sup>) Vs. Edad (Días)

*Fuente:* Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

Resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>) de morteros patrón y experimentales con 9 % y 18 % de sustitución, agrupados de acuerdo al Porcentaje de Sustitución



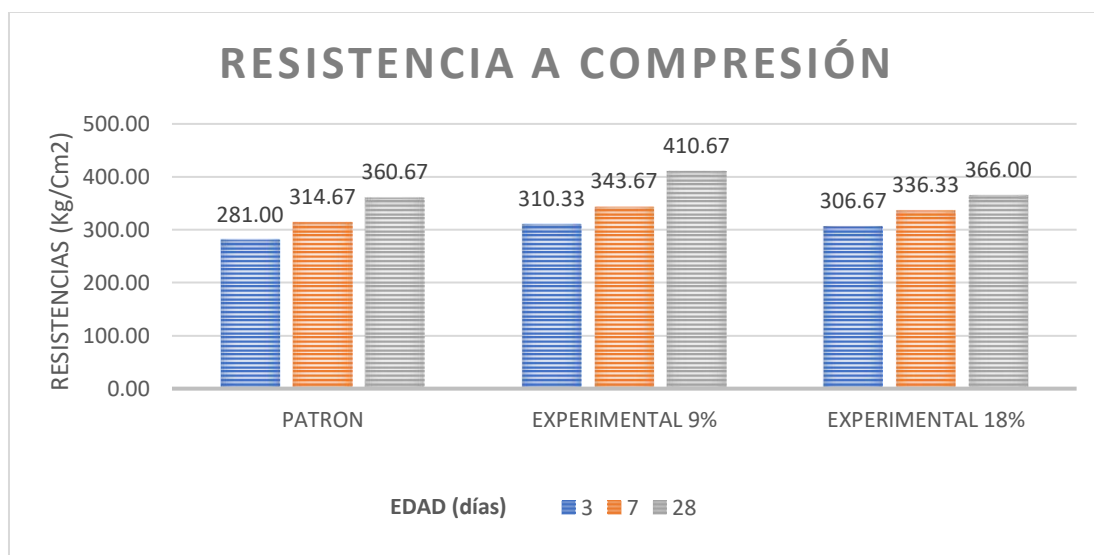


Figura 5. Resistencia a la Compresión (Kg/cm<sup>2</sup>) Vs. Edad (Días)  
 Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES – UNI

### Prueba ANOVA

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un  $p > 0.05$  para cada caso) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ( $p = 0.608$  y  $p > 0.05$ ) de las resistencias medias obtenidas en los cubos de mortero en cada tratamiento (sustitución del cemento por una combinación de polvo de vidrio y ceniza de concha de abanico) se procedió a realizar la prueba ANOVA

**Tabla 31**

*Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Combinación de (PV+CCA)	1956,401	2	978,201	7,567	,044
Días de curado	9664,828	2	4832,414	37,382	,003
Error	517,079	4	129,270		
Total	12138.309	8			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N°31; se puede visualizar que para la sustitución de cemento por la combinación de polvo de vidrio y ceniza de concha de abanico el  $p\text{-value} < (p=0.044, p<0.05)$  entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en  $\text{kg/cm}^2$  logradas en los cubos de mortero, con sustitución de cemento por la combinación de polvo de vidrio y ceniza de concha de abanico 0%, 9%, y 18%, no son iguales. Es decir, existe una diferencia significativa entre las resistencias medias del mortero.

También se tienen que para los días de curado  $p\text{-valué} (p=0.003, p<0.05)$  entonces podemos decir que las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes a consecuencia de los días de curado (existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencias medias).

**Tabla 32**

*Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de los cubos de mortero es diferente.*

Porcentaje de combinación (polvo de vidrio y ceniza de concha de abanico)	Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2
0%	318,7800	
18%.	336.3333	336,333
9%.		354,890

*Fuente:* Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N°32, después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que los cubos de mortero que tienen mayor resistencia a la compresión es la que se sustituye el cemento en 9% o 18% por la combinación de polvo de vidrio y ceniza de concha de abanico, y el que registra menor resistencia es los cubos que no se le agrega la combinación.

#### IV). ANALISIS Y DISCUSION

Del Análisis Térmico Gravimétrico de la Ceniza de Concha de Abanico, que se muestra en la Figura 2, se observa una muy leve caída del material con el incremento de la temperatura, indicando buena estabilidad térmica del material, hasta alcanzar los 700°C, y a partir de esta inicia una descomposición acelerada y de pérdida de material hasta la temperatura de 890°C, esto se produce debido a la deshidroxilación del material que finalmente se convertirán en óxidos. Además, se evidencia una pérdida total de aproximadamente 38% de su masa inicial.

Para la figura 3, se puede observar dos ligeras bandas endotérmicas, una a los 110°C y la otra a 210°C, el cual indica reacciones que consumen energía térmica, por la liberación de agua en forma de vapor, producto del cambio en la capacidad calorífica que se manifiesta en calentamiento y como consecuencia de esto se producirá evaporación. Asimismo, se puede apreciar una absorción térmica alrededor de los 890°C, que se manifiesta en descarga de energía produciendo un cambio estructural y de las características del material.

Por lo tanto, la activación de la Concha de Abanico se realizó a los 890°C debido a que hay un cambio en su estado a partir de esa temperatura, del cual se consideró un tiempo de calcinación de 4 horas que de acuerdo a lo reportado por Buasri (2013) donde la calcinación debe darse a una temperatura entre los 700° y 1000°C para lograr la activación, y dado los resultados se encuentra dentro del rango.

Para el caso de Polvo de Vidrio no fue necesario someter a altas temperaturas por ser un subproducto industrial, ya que durante su proceso de fabricación fue realizado, siendo el único proceso de activación mecánicamente para obtener un material con propiedades cementantes.

En los resultados de los Análisis de Fluorescencia de Rayos X realizado para la Ceniza de Concha de Abanico, que se muestra en la Tabla N°13, se aprecia que los porcentajes más relevantes de los óxidos activados son 82.526% de óxido de calcio (CaO), 15.759 % de Trióxido de Aluminio y 0.215% de Dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>).

Su alto porcentaje de CaO dará un material altamente cementante según lo señalado por Coronación (2016) que obtuvo 97.529% de Oxido de Calcio; el cual permitirá combinarse con los óxidos puzolánicos del Polvo de Vidrio activado.

En la tabla 14, se aprecia que el polvo de vidrio tiene como principal componente al Dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) en 83.875%, que en comparación al componente que contiene el Cemento es superior en un 58.875%. Además, logra superar lo reportado Gunalaan y Gans (2013) que en su en su investigación obtuvo valores de 72.42% de (SiO<sub>2</sub>) señalando que el principal componente del material de Vidrio es el Sílice. Asimismo la tabla 14, presenta valores de aluminio en 3.918 %, hierro en 0.454% y Oxido de calcio (CaO) en 11.067%; que en conjunto con el Dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) permiten estimar la actividad puzolánica de este material bajo el estándar de la ASTM C 618 , el cual menciona que la suma de los óxidos de silicio , aluminio y hierro deben superar el 70 % para que un material pueda considerarse como un material puzolánico , en este caso la suma porcentuales de los óxidos es de 88.25% que supera en un 26.21 % el criterio de puzolanidad ya mencionado, es decir el proceso realizado para la activación del material ha permitido obtener un material de gran reactividad puzolánica que al combinarse con los óxidos activados de calcio presentes en el cemento, originarían un material cementante.

En la tabla 15, se muestra el PH de los materiales utilizados como sustituto del cemento que son el Polvo de vidrio con un valor de 12.66 y la ceniza de Concha de Abanico con 12.88. Asimismo, se muestra las combinaciones dadas con porcentajes de 9% de sustitución con un valor de 13.34 y 18% con 13.15 de PH, observando valores alcalinos que permiten reaccionar con el cemento para alcanzar las resistencias óptimas deseables. Según Rivera (2011) el cemento portland tiene un PH entre 12,6 a 14, las muestras obtenidas del PH de los materiales a utilizar permanecen en este rango, lo cual es favorable al mantener un material alcalino.

En la tabla 16, se muestra la relación a/c de las muestras experimentales calculadas de acuerdo al % de Fluidez del mortero Patrón, observando valores de 23.92% y 23.43% muy cercanos y permisibles al 22.34% del patrón. Asimismo, la relación a/c de las muestras experimentales son afectada por la incorporación de Polvo de Vidrio

y Ceniza de Concha de Abanico, lo que ocasiona el incremento de agua en ambas sustituciones. Por lo tanto, se otorga mayor trabajabilidad a las muestras experimentales.

En el figura 4 ,se observa el aumento de la resistencia en 13.86% para el 9% de sustitución y 1.48 % para el 18% de sustitución en comparación a la muestra el patrón; además se alcanzó una resistencia máxima de 410.67 Kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al 9% de sustitución a la edad de 28 días, para el mortero experimental de 18% de sustitución se obtuvo una resistencia de 366.00 Kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días; del cual ambas sustituciones fueron superiores a la resistencia del mortero patrón con 360.67 Kg/Cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días. Asimismo, se aprecia un crecimiento tendencial conforme aumenta los días de curado para ambas sustituciones.

En la figura 5, se contempla las resistencias promedios de las muestras experimentales con respecto al patrón, se puede observar que presentan mayor resistencia a la edad de 3 días de curado correspondientes a los morteros experimentales, mayormente esto se debe a la presencia de silicato tricálcico que se pone en manifiesto por su gran velocidad de hidratación produciendo un rápido endurecimiento que contribuye en forma esencial en las resistencias iniciales para ambas sustituciones de 9% y 18%, y esto producto de la reacción del material puzolánico. Los silicatos presentes en el cemento son los que aportan la resistencia a corto y largo plazo en las proporciones adecuadas ya que en presencia de calcio se forma el silicato tricálcico que permite la hidratación y endurecimiento rápido permitiendo el fraguado rápido y resistencias a corto plazo.

## v). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Se activó térmicamente la Concha de Abanico a una temperatura controlada de 890° C, de acuerdo al Análisis Térmico Diferencial

La composición química del Polvo de Vidrio contiene un 88.25% de componentes puzolánicos ( $83.875\% \text{SiO}_2 + 3.918\% \text{Al}_2\text{O}_3 + 0.454\% \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) en concordancia con la norma ASTM C- 618. Del mismo modo la Ceniza de Concha de Abanico obtuvo un porcentaje de 82.526%CaO de componentes cementantes.

Las muestras de Polvo de Vidrio, Ceniza de Concha de Abanico y sus combinaciones son altamente alcalinas resultando similar al PH del cemento, teniendo como combinaciones del 9% y 18% de sustitución valores de 13.34 y 13.15 respectivamente.

De acuerdo al ensayo de fluidez, se obtuvo la relación a/c del mortero experimental de 0.50 y 0.51 de las sustituciones de 9% y 18% respectivamente y la relación a/c del mortero patrón de 0.485 se obtuvo de acuerdo a la NTP 334.051; del cual se otorgó a los morteros experimentales una mayor trabajabilidad.

Se alcanzo una resistencia máxima de  $410.67 \text{ Kg}/\text{Cm}^2$  correspondiente al 9% de sustitución a la edad de 28 días y para el experimental con 18% se obtuvo una resistencia de  $366.00 \text{ Kg}/\text{Cm}^2$ ; ambos experimentales presentan valores superiores a la resistencia del mortero patrón con  $360.67 \text{ Kg}/\text{Cm}^2$  a la edad de 28 días

## **RECOMENDACIONES**

Activar la Concha de Abanico a diferentes temperaturas y tiempos de calcinación para optimizar los resultados.

Mejorar el proceso de activación mecánica del Vidrio para reducir contaminaciones en la muestra.

Utilizar porcentajes de sustitución del cemento en los Rangos del 9% y 18% por la combinación Polvo de Vidrio y Ceniza de Concha de Abanico para tener panorama más amplio en el estudio de estos materiales.

Ampliar la investigación realizando otros tipos de ensayos como Porosidad, Permeabilidad y Consistencia.

## **VI). AGRADECIMIENTO**

*Agradecer primero a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por haberme brindado una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo de felicidad*

*A mí familia por su apoyo incondicional en todo momento, por los valores que me inculcaron, por la confianza y comprensión en cada decisión y proyecto que he realizado y por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.*

*A mi asesor el Ing. Rubén López Carranza, quien me brindo su tiempo y apoyo en esta etapa de mi proyecto. A todos mis profesores por su esfuerzo y dedicación por transmitir sus conocimientos.*



## VII). REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Abanto, F. (2009). Tecnología del Concreto. 2° edic. Perú: San Marcos. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/306087568/Tecnologia-Del-Concreto-Flavio-Abanto>
- ASTM C 136-06. (2005). Análisis granulométrico del agregado fino según los requisitos físicos de gradación. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/276047132/ASTM-C-136-06-pdf>
- ASTM C 305 – 99. (2004). Mechanical Mixing of hydraulic cement pastes and mortars of Plastic Consistency. Recuperado de <ftp://ftp.ecn.purdue.edu/olek/PTanikela/To%20Prof.%20Olek/ASTM%20standards/mixing%20of%20pastes%20ASTM%20C%20305.pdf>
- ASTM C 670. (2005). Práctica estándar para preparar las declaraciones de precisión y sesgo en los métodos de ensayo de materiales de construcción. Recuperado de <http://www.ebay.com/itm/ASTM-C-670-Preparing-Precision-and-Bias-Statements-for-Test-Methods-/191842105929>
- Buasri, A. (2013). Calcium Oxide Derived from wast Shells of Mussel, Cockle, and Scallops the heterogeneous Catalyst for Biodisel Production. Tailandia: Bangkok. Recuperado: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/460923/>
- Coronación, D. (2016). Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo el cemento por 5% por cenizas de cascara de arroz y por 5% de polvo de Concha de Abanico.
- Estela, J. *et at* (2016). Influencia de la Ceniza de Concha de Abanico como adición en Morteros respecto al Peso del Cemento. Perú: Universidad Nacional De Trujillo. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/357153345/TESIS-FINALCONCRETO>
- Fernández, J. (2003). Textos universitarios: El vidrio (3ra edición). España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- Gómez, J. (s.f.) Materiales de Construcción. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México
- Gunalaan, V & Seri Ganis Kanapathy. P. (2013). Rendimiento del concreto usando residuos de vidrios en polvo como sustitución del cemento. American Journal of Engineering Research (AJER). Volumen 02 p. 175-181
- León, L. & Vásquez, A. (2014). Propuesta de diseño de morteros para el mantenimiento, conservación y reparación de edificaciones basados en su resistencia a flexión y compresión. Cuba: Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1939/193931237003.pdf>
- López, T. & Martínez, A. (1995). El mundo mágico del Vidrio. (1° Ed.) México. Fondo de cultura económica. Recuperado de [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/137/html/mundo\\_ma.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/137/html/mundo_ma.html)

- Mafalda, A. & Sousa, J (2012). Durabilidad de mortero utilizando residuos de vidrio en polvo como sustituto del cemento. *Construction and Building Materials* 36. p. 205-215
- Navarro, J. (2003) El vidrio. Colección textos universitarios nº 6. CSIC.Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Madrid. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=4GsNCPQRaTwC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Jos%C3%A9+Mar%C3%ADa+Fern%C3%A1ndez+Navarro%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjJ0ae3y6zeAhXqtlkKHZpYC IQuwUIKzAA#v=onepage&q&f=false>
- Nizama, D. (2014). Valoración de los residuos crustáceos para concretos de baja resistencia. Recuperado: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2194>
- NTP 334.051. (2013). Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.
- NTP 334.057. (2002). Determinación de la fluidez de pastas de mortero. Recuperado de: <https://documents.tips/documents/ntp-334057-2002.html>
- NTP 339.088. (2004). Requisitos de calidad del agua para el concreto. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/kiaramirellaporrascrisostomo/ntp-339088>
- NTP 399.607. (2013). Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.
- NTP 400.011. (2008). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Recuperado de <https://edoc.site/ntp-400011-2008-pdf-free.html>
- Pearson, C. (2009). Manual del Vidrio Plano (3ra edición). Argentina: Buenos Aires. Recuperado de [https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/accion\\_viento/manual\\_vidrio\\_plano.pdf](https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/accion_viento/manual_vidrio_plano.pdf)
- Rivera, G (2011). Concreto Simple, Colombia: Universidad del cauca. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/58132781/Tecnologia-Concreto-y-Mortero-Rivera-Unicauca>
- Rodríguez, M. y Ruíz, M. (2016). Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. En *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 3 (2) pp. 53-60.
- Shilpa, R &. Kumar (2014). Efecto del uso de vidrio en polvo en Concreto. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. Volumen 03 p. 421-427

# **ANEXOS**

**ANEXO N°1: ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL DE LA CONCHA DE  
ABANICO**



Trujillo, 08 de mayo del 201

**INFORME N° 138 - MAY-1**

**Solicitante:** Sandoval Robles Carlos – Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** .....

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Concha de abanico (1. gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-137MA	45.8 mg	.....

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 1000 °C.
- Masa de muestra analizada: 45.8 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa



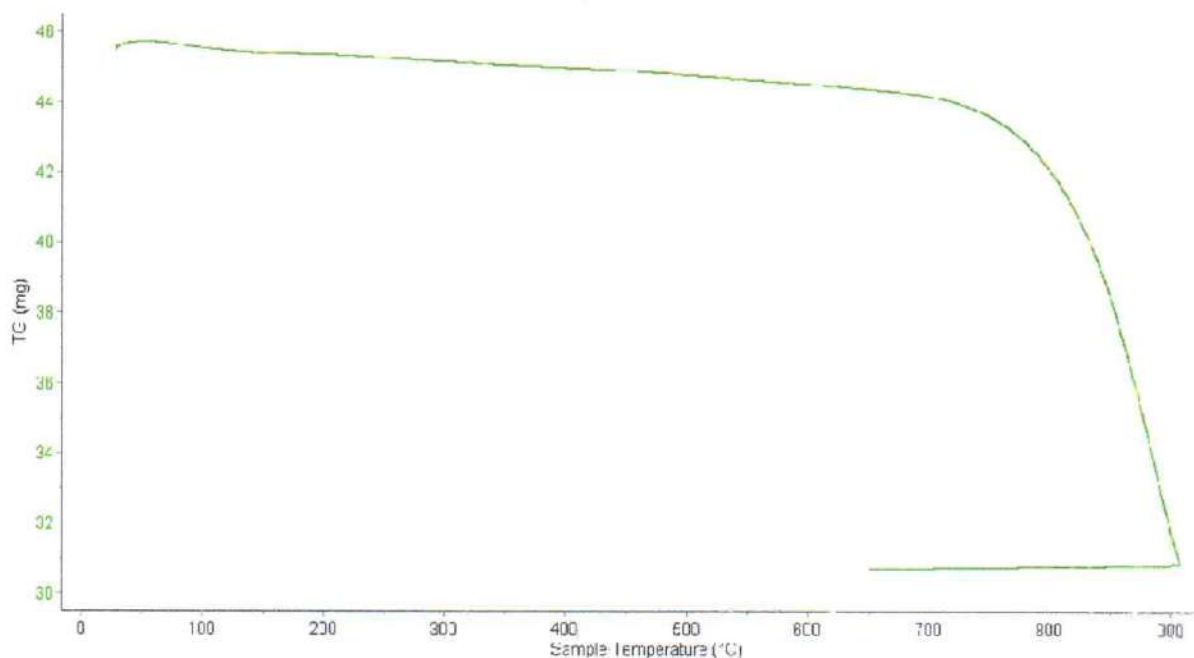


Trujillo, 08 de mayo del 201

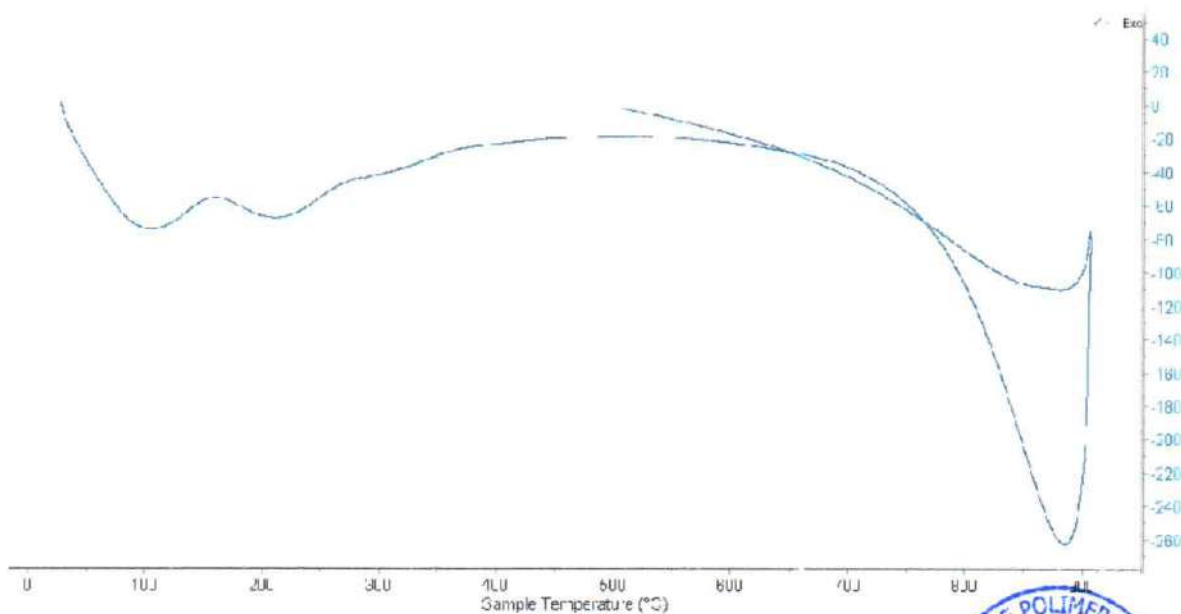
INFORME N° 138 - MAY-1

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termogravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica DSC





Trujillo, 08 de mayo del 2018

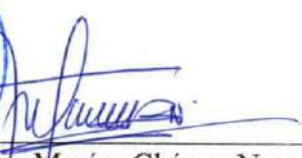
INFORME N° 138 - MAY-18

## 5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una muy leve caída del material, indicando buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700°C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición acelerada y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 38% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos ligeras bandas endotérmicas, la primera a 110, y la otra a 210 ° C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 890°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo 08 de mayo del 2018



  
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNCT

**ANEXO N°2: ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DEL POLVO  
DE VIDRIO**





**Informe N°73-LAQ/2018**

**Análisis de vidrio molido por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de vidrio molido a pedido del Sr. **Sandoval Robles, Carlos Javier**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia a Compresión con Cemento Sustituido al 6% y 12% de la Combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza di Concha de Abanico.”**

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

**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  $\mu$ 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 aprox. 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 2210 cts/s.

Esta técnica de FRXDE 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 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L 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



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 de oro dispersados 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 una muestra de polvo de vidrio . 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. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

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 un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es bastante





menor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg, que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos, y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de vidrio molido en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.754	3.918
SiO <sub>2</sub>	58.959	83.875
SO <sub>2</sub>	0.131	0.186
ClO <sub>2</sub>	0,010	0,014
K <sub>2</sub> O	0.146	0.208
CaO	7.780	11.067
TiO <sub>2</sub>	0.068	0,096
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.024	0.034
MnO	0.010	0.015
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.319	0.454
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.001	0.002
CuO	0.005	0.007
ZnO	0.007	0.010
SrO	0.006	0.008
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.010
ZrO <sub>2</sub>	0.003	0.005
BaO	0.070	0.100
Total	70.294	100.00

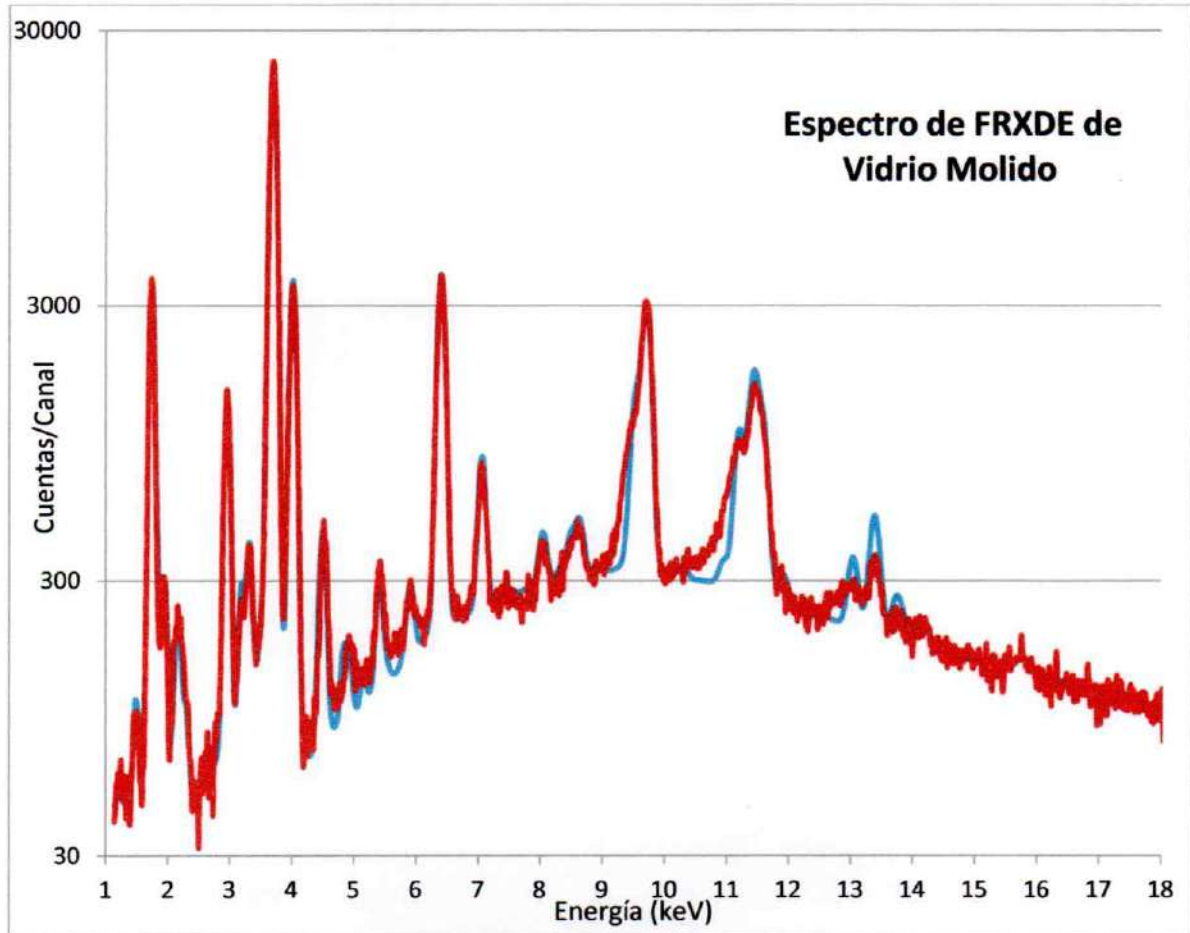


Figura 1. Espectro de FRXDE de vidrio molido en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....  
Laboratorio de Archeometría



Lima, 06 de junio del 2018

**ANEXO N°3: ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE LA  
CENIZA DE CONCHA DE ABANICO**





**Informe N°74-LAQ/2018**

**Análisis de ceniza de concha de abanico por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de concha de abanico a pedido del Sr. **Sandoval Robles, Carlos Javier**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia a Compresión con Cemento Sustituido al 6% y 12% de la Combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza di Concha de Abanico.”**

La muestra fue calcinada a 890°C y está en forma de polvo de grano fino de color blanco

**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 10  $\mu$ 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 aprox. 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 8540 cts/s.

Esta técnica de FRXDE 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 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L 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



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 de oro dispersados 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 una muestra de ceniza de concha de abanico. 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. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

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 un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es





**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos, y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de ceniza de concha de abanico en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.938	15.759
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.230	0.228
SO <sub>2</sub>	0.219	0.215
ClO <sub>2</sub>	0,020	0,020
K <sub>2</sub> O	0.008	0.009
CaO	83.403	82.526
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.016	0.016
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.022	0.022
CuO	0.002	0.002
ZnO	0.005	0.015
SrO	0.143	0.142
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.008	0.018
ZrO <sub>2</sub>	0.007	0.007
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.047	0.046
Total	101.063	100.00



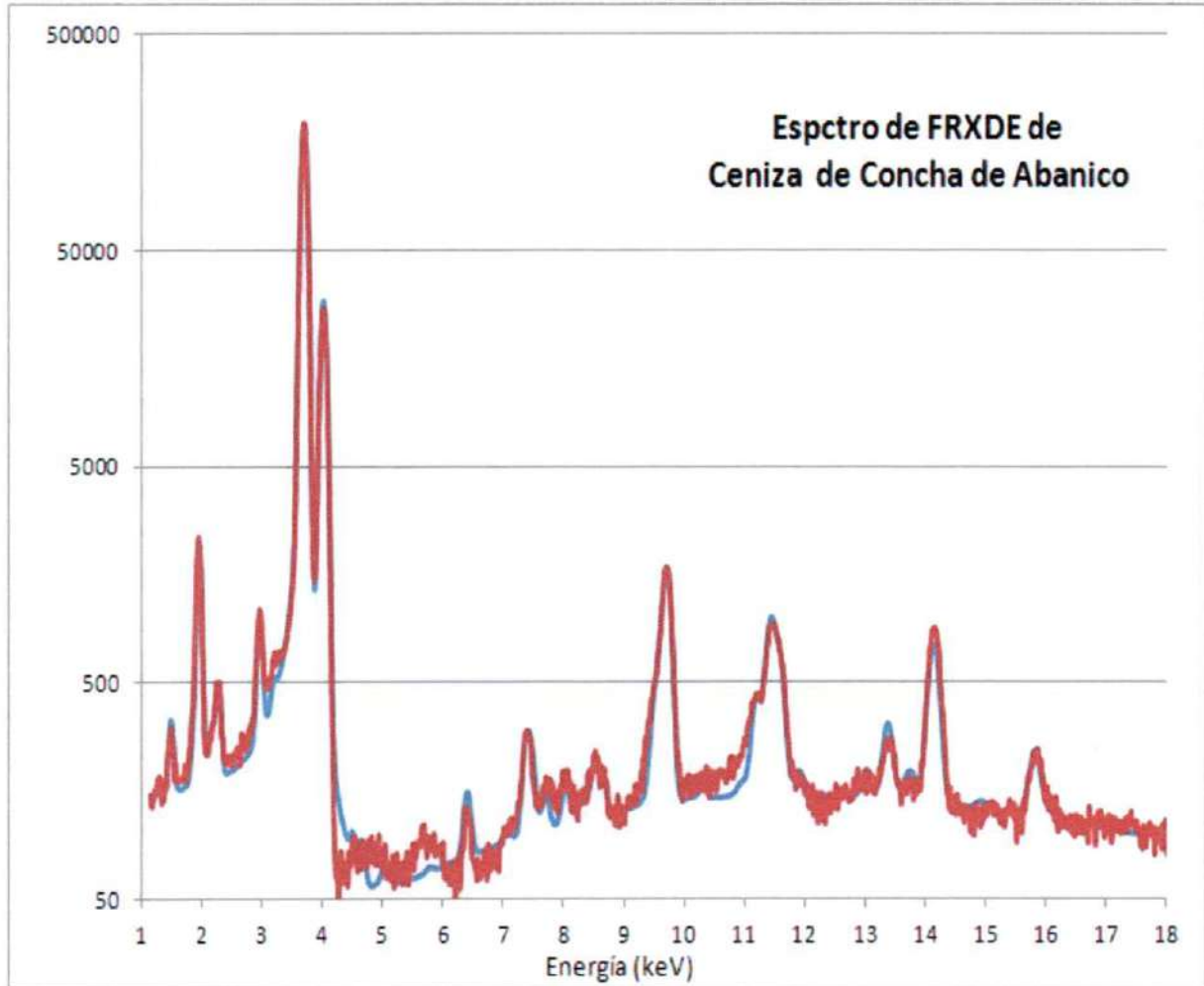


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de concha de abanico. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....

Laboratorio de Arqueometría



Lima, 12 de junio del 2018

**ANEXO N°4: ENSAYO DE POTENCIAL HIDROGENO (PH)**





# 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° 20180611-008

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : **CARLOS JAVIER SANDOVAL ROBLES.**  
DIRECCIÓN : **Barrio Fiscal N° 5 Mz B Lote 23 Chimbote.**  
PRODUCTO DECLARADO : **ABAJO INDICADOS.**  
CANTIDAD DE MUESTRA : **05 muestras.**  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : **En bolsa de papel cerrada.**  
FECHA DE RECEPCIÓN : **2018-06-11**  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : **2018-06-11**  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : **2018-06-12**  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : **En buen estado.**  
ENSAYOS REALIZADOS EN : **Laboratorio de Físico Químico.**  
CÓDIGO COLECBI : **SS 180611-6**

### RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Polvo de Vidrio (PV)	12,66
Cenizas de Concha de Abanico (CCA)	12,88
Cemento sustituido en 9% por la combinación de PV y CCA (3%CCA + 6%PV + 91%Cemento)	13,34
Cemento sustituido en 18% por la combinación de PV y CCA (6%CCA + 12%PV + 82%Cemento)	13,15
3%CCA + 6%PV	13,33

### METODOLOGÍA EMPLEADA

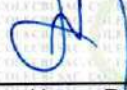
pH : Potenciométrico.

### NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo 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 13 del 2018.**

GVR/jms

  
**A. Gustavo Vargas Ramos**  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 326  
**COLECBI S.A.C.**

LC-MP-HRIE  
Rev. 04  
Fecha 2015-11-30

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

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - - Telefax: 043-310752

Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe)/ [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)

Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)

## **ANEXO N°5: VERIFICACIÓN DE GRADACIÓN**

## PROPUESTA DE GRADACION

---

<b>Arena manufacturada</b>						
<b>N° mallas</b>	<b>Pesos retenido (g)</b>	<b>% retenido</b>	<b>% retenido acumulado</b>	<b>% pasa</b>	<b>Arena manufacturada (% pasa)</b>	
<b># 4</b>	0	0	0	100	100	
<b># 8</b>	27.50	4.00	4.00	96	95	100
<b># 16</b>	137.50	20.00	24.00	76	70	100
<b># 30</b>	206.25	30.00	54.00	46	40	75
<b># 50</b>	68.75	10.00	64.00	36	20	40
<b># 100</b>	82.50	12.00	76.00	24	10	25
<b># 200</b>	110.00	16.00	92.00	8	0	10
<b>PLATO</b>	55.00	8.00	100		-	-
<b>TOTAL</b>	687.50	100				
<b>CONDICIÓN:</b>	Arena Gradada					
<b>Total:</b>	687.5 gr					
<b>Diagnóstico:</b>	Procede					
<b>Módulo de Finura</b>	2.22					

---

**ANEXO N°6: ENSAYO DE FLUIDEZ DEL MORTERO**





## ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE MORTERO-PATRON (MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA: SANDOVAL ROBLES CARLOS WALTER

TESIS: RESISTENCIA A COMPRESION DE MORTEPO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 5% Y 10% DE LA COMBINACION DE  
POLVO DE VERRINO Y CENIZA DE CONCHA DE ABANICO

MUESTRA: 100% CEMENTO

FECHA: 01/10/2016

RELACION: AGUA/CEMENTO: 0.85

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.88	12.43	10.16	22.37
12.32			
12.14			
12.39			

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

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



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

SOCIOTA SANDOVAL ROBLES CARLOS JAVIER

TESS: RESISTENCIA A COMPRESION DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 9% Y 13% DE LA COMBINACION DE  
POLVO DE VIDRIO Y CENIZA DE CONCHA DE ABANICO

MUESTRA: 12% DE CEMENTO - 6% C.A.A - 12% DE PV

FECHA: 10/02/2018

RELACION: AGUA/CEMENTO 0.61

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.42	12.54	10.18	23.40
12.54			
12.71			
12.48			

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



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





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

ROYISTA : SANDOVAL BARLES CARLOS JAVIER

TIPO : RESISTENCIA A COMPRESION DE MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO AL 3% Y 15% DE LA COMBINACION DE  
POLVO DE VIDRIO Y CENIZA DE CONCHA DE ANANICO

MUESTRA : 01% DE CEMENTO + 3% CCA + 6% DE PV

FECHA : 10/05/2018

MEZCLACION : AGUAMIENTO 0.60

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.72	12.59	10.16	23.89
12.51			
12.48			
12.64			

OBSERVACION : La fluidez se debe encontrar dentro del rango  $110 \pm 5\%$ .



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

**ANEXO N°7: ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTERO PATRÓN Y  
EXPERIMENTAL**





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

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

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for Engineering and Technology



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

### INFORME

**Del A Ubicación** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**Asunto** : CARLOS JAVIER SANDOVAL ROBLES  
**Expediente N°** : UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CHIMBOTE  
**Recibo N°** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Fecha de emisión** : 18-2771-3  
 : 61642  
 : 08/08/2018

**1.0. DE LA MUESTRA** : Consistente en 09 especímenes cúbicos de GROUT.

**2.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK.  
 Certificado de Calibración LFP-274 - 2018

**3.0. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia MTC E 1103

#### 4.0. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/ cm <sup>2</sup> )
1	PATRON 3 DIAS N° 1	03/08/2018	06/08/2018	26.0	7,476	288
2	PATRON 3 DIAS N° 2	03/08/2018	06/08/2018	26.1	7,125	273
3	PATRON 3 DIAS N° 3	03/08/2018	06/08/2018	25.9	7,299	282
4	PATRON 7 DIAS N° 1	01/08/2018	08/08/2018	25.1	7,745	309
5	PATRON 7 DIAS N° 2	01/08/2018	08/08/2018	25.5	8,002	314
6	PATRON 7 DIAS N° 3	01/08/2018	08/08/2018	25.3	8,117	321
7	PATRON 28 DIAS N° 1	11/07/2018	08/08/2018	25.2	9,417	374
8	PATRON 28 DIAS N° 2	11/07/2018	08/08/2018	25.1	8,793	351
9	PATRON 28 DIAS N° 3	11/07/2018	08/08/2018	25.4	9,047	357

#### 5.0. OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Informe 01 de 03.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. A.A.G



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

#### NOTAS

- 1) Está prohibido producir 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. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



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 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



### INFORME

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : CARLOS JAVIER SANDOVAL ROBLES  
**Ubicación** : UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CHIMBOTE  
**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Expediente N°** : 18-2771-3  
**Recibo N°** : 61642  
**Fecha de emisión** : 08/08/2018

- 1.0. DE LA MUESTRA** : Consistente en 09 especímenes cúbicos de GROUT.  
**2.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK.  
 Certificado de Calibración LFP-274 - 2018  
**3.0. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia MTC E 1103

#### 4.0. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/ cm²)
1	EXP. 9% 3 DIAS N° 1	03/08/2018	06/08/2018	25.0	7,504	300
2	EXP. 9% 3 DIAS N° 2	03/08/2018	06/08/2018	25.3	7,919	314
3	EXP. 9% 3 DIAS N° 3	03/08/2018	06/08/2018	24.9	7,874	317
4	EXP. 9% 7 DIAS N° 1	01/08/2018	08/08/2018	25.3	8,866	350
5	EXP. 9% 7 DIAS N° 2	01/08/2018	08/08/2018	25.1	8,493	338
6	EXP. 9% 7 DIAS N° 3	01/08/2018	08/08/2018	25.0	8,576	343
7	EXP. 9% 28 DIAS N° 1	11/07/2018	08/08/2018	25.2	10,434	414
8	EXP. 9% 28 DIAS N° 2	11/07/2018	08/08/2018	25.1	10,190	406
9	EXP. 9% 28 DIAS N° 3	11/07/2018	08/08/2018	25.0	10,271	412

#### 5.0. OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Informe 02 de 03.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. A.A.G



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

#### NOTAS

- 1) Está prohibido producir 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 nuestra promesa  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



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 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for Engineering and Technology

Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

### INFORME

**Del A Ubicación Asunto Expediente N° Recibo N° Fecha de emisión**  
**: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales**  
**: CARLOS JAVIER SANDOVAL ROBLES**  
**: UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CHIMBOTE**  
**: Ensayo de Resistencia a la Compresión**  
**: 18-2771-3**  
**: 61642**  
**: 08/08/2018**

**1.0. DE LA MUESTRA** : Consistente en 09 especímenes cúbicos de GROUT.

**2.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK.  
Certificado de Calibración LFP-274 - 2018

**3.0. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia MTC E 1103

#### 4.0. RESULTADOS

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
1	EXP. 18% 3 DIAS N° 1	03/08/2018	06/08/2018	25.0	7,765	311
2	EXP. 18% 3 DIAS N° 2	03/08/2018	06/08/2018	25.0	7,565	303
3	EXP. 18% 3 DIAS N° 3	03/08/2018	06/08/2018	25.4	7,772	306
4	EXP. 18% 7 DIAS N° 1	01/08/2018	08/08/2018	25.1	8,280	330
5	EXP. 18% 7 DIAS N° 2	01/08/2018	08/08/2018	25.0	8,621	345
6	EXP. 18% 7 DIAS N° 3	01/08/2018	08/08/2018	24.8	8,292	334
7	EXP. 18% 28 DIAS N° 1	11/07/2018	08/08/2018	25.0	9,076	363
8	EXP. 18% 28 DIAS N° 2	11/07/2018	08/08/2018	24.9	9,277	373
9	EXP. 18% 28 DIAS N° 3	11/07/2018	08/08/2018	25.1	9,077	362

#### 5.0. OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Informe 03 de 03.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
Técnico : Sr. A.A.G



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

#### NOTAS

- 1) Está prohibido producir 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: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo  
de Materiales - UNI





# **PANEL FOTOGRAFICO**

PANEL FOTOGRAFICO



**Foto N°01:** Vidriería CORPORACION PACIFICO S.R.L



**Foto N°02:** Recolección de residuos de Vidrio transparente



**Foto N°03:** Lavado del vidrio recolectado



**Foto N°04:** Proceso de Trituración del vidrio mediante Piedra





**Foto N°05:** Separación de tamaño de partícula más fina del vidrio mediante la organiza



**Foto N°06:** Proceso de Trituración del vidrio con Mortero



**Foto N° 07:** Extracción de la Concha de Abanico del Mercado la Sirenita



**Foto N°08:** Proceso de lavado y secado de la Concha de Abanico



**Foto N°09:** Proceso de Trituración de la Concha de Abanico mediante Batan



**Foto N°10:** Proceso de Trituración de la Concha de Abanico con Mortero



**Foto N° 11:** Tamizado de la Concha de Abanico por la Malla N°200



**Foto N°12:** Calcinación de la Concha de Abanico a 890°C





**Foto N°13:** Muestra de la Concha de Abanico calcinado



**Foto N°14:** Trituración de Cenizas de Concha de Abanico con mortero



**Foto N°15:** Recolección de Arena de la Cantera Rubén



**Foto N°16:** Separación de las partículas de Arena



**Foto N°17:** Proceso de combinación del Polvo de Vidrio, Ceniza de Concha de Abanico y cemento



**Foto N° 18:** Fluidez del Motero



**Foto N°19:** Instrumentos y materiales para el mezclado de mortero



**Foto N°20:** Preparación de la mezcla de mortero





**Foto N°21:** Elaboración de morteros



**Foto N°22:** Cubos de Mortero Patrón y Experimentales