

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión de un concreto**  
 **$f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$  adicionando cenizas de cáscara de arroz**  
**y conchas de abanico**

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

**Autor**

Paredes Garcia, Angelo Jorge

**Asesor**

Urrutia Vargas Segundo

Chimbote – Perú

2019

## ÍNDICE

### **Contenido**

Título .....	i
Palabras Claves – key words – Líneas de investigación .....	ii
Resumen .....	iii
Abstract .....	iv
Introducción.....	1
Metodología.....	44
Resultados .....	49
Análisis y Discusión .....	57
Conclusiones y Recomendaciones.....	60
Agradecimientos .....	62
Referencias Bibliográficas .....	63
Anexos.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Componentes químicos principales del cemento	9
TABLA N° 2: Componentes químicos del cemento Pacasmayo tipo I	10
TABLA N° 3: Requisitos para agua de mezcla	14
TABLA N° 4: Composición de la ceniza de cáscara de arroz	17
TABLA N°5: Composición química del polvo de la concha de abanico del distrito de casma.	22
TABLA N° 6: Diseño en bloque completo al azar	44
TABLA N° 7: Técnicas de recolección de información	45
TABLA N° 8: Componentes del concreto por probeta patrón.	49
TABLA N° 9: Características de los resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 7, 14, 28 días de curado.	49
TABLA N° 10: Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 7, 14, 28 días de curado.	50
TABLA N° 11: Componentes del concreto por probeta experimental.	52
TABLA N° 12: Características de los resultados del ensayo de compresión del concreto experimental a los 7, 14, 28 días de curado.	53
TABLA N° 13: Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental a los 7, 14, 28 días de curado.	53
TABLA N° 14: Resumen comparativo de los resultados al esfuerzo a la compresión (kg / cm <sup>2</sup> ).	56

## ÍNDICE GRAFICOS

GRAFICO N°1: Ensayo de resistencia a la compresión patrón a los 7 días de curado.	56
GRAFICO N°2: Ensayo de Resistencia a la Compresión Patrón a los 14 días de curado.	57
GRAFICO N°3: Ensayo de Resistencia a la Compresión Patrón a los 28 días de curado.	57
GRAFICO N°4: Ensayo de Resistencia a la Compresión Patrón Promedio a los 7, 14, 28 días de curado.	58
GRAFICO N° 5: Ensayo de Resistencia a la Compresión Experimental a los 07 días de curado.	58
GRAFICO N° 6: Ensayo de Resistencia a la Compresión Experimental a los 14 días de curado.	60
GRAFICO N° 7: Ensayo de Resistencia a la Compresión Experimental a los 28 días de curado.	61
GRAFICO N°8: Ensayo de Resistencia a la Compresión Experimental Promedio a los 7, 14, 28 días de curado.	61
GRAFICO N° 9: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Promedio Patrón vs Experimental a los 7, 14 días Y 28 días de curado.	62

**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO  
F’C = 280 KG / CM2 ADICIONANDO CENIZAS DE CÁSCARA  
DE ARROZ Y CONCHAS DE ABANICO”**

## PALABRAS CLAVES

Tema	Resistencia del Concreto
Especialidad	Tecnología del Concreto.

## KEYWORDS

Topic	Concrete Strength
Specialization	Concrete Technology

## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Código	Línea
	Construcción y Gestión de la construcción
02.00	Ingeniería y Tecnología
02.01	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil
Sub- líneas o Campos de investigación	Materiales de construcción

## RESUMEN

En la presente investigación se determinó y comparo la resistencia de un concreto patrón  $f_c = 280\text{kg/cm}^2$ , con otro donde se adicione al cemento por cenizas de cáscara de arroz y conchas de abanico previamente activada mecánica y térmicamente en un porcentaje 10 % y 5 % respectivamente, con la finalidad de lograr que se alcance una resistencia a la compresión óptima.

Las conchas de abanico se lavo, seco y trituro, la cáscara de arroz fue prequemada para obtenerla en cenizas. También fue sometida a un análisis térmico diferencial para encontrar el rango de temperatura en la que ésta será activada, donde se determinó calcinar a  $920\text{ }^\circ\text{C}$  durante 4 horas en el caso de conchas de abanico y  $430$  a 2 horas en el caso de las cenizas de cáscara de arroz. Se determinó el potencial Hidrogeno (pH) de la materia prima Cenizas de cáscara de arroz , conchas de abanico y del compuesto (100% Cemento – 10 % Cenizas de cáscara de arroz y 5 % de conchas de abanico ), y la composición química de la cenizas de cáscara de arroz y conchas de abanico, activadas mediante el ensayo de Fluorescencia de Rayos X.

Luego se escogió la cantera para los agregados y seguidamente se diseñó las probetas patrón de  $f_c = 280\text{kg/cm}^2$  y las probetas experimentales agregando las cenizas de cáscara de arroz y conchas de abanico en un porcentaje del 10% y 5 % respectivamente adicionando al cemento y se comparó a los 7, 14 y 28 días de curado.

Para tal objetivo se realizó una serie de ensayos, como ensayo de la resistencia a la compresión, ensayo de peso unitario compactado, ensayo de asentamiento, contenido de humedad, absorción, granulometría; cuyos resultados procesados, analizados e interpretados con la metodología estadística.

En el cual los resultados del ensayo a compresión fueron los siguientes respectivamente:  $216.98\text{ kg/cm}^2$ ,  $244.14\text{ kg/cm}^2$  y  $282.75\text{ kg/cm}^2$  (concreto patrón) en comparación a los resultados  $238.74\text{ kg/cm}^2$ ,  $280.95\text{ kg/cm}^2$  y  $315.71\text{ kg/cm}^2$ . (concreto experimental).

## ABSTRACT

In the present investigation, the resistance of a concrete standard  $f_c = 280 \text{ kg / cm}^2$  will be determined and compared with another where it will be added to the cement by rice husk ashes and fan shells previously mechanically and thermally activated in a percentage of 10% and 5% respectively, in order to achieve an optimal compression resistance.

The scallops were washed, dried and crushed, the rice husk was pre-burned to obtain it in ashes. It was also subjected to a differential thermal analysis to find the temperature range in which it will be activated, where it was determined to calcinate at  $920^\circ \text{ C}$  for 4 hours in the case of fan shells and 430 to 2 hours in the case of the ashes of cáscara de arroz. The potential Hydrogen (pH) of the raw material was determined. Ashes of rice husk, scallops and the compound (100% Cement - 10% Rice husk ashes and 5% of fan shells), and the chemical composition of the rice shell ashes and fan shells, activated by the X-Ray Fluorescence test.

Then the quarry for the aggregates was chosen and then the standard specimens of  $f_c = 280 \text{ kg / cm}^2$  were designed and the experimental test pieces added the rice shell ashes and fan shells in a percentage of 10% and 5% respectively, adding the cement and was compared at 7, 14 and 28 days of curing.

For this purpose, a series of tests were carried out, such as compression resistance test, compacted unit weight test, settlement test, moisture content, absorption, granulometry; whose results processed, analyzed and interpreted with the statistical methodology.

In which the results of the compression test were the following respectively:  $216.98 \text{ kg / cm}^2$ ,  $244.14 \text{ kg / cm}^2$  and  $282.75 \text{ kg / cm}^2$  (concrete pattern) compared to the results  $238.74 \text{ kg / cm}^2$ ,  $280.95 \text{ kg / cm}^2$  and  $315.71 \text{ kg / cm}^2$  . (experimental concrete).

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1.-ANTECEDENTES

Metha (1992), se describen algunas de las investigaciones más importantes desde la década del 70 hasta 1992, se centró fundamentalmente en el estudio de los procesos de quemaduras y las propiedades de las cca obtenidas, también hace referencia a las investigaciones en el instituto de tecnología de la india en kumpur de 1974 a 1976 donde se estudiaron la cca obtenida de la combustión sin control de temperatura.

Chao (1997), en presentación del capítulo IV “ The use of rice huskash in concrete” donde se resume los principales avances que se tenían hasta la fecha sobre la obtención y uso de la CCA en el hormigón.

Sakoda, Watanabe, Ishiyama y Saito (2003), señalan que los volúmenes anuales de Conchas de abanico en Japón son del orden de 300 000 toneladas y los correspondientes desperdicios calcáreos del orden de 150 000 toneladas por año. Por lo tanto, estos residuos calcáreos lanzados a la intemperie generan efectos adversos del medio ambiente del suelo sobre los que son lanzados estos desechos. Desde esta perspectiva es que la utilización de estos residuos calcáreos en mezclas de concreto ha comenzado a ser estudiada recientemente en Japón. Sin embargo, las propiedades del concreto conteniendo residuos calcáreos de conchas de abanico no ha sido del todo dilucidadas. Los resultados experimentales de este estudio en que se utilizó concreto hecho con cemento aglomerante compensado con residuos calcáreos de conchas de abanico se encontró que el peso unitario del concreto conteniendo conchas de abanico fue menor que del concreto ordinario. La velocidad de onda longitudinal del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue menor que el de concreto ordinario. La relación entre la dinámica del módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión del concreto conteniendo conchas de abanico fue muy baja. La resistencia de compresión del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue alrededor de 20 N/mm<sup>2</sup> o su equivalente a 203,87 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de secado. El modulo elástico de elasticidad del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue más pequeño que del concreto ordinario.

El ratio de la resistencia a la tensión del concreto conteniendo residuos de conchas de abanico fue mayor comparado al del concreto ordinario.

Sevillano, M y Ninaquispe, L (Universidad San Pedro) 2015. Con su investigación de tesis titulada: “Resistencia a la compresión 175 kg/cm<sup>2</sup> de un ladrillo de concreto en el cual el cemento ha sido adicionado en 10% por ceniza de cáscara de arroz y conchas de abanico”; de acuerdo a los resultados obtenidos en esta tesis, los ladrillos elaborados con ceniza de cáscara de arroz y conchas de abanico en adición al 10% del cemento, llegan con una Resistencia a la Compresión de 177.68 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado; resistencia a la que se quiso llegar según la NTP para Ladrillos. La ceniza de cáscara de arroz tiene la similitud de las propiedades químicas de un cemento portland; concluyendo así que reacciona como un material cementante. La resistencia de los ladrillos (Convencional y Experimental) no tienen variación significativa para los 07 días de ensayo en los que se comprobó la efectividad del uso de la ceniza al 10% de ceniza de cáscara de arroz y conchas de abanico.

Según el grafico estadístico, el ladrillo de concreto tradicional y el ladrillo donde se adiciona el cemento por ceniza de cáscara de arroz y conchas de abanico cuenta con una resistencia de 177.68 kg/m<sup>2</sup>, la cual es aceptable para la construcción.

Blas, Avendaño y Prieto (2002), reportan una investigación sobre el aprovechamiento de residuos en el procesamiento de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía de Paracas. Sobre los compuestos que contiene los residuos calcáreos de las conchas de abanico este estudio señala que la eliminación de arenilla y tierra por procesos de lavado directo en agua corriente fue del orden del 2%, luego de secar y triturar las valvas fueron sometidas a procesos de calcinación a 600° C por cuatro horas obteniéndose 98 % de carbonato de calcio (CaCO<sub>2</sub>); para luego ser sometidas a una segunda calcinación de cuatro horas adicionales a 800° C, obteniéndose 62 % de óxido de calcio (CaO) a partir del carbonato de calcio, más otras sales cálcicas como CaSiO<sub>3</sub>, Ca(AlO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>. Entre las posibles aplicaciones de estos productos se plantea los productos cerámicos y la industria del cemento.

La Universidad de Piura y Cemento Pacasmayo S.A.A, (2005), “Las cenizas de cáscara de arroz, adición puzolánica en el cemento y concreto”. Mediante la calcinación

controlada de la cáscara de arroz, a baja temperatura ( $400^{\circ}\text{C}$ ), se ha obtenido una ceniza que consiste esencialmente en sílice amorfa, con un alto contenido de  $\text{SiO}_2$  (93 %), de gran área superficial ( $22600\text{ cm}^2/\text{g}$ ) y que, en consecuencia, posee gran actividad puzonalico,

En nuestro medio, estos materiales y su aplicación son poco conocidos. Habiendo realizado las investigaciones bibliográficas con respecto al presente proyecto, encontramos que en la Universidad Nacional del Santa en la facultad de Ingeniería de la escuela de Ingeniería Civil se realizó una investigación con las propiedades de puzolana natural (caolín) para la adición parcial del cemento.

López, Mejía, Montalvo (2007) en su tesis titulada “Adición con ceniza de cáscara de arroz y concha de abanico en el cemento para la dosificación del diseño de mezcla de concreto a la resistencia de compresión  $F'c = 210\text{ kg/cm}^2$ ” El objetivo de este trabajo es adicionar CCA y CCAB como una adición al cemento Portland Tipo I y Así analizar los efectos y resultados de las propiedades físico y mecánica del concreto en estado fresco y endurecido. Teniendo como referencia principal el diseño de mezcla de un concreto normal patrón  $F c = 210\text{ Kg/cm}^2$ , se realizaron los diseños de mezcla del concreto, considerando 100 % de cemento actuante y luego los diseños de mezcla adicionando por la CCA 1% y 0.5% de CCAB, CCA 3% y CCAB 1.5% , CCA 5% y CCAB 2.5% , CCA 0.5% y 1% de CCAB, CCA 1.5% y CCAB 3% y CCA 2.5% y CCAB 5% al cemento. oLlegaron a la conclusión de que los resultados que obtuvieron superaron al concreto patrón un 44 % al ser un diseño de mezcla de CCA 5% y CCAB 2.5 % , obteniendo un resultado favorable para el uso de concreto en vigas, columnas, losa aligerada, etc.

Daniela C, (2017) en su tesis que lleva el nombre de : “ Resistencia térmica y mecánica en mortero con sustitución del 30% de cemento por una combinación de arcilla y cáscara de arroz”, concluye la siguiente tesis que la resistencia térmica del mortero experimental aumento un 107,14 %, con respecto al patrón y la resistencia a la compresión redujo en un 65.14 % respecto al patrón.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se justifica la presente investigación en los aspectos social y del conocimiento.

En la actualidad, a nivel mundial se está teniendo nuevas tendencias en cuanto al uso de concreto, puesto que, los actuales requerimientos de las características del concreto son muy variadas: por lo que, es cotidiano el uso de diferentes tipos de adiciones, las que modifican y mejoran algunas propiedades del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido.

En este contexto, un elemento a tener en cuenta es el uso de los residuos de la cáscara de arroz, pues se estima que esta ceniza contiene 80.33 % de óxido de silicio sustancia capaz de modificar y mejorar las propiedades de resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido.

Con la presente investigación se busca proponer nuevas alternativas en el diseño de mezclas de concreto al utilizar insumas abundantes y disponibles en nuestra región, como es el uso de ceniza de la cáscara de arroz, lo cual permitirá disminuir costos en el proceso de construcción y como apoyo didáctico en el proceso de enseñanza - aprendizaje.

Día a día se busca muchas alternativas de recursos naturales para adicionar al cemento, nos lleva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya la están usando y en base a ello concluimos en algunas justificaciones:

Sabiendo que en Chimbote específicamente en el valle de Santa y por el sector de cambio puente se desperdicia diariamente una gran cantidad de cáscara de arroz y además encontramos en las orillas de las playas grandes cantidades de conchas de abanico, se pueden extraer fácilmente para poder darle un mejor uso en el campo de la construcción.

Debido al aumento del costo del cemento portland, se plantea la adición al cemento por cáscara de arroz y conchas de abanico que aporten una mayor o igual resistencia aportada por el portland puro, lo cual disminuye el costo del material de construcción. En los últimos años, investigaciones basadas en la sustentabilidad demuestran agregar o adicionar cáscara de arroz y conchas de abanico al cemento aportan mayores niveles de resistencia en la fabricación del concreto, esto debido a los altos contenidos de sílice y la gran cantidad de calcio que tiene las conchas de abanico.

El tratamiento de las puzolanas es en ciertos casos fundamental pues, tanto su finura como la calcinación acrecientan notablemente sus propiedades. Al portland normal, se le adiciona un porcentaje en peso de material puzonalico, teniendo en cuenta que la ceniza de conchas de abanico es un material renovable.

La finalidad de esta investigación es hacer un análisis comparativo con diseños de concretos convencionales los cuales por lo general utilizan aditivos, entonces de esta manera poder mejorar las condiciones para un concreto de alta resistencia.

En el presente proyecto tratamos de contribuir con avances tecnológicos en el campo de la construcción para aumentar la resistencia a la compresión del concreto a base de cascará de arroz y conchas de abanico, por lo que reducirá costos en el campo de la construcción. Diseñando una alternativa con la utilización de las cenizas de cáscara de arroz y de las conchas de abanico, mejorando la resistencia a la compresión de concreto obteniendo un favorable resultado según las necesidades constructivas de la Provincia del Santa.

Por lo mencionado se formula el problema ¿En qué medida la adición del 10 % de cenizas de cascará de arroz y 5 % de conchas de abanico en un concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  mejorará la resistencia a la compresión?

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

Elconcreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua.

Sánchez de Guzmán (2001), sostiene que la muestra de un material aglutinante (cemento portland), un material de relleno (agregados) y agua, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.La Tecnología del Concreto ha procurado desde hace muchos años incrementar la resistencia y la durabilidad del concreto. Sin embargo, las resistencias hasta los  $600 \text{ Kg/cm}^2$  solamente eran utilizados en concreto pretensado, no

así en el concreto armado por el problema de la figuración con el diseño elástico de las barras de refuerzo.

Por otra parte, los fenómenos de la performance del cemento en condiciones agresivas no estaban bien estudiados. Es a partir de los años 70 con el desarrollo de estructuras elevadas en EE.UU. que se emprende una investigación muy importante sobre las altas resistencias del concreto.

Paralelamente, en muchos centros de investigación se desarrollan los concretos de alta performance por su durabilidad, con misma tecnología.

Los logros alcanzados han sido posibles por el desarrollo de los aditivos químicos de cuarta Generación, normalizados como aditivos reductores de agua de alto rango, que permiten relaciones  $a/c = 0.36$  en el concreto y posteriormente la aplicación de la microsílíce que densifica la parte de cemento y enriquece su resistencia en el tiempo por su alta actividad puzolánica.

Frederick S. (2012) señala que las cuatro propiedades principales del concreto son: trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad.

#### Características del concreto

**Trabajabilidad.** Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

**Durabilidad.** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

**Impermeabilidad.** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

**Resistencia.** Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en

compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

## Cemento

El cemento se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos.

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

## Composición Química del cemento

Tacilla, Araujo y Cardozo (2004) señala que las principales materias primas para la fabricación del cemento y las propiedades generales que intervienen son:

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

Silicato dicálcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.

Aluminato tricálcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle y eso durante la fabricación del cemento.

Aluminio- ferrito tetracálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son :

Tabla 1

*Componentes químicos del cemento*

COMPUESTO	PORCENTAJE	ABREVIATURA
$(CaO)$	61% - 67%	C
$(SiO_2)$	20% - 27%	S
$(Al_2O_3)$	4% - 7%	A
$(Fe_2O_3)$	2% - 4%	F
$(SO_2)$	1% - 3%	
$(MgO)$	1% - 5%	
$(K_2O \text{ Y } Na_2O)$	0.25% - 1.5%	

Fuente: Teodoro E. 1997.

Tipos de Cementos:

Tipo I, para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

Tipo II, para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo III, para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV, para usar cuando se desea bajo calor de hidratación

Tipo V, para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

El cemento empleado para el siguiente trabajo de investigación fue el cemento Portland tipo I por condiciones de sulfatos.

Tabla 2

*Componentes químicos del cemento Pacasmayo tipo I*

Componentes	Cemento Pacasmayo Tipo I
Oxido de Sílice: $\text{SiO}_2$	20.5%
Oxido de Hierro: $\text{Fe}_2\text{O}_3$	5.14%
Oxido de Aluminio: $\text{Al}_2\text{O}_3$	4.07%
Oxido de Calcio: CaO	62.92%
Oxido de Magnesio: MgO	2.10%
Óxido de Azufre: $\text{SO}_3$	1.83%
Perdida por Calcinación: P.C	1.93%
Residuo Insoluble: R.I	0.68%
Cal Libre: Cao	1.10%
Álcalis: $\text{Na}_2\text{O}$	0.22%
Silicato Tricálcico: $\text{C}_3\text{S}$	44.70%

Fuente: IECA. 2013

#### Agregado fino

Según la Norma Técnica Peruana 400.011 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).

#### Propiedades físicas:

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas NTP.

#### Peso unitario

El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

#### Peso específico

El peso específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

### Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varia.

### Absorción

Es la capacidad del agregado fino de absorber el agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

### Granulometría

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas.

### Módulo de finura

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La norma establece que la arena debe tener un módulo de finura no menos a 2.35 ni mayor que 3.15.

### Superficie específica

Según la NTP 400.012, es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las partículas.

### Agregado Grueso

El agregado grueso es el retenido en el tamiz 4.75 mm(N°9) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, que cumple con los límites establecidos en la norma técnica peruana 400.037.

El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos,

encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos, depositados en forma natural.

#### Propiedades Físicas:

Los agregados gruesos para que puedan ser utilizados en la preparación del concreto de alta resistencia deben cumplir, aparte de los requisitos mínimos de las normas, que proceda de rocas ígneas plutónicas de grano fino, que han enfriado en profundidad, con una dureza no menor a 7 y una resistencia a la compresión no menor del doble de la resistencia que se desea alcanzar en el concreto.

#### Peso unitario

El peso unitario o peso aparente del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en Kg/m<sup>3</sup>. El valor para agregados normales varía entre 1500 y 1700 Kg/m<sup>3</sup>.

#### Peso específico

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; valores altos entre 2.5 a 2.8, corresponden a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y absolutamente con mayor cantidad de agua, etc.)

#### Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene el agregado grueso. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje) la cantidad de agua en el concreto varía.

#### Absorción

Es la capacidad del agregado grueso de absorber el agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

#### Granulometría

Según la NTP 400.037, la granulometría se refiere a la distribución por tamaños de las partículas de los agregados. En concretos de alta resistencia no es recomendable utilizar toda la granulometría del agregado grueso, por investigaciones se ha determinado utilizar tamaños máximos de piedra que están en un rango para obtener optima resistencia en compresión.

## Agua

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla usándola como curado en obras de estructuras de concreto pasando los 28 días.

Martínez, I. (2010) sostiene que el agua impotable no debe utilizarse en el concreto a menos que se cumpla las siguientes condiciones.

La dosificación debe estar basada en mezclas de concreto que utilice agua de la misma fuente.

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

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.

Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes.

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

### Agua de mezclado

El agua de mezclado cumple dos funciones: hidratar el cemento y proporcionar fluidez y lubricación al concreto. Es la causante de la formación de conductos capilares que interconectan poros; estos se llenan parcialmente de aire y producen concreto menos resistentes y menos durables, por lo que debe usarse el menor volumen de agua que sea posible para obtener la fluidez requerida. Ciertas impurezas en el agua pueden causar

reacciones perjudiciales al concreto o alteraciones en sus propiedades como trabajabilidad, tiempos de fraguado, resistencias mecánicas, adherencia entre materiales del concreto, durabilidad, entre otros.

Para la elaboración de concretos se debe usar agua potable, es decir, aquella que por sus características químicas y físicas es útil para el consumo humano o que cumplan con los requisitos de calidad establecidos en la norma, careciendo de impurezas tales como arcilla y cloruros que alteren su durabilidad y aspecto estético, y ácidos que puedan reaccionar.

Tabla 3

*Valores máximos admisibles de sustancias en el agua.*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
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: NTP 339.088

### Curado

Constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento. Este suministro depende de la humedad del ambiente, ya que la evaporación del agua libre de la pasta ocurre con rapidez cuando la humedad relativa es menor. Por otra parte, el agua y el cemento al mezclarse ocupan un espacio inicial que permanece constante y que tiende a ser llenado gradualmente por los productos de hidratación (pasta).

### Relación Agua - Cemento:

La relación agua – cemento también conocida como razón agua cemento, es la proporción utilizada para obtener las diferentes mezclas tanto para la obtención de morteros como de hormigones.

El agua-cemento se trata de la relación peso del agua al peso del cemento utilizado en una mezcla de hormigón. Tiene una influencia importante en la calidad del hormigón producido. La menor proporción de agua-cemento conduce a la mayor resistencia y durabilidad, pero puede hacer la mezcla más difícil de manejar y vertir. Las dificultades de colocación se pueden resolver mediante el uso de plastificante. La relación agua-cemento es independiente del contenido total de cemento (y en el total contenido de agua) de una mezcla de hormigón.

### Cenizas de cáscara de arroz

La (CCA) es una adición mineral que se estudiado cada vez más en los últimos años, encontrándose propiedades similares a la sílice activa, pero exigiendo un control de la temperatura y de la duración de quema en su proceso de obtención.

En los reportes del estado del arte sobre la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) que fueron publicados por (MEHTA,1992) y otros autores destacados que han continuado hasta la actualidad se describe un estudio de las características físicas y químicas, el efecto de las condiciones de incineración sobre las propiedades puzolánicas de la CCA, y un resumen de los estudios realizados en muchos países sobre el uso de la CCA como material cementante suplementario del cual podemos extraer algunas investigaciones realizadas con los procesos de quema que reflejaremos a continuación.

En 1973, teniendo en cuenta lo que había hecho Cook, (MEHTA,1973) publica el proceso de obtención de una ceniza de mejores resultados que los encontrados hasta el momento.

Basada en las investigaciones realizadas en 1973 en la Universidad de California, Berkeley, varias publicaciones mostraban que a una temperatura entre 500 – 700 ° C se obtenían CCA de alta puzolanidad. De igual forma se obtuvieron también a temperaturas

entre 700 – 800 ° C con un 80 – 95 % de SiO<sub>2</sub>, 1-2 % de K<sub>2</sub>O y un 3-18 % de carbono sin quemar. Los análisis de rayos X corroboraron su carácter amorfo.

#### Producción en el Perú

Según el Ministerio de Agricultura del Perú en el año 2017. La principal zona de producción del arroz es la Costa, destacando las regiones de Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash. Frecuente en patios de poblaciones rurales y urbanas. Las siembras de arroz a nivel nacional en las últimas cinco campañas agrícolas, tuvo su mayor nivel de siembras en la campaña agrícola 2008-2009 con 406,134 ha, siendo un 10.2% superior que la campaña agrícola anterior. La mayor concentración de las siembras se da en los meses de noviembre a marzo siendo aproximadamente el 54.8% del total de siembras a nivel nacional, debido fundamentalmente que en este periodo del año existe una mayor disponibilidad del recurso hídrico en el norte de país, posibilitando el incremento de las siembras en este periodo. La superficie sembrada en la última campaña agrícola es de 387,677 hectáreas, con un incremento del 5.6% que la campaña agrícola anterior.

#### Propiedades de la ceniza de cáscara de arroz

Entre sus principales propiedades físico – químicas se destaca que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición (difícil degradación), es liviano (baja densidad), de alto volumen, de buen drenaje, buena aireación.

El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad y lo difícil que es lograr el reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas.

La pérdida de masa de este material ocurre en tres zonas de temperatura, las cuales ocurren en el rango de temperaturas de 50 ° C y 550 ° C, hay una ligera pérdida de peso cercana al 6 % sobre los 150 ° C, seguido por una descomposición térmica.

Un segundo evento térmico representa la pérdida de 38 % de peso que ocurre entre los 150 – 375 ° C.

La tercera etapa representa una pérdida en peso del 34 % en el rango de 375 – 500° c el que corresponde a los procesos de carbonización, quedando al final del tratamiento un

residuo (cenizas) de 22 % en peso representado el contenido de sílice e impurezas inorgánicas en la cáscara de arroz.

Tabla 4

*Composición de la ceniza de cáscara de arroz*

DESCRIPCIÓN	CENIZA CASCARILLA DE ARROZ(%)
SiO <sub>2</sub>	90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5
Ca	1.23
MgO	0.34
Na <sub>2</sub> O	< 0.32
K <sub>2</sub> O	2.07
TiO <sub>2</sub>	0.03
Pérdida al fuego	0.5

Fuente: Incitema(2013).

Análisis de las propiedades de la composición de las cenizas de cáscara de arroz

## Silicio

### Propiedades del Silicio

El silicio forma parte de los elementos denominados metaloides o semimetales. Este tipo de elementos tienen propiedades intermedias entre metales y no metales. En cuanto a su conductividad eléctrica, este tipo de materiales al que pertenece el silicio, son semiconductores.

El estado del silicio en su forma natural es sólido (no magnético). El silicio es un elemento químico de aspecto gris oscuro azulado y pertenece al grupo de los metaloides. El número atómico del silicio es 14. El símbolo químico del silicio es Si. El punto de fusión del silicio es de 1687 grados Kelvin o de 1414,85 grados Celsius o grados centígrados. El punto de ebullición del silicio es de 3173 grados Kelvin o de 2900,85 grados Celsius o grados centígrados.

#### Usos del silicio

El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre y es vital para la industria de la construcción. Si alguna vez te has preguntado para qué sirve el silicio, a continuación, tienes una lista de sus posibles usos:

El dióxido de silicio y sílice (en forma de arcilla o arena) son componentes importantes de ladrillos, hormigón y cemento.

El carburo de silicio es un abrasivo muy importante.

Los silicatos se pueden utilizar para hacer tanto cerámica y como esmalte.

La arena, que contiene silicio, es un componente muy importante del vidrio.

La silicona, un polímero derivado del silicio, se utiliza en aceites y ceras, implantes mamarios, lentes de contacto, explosivos y pirotecnia (fuegos artificiales).

En el futuro, el silicio puede sustituir al carbón como la principal fuente de electricidad.

#### Aluminio

##### Propiedades del aluminio

El aluminio pertenece al grupo de elementos metálicos conocido como metales del bloque p que están situados junto a los metaloides o semimetales en la tabla periódica. Este tipo de elementos tienden a ser blandos y presentan puntos de fusión bajos, propiedades que también se pueden atribuir al aluminio, dado que forma parte de este grupo de elementos.

El estado del aluminio en su forma natural es sólido. El aluminio es un elemento químico de aspecto plateado y pertenece al grupo de los metales del bloque p. El número atómico del aluminio es 13. El símbolo químico del aluminio es Al. El punto de fusión del aluminio es de 933,47 grados Kelvin o de 661,32 grados Celsius o grados centígrados. El punto de ebullición del aluminio es de 2792 grados Kelvin o de 2519,85 grados Celsius o grados centígrados.

#### Usos del Aluminio

El aluminio es un metal importante para una gran cantidad de industrias. Si alguna vez te has preguntado para qué sirve el hidrógeno, a continuación, tienes una lista de sus posibles usos:

El aluminio metálico es muy útil para el envasado. Se utiliza para fabricar latas y papel de aluminio.

El borohidruro de aluminio se añade al combustible de aviación.

#### Hierro

##### Propiedades del Hierro

Los metales de transición, también llamados elementos de transición es el grupo al que pertenece el hierro. En este grupo de elementos químicos al que pertenece el hierro, se encuentran aquellos situados en la parte central de la tabla periódica, concretamente en el bloque d. Entre las características que tiene el hierro, así como las del resto de metales de transición se encuentra la de incluir en su configuración electrónica el orbital d, parcialmente lleno de electrones. Propiedades de este tipo de metales, entre los que se encuentra el hierro son su elevada dureza, el tener puntos de ebullición y fusión elevados y ser buenos conductores de la electricidad y el calor.

El estado del hierro en su forma natural es sólido (ferromagnético). El hierro es un elemento químico de aspecto metálico brillante con un tono grisáceo y pertenece al grupo de los metales de transición.

## Usos del Hierro

El hierro es un metal extremadamente útil y el elemento más común del planeta Tierra. Si alguna vez te has preguntado para qué sirve el hierro, a continuación, tienes una lista de sus posibles usos.

En el proceso Haber-Bosch se utilizan catalizadores de hierro para producir amoníaco y también se utilizan en el proceso de Fischer-Tropsch para convertir el monóxido de carbono en los hidrocarburos utilizados para combustibles y lubricantes.

El metal de hierro es fuerte, pero también es muy barato. Por lo tanto, es el metal de uso más común hoy en día. La mayoría de los automóviles, máquinas, herramientas, los cascos de los buques de gran tamaño y la mayoría de las piezas de las máquinas están hechas de hierro.

## Calcio

### Propiedades del Calcio

Los metales alcalinotérreos, entre los que se encuentra el calcio, tienen propiedades entre las que está el ser blandos, coloreados y tener una baja densidad. Los elementos como el calcio tienen una baja energía de ionización. Todos los metales alcalinotérreos forman compuestos iónicos a excepción del berilio.

El estado del calcio en su forma natural es sólido (paramagnético). El calcio es un elemento químico de aspecto blanco plateado y pertenece al grupo de los metales alcalinotérreos. El calcio es un mineral que nuestro organismo necesita para su correcto funcionamiento y se puede encontrar en los alimentos.

### Usos del Calcio

El calcio es un elemento químico con el símbolo de Ca y una masa atómica de 40,078. Si alguna vez te has preguntado para qué sirve el calcio, a continuación tienes una lista de sus posibles usos:

El calcio se utiliza como un agente reductor con el fin de extraer metales como el uranio, zirconio y torio.

El queso se hace mediante el uso de iones de calcio que realizan la coagulación de la leche.

El cemento y el mortero, mezclas importantes en la construcción de edificios y otras cosas, se hacen con calcio.

#### Cultivo de conchas de abanico

Imarpe (2007), Centro Regional de Investigación Pesquera: La Concha de Abanico es un molusco filtrado, conocido científicamente como “*Argopecten purpuratus*”, pertenece a la familia Pectinidae, la misma que engloba un gran número de especies conocidas internacionalmente como “vierias”. Habita en zonas costeras que se extiende desde Panama hasta Coquimbo (Chile), en profundidades que van desde los 5 metros hasta los 30 metros, y bajo la temperatura oscilan entre los 13 ° y 28 °.

En el Perú existen numerosos bancos naturales de esta especie, tales como los de Bahía de Sechura y lobos de Tierra en Piura, Bahía de Samanco y el Dorado en Chimbote, Bahía de Guaynuna en Casma y Bahía de Independencia y Paracas en Pisco. Se encuentran en aguas costeras entre 3 a 30 m, con fondos variables; fondo blando, arena endurecida, de conchuela con algas y cascajo, las Conchas de abanico vive normalmente en bahías protegidas del oleaje a temperatura entre 14 a 20°C esta especie requiere de agua bien oxigenada y con una salinidad de 34.4 a 34.9 por mil incluyendo este parámetro en el desarrollo, alimentación y reproducción.

#### Composición química del polvo de la concha de abanico

Estudios realizados por Buasri, A. (2013) sostuvo que, al calcinar la concha de abanico a una temperatura entre los 700°C a 1000°C durante un tiempo estimado de 4 horas, producirá que obtenga una concentración de óxido de Calcio (CaO) de 97.52%.

Coronación. (2016) Señala en el ensayo realizado por la Fluorescencia de Rayos X, del polvo de la concha de abanico obtenido de la ciudad de Casma, un alto contenido de CaO, a una temperatura de 900°C durante 4 horas, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5

*Composición química del polvo de la concha de abanico del distrito de casma.*

COMPOSICIÓN QUÍMICA	%
Óxido de Calcio (CaO)	99.597
Óxido de Estroncio (SrO)	0.344
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0.059

Fuente: S. Coronación, Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo el cemento por 5% por cenizas de cáscara de arroz y por 5% de polvo de concha de abanico.

### Concentración de calcio

La concentración de carbonato de calcio en la valva es de 99.14 % este resultado da mayor confianza al proyecto ya que el producto final (Carbonato de Calcio) tiene una alta pureza.

### Ecosistema

La especie *Argopecten Purpuratus* (nombre científico de la concha de abanico) habita zonas costeras que van de los 3 metros hasta los 30 metros de profundidad, se ubican normalmente en bahías protegidas de oleaje a temperaturas que varían entre 14° a 20° C. Para su correcto desarrollo a lo largo de su vida requiere agua con una salinidad de 34.4 a 34.9 partes por mil. En la costa peruana, que cumplen con las condiciones del párrafo anterior, por este motivo existen numerosos bancos naturales de la concha de abanico, lo que se encuentran en su mayoría en la Bahía de Sechura y Lobos de Tierra en Piura, Bahía de los Chimús y el Dorado en Chimbote, Bahía de Guaununa en Casma, Bahía de Independencia y Paracas en Pisco.

### Producción de Concha de Abanico

Según los datos del Ministerio de Producción. (2014) La producción nacional total de conchas de abanico se redujo en 53,5% el 2015 a 30.39 toneladas. Las conchas de abanico constituyen un residuo del sector productivo causante de problemas ambientales severos, la mayor producción se encuentra en Piura, en la zona de Sechura. 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. La posibilidad de usar los residuos de estos crustáceos en otras aplicaciones podrían reducir el impacto ambiental y ayudar a reducir la explotación de canteras naturales para agregados en concretos, tanto hidráulicos como asfálticos. Siendo residuos, el costo de adquisición es significativamente más bajo que los agregados convencionales y podrían ofrecer una posibilidad de concretos para aplicaciones de interés social, con costos más bajos que los convencionales.

El procesamiento de la concha de abanico requiere un lavado para eliminar el residuo orgánico, trituración con una chancadora especial que deberá diseñarse, y una selección con tamices convencionales. Si su aplicación es factible, se podría ampliar su aplicación como concretos asfálticos o estabilización mecánica de suelos.

#### Carbonato de calcio en la concha de abanico

También llamado Carbonato Calcio, viene a ser un compuesto químico ternario, es decir formado por tres elementos distintos: Calcio, Carbono y Oxígeno ; representado por la fórmula química  $\text{CaCO}_3$ . Es también una sustancia muy abundante en la naturaleza ya que es el componente principal de algunas rocas y también de los esqueletos y valvas de ciertos organismos como los corales y conchas por ejemplo (Carbonato de calcio).

El proceso de obtención de carbonato de calcio inorgánico es a partir de la piedra caliza, el cual no se realizará en este proyecto, pero servirá de guía para una mejor comprensión del proceso de obtención de carbonato de calcio inorgánico a partir de la valva de la Concha de abanico. Como se mencionó anteriormente, el carbonato de calcio es el componente principal de ciertas rocas, conchas y esqueletos de organismos. Actualmente, se obtiene principalmente de la molienda fina o micronización de piedras calizas con pureza superior del 98.5 % de contenido de  $\text{CaCO}_3$ .

#### Diseño de concreto

##### Definición

Sánchez, D. (2001), Sostiene que el diseño de concreto es la mezcla de todos los materiales que lo integran (agregados, agua, cemento), y lo define como el diseño de

concreto es el proceso de selección de los materiales, para que tenga una buena trabajabilidad y consistencia adecuada, y toma como dimensiones a la trabajabilidad definiéndolo como la capacidad de ser colocado y consolidado, ensayos (Cono de Abrams), que mide la consistencia y fluidez del diseño de mezcla, la consistencia que es el estado de fluidez, que tan dura o blanda esta la mezcla, la plasticidad es cuando es concreto fresco cambia de forma y la exudación que consiste en qué parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie durante el proceso de fraguado.

El diseño de concreto es un procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada, así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado, además se debe diseñar para unas propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio. Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

#### Durabilidad del concreto

Rivva, e. (2006). define la durabilidad como “la habilidad del concreto para resistir la acción del intemperismo, ataques químicos, abrasión, o cualquier otro tipo de deterioro”. Algunos investigadores prefieren decir que “es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea; los ataques, ya sea químicos, físicos o biológicos, a los cuales puede estar expuesto; los efectos de la abrasión, la acción del fuego y las radiaciones: la acción de la corrosión y/o cualquier otro proceso de deterioro”.

#### Dosificación de una mezcla de concreto

Pintor y Hover (2001), indican que, las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con dichas características con los materiales disponibles, se logra mediante el sistema de prueba y error o el sistema de ajuste y reajuste.

Dicho sistema consiste en preparar una mezcla de concreto con unas proporciones iniciales y calculadas por diferentes métodos. A la mezcla de prueba se le realizan los diferentes ensayos de control de calidad como asentamiento, pérdida de manejabilidad, masa unitaria, tiempos de fraguado y resistencia a la compresión.

Estos datos se comparan con la especificación y si llegan a ser diferentes o no cumplen con la expectativa de calidad se reajustan las cantidades, se elabora nuevamente la mezcla que debe cumplir todos los ensayos de control de calidad, si nuevamente no cumple los requisitos exigidos es necesario revisar los materiales, el método del diseño y nuevamente otra mezcla de concreto hasta ajustar los requisitos exigidos por la especificación.

Datos de los materiales

De las propiedades de los materiales que se van a utilizar se debe conocer:

Granulometría.

Módulo de finura del agregado fino.

Tamaño máximo del agregado grueso.

Densidad aparente del agregado fino y grueso.

Absorción del agregado fino y grueso.

Masa unitaria compacta del agregado grueso.

Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas.

Densidad del cemento.

Proceso para el diseño de mezclas de concreto:

Estudio de las especificaciones de la obra.

Definición de la resistencia Compresión.

Elección del asentamiento.

Estimación cantidad de aire.

Estimación contenida de agua.

Definir relación agua/material cementante.

Contenido de material cementante.

Verificar las granulometrías de los agregados.

Estimación de agregado grueso.

Estimación de agregado fino.

Ajuste por humedad.

Ajuste del diseño de mezcla.

Trabajabilidad del concreto:

Powers, S. (1992), indica que la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación se llama trabajabilidad. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y el manoseo. El grado de la trabajabilidad que se requiere para una buena colocación del concreto se controla por los métodos de colocación, tipo de consolidación y tipo de concreto. Los diferentes tipos de colocación requieren diferentes niveles de trabajabilidad. Los factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son:

El método y la duración del transporte.

Cantidad y características de los materiales cementantes.

Consistencia del concreto (asentamiento en cono de Abrams o revenimiento).

Tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos; Aire incluido (aire incorporado), cantidad de agua; temperatura del concreto y del aire y aditivos.

La distribución uniforme de las partículas de agregado y la presencia de aire incorporado ayudan considerablemente en el control de la segregación y en la mejoría de la trabajabilidad. También enseña el efecto de la temperatura de colocación sobre la

consistencia o asentamiento en cono de Abrams y sobre la trabajabilidad potencial de las mezclas. Las propiedades relacionadas con la trabajabilidad incluyen consistencia, segregación, movilidad, bombeabilidad, sangrado (exudación) y facilidad de acabado. La consistencia es considerada una buena indicación de trabajabilidad. El asentamiento en cono de Abrams se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto. Un concreto de bajo revenimiento tiene una consistencia rígida o seca. Si la consistencia es muy seca y rígida, la colocación y compactación del concreto serán difíciles y las partículas más grandes de agregados pueden separarse de la mezcla. Sin embargo, no debe suponerse que una mezcla más húmeda y fluida es más trabajable. Si la mezcla es muy húmeda, pueden ocurrir segregación y formación de huecos. La consistencia debe ser lo más seca posible para que aún se permita la colocación empleándose los equipos de consolidación disponibles.

#### Sangrado y asentamiento del concreto

Kosmatka (1994), indica que el sangrado (exudación) es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie. El sangrado es normal y no debería disminuir la calidad del concreto adecuadamente colocado, acabado y curado. Un poco de sangrado es útil en el control de la fisuración por retracción plástica. Por otro lado, la excesiva aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie; puede ocurrir una camada superficial débil y con poca durabilidad, particularmente si se hace el acabado cuando el agua de sangrado aún está presente. Los vacíos y bolsas de agua pueden ocurrir, resultantes del acabado prematuro de la superficie.

Después que toda el agua de sangrado (exudación) se evapore, la superficie endurecida va a ser un poco más baja que la superficie recién colocada. Esta disminución de la altura desde el momento de la colocación (puesta, colado) hasta el inicio del fraguado se llama retracción por sedimentación. La tasa de sangrado (exudación) y la capacidad de sangrado (sedimentación total por unidad de peso del concreto original) aumentan con la cantidad inicial de agua, altura del elemento de concreto y presión. El uso de agregados

de granulometría adecuada, ciertos aditivos químicos, aire incluido, materiales cementantes suplementarios y cementos más finos reduce el sangrado. El concreto usado para rellenar vacíos, proporcionar soporte o proporcionar impermeabilidad con una buena adhesión debe presentar bajo sangrado para evitar formación de bolsas de agua.

Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento del concreto

Coopeland y Schulz (1962), indican que la calidad de unión (adhesión) de la pasta de cemento portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación. El cemento portland no es un compuesto químico sencillo, es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos totalizan 90% o más del peso del cemento portland: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico (aluminio ferrito tetracálcico). Además de estos compuestos principales, muchos otros desempeñan un papel importante en el proceso de hidratación.

Cada tipo de cemento portland contiene los mismos cuatro compuestos principales, pero en proporciones diferentes. Cuando se examina el Clinker (clinker) (el producto del horno que se muele para fabricar el cemento portland) al microscopio, la mayoría de sus compuestos individuales se puede identificar y sus cantidades se pueden determinar. Sin embargo, los granos más pequeños no se pueden detectar visualmente. El promedio del diámetro de las partículas de un cemento típico es aproximadamente 15 micrómetros. Si todas las partículas tuviesen este diámetro promedio, el cemento portland contendría aproximadamente 300 billones de partículas por kilogramo, pero en realidad, existen unos 16,000 billones de partículas por kilogramo, debido a la amplia variación del tamaño de las partículas. Las partículas en un kilogramo de cemento portland tienen un área superficial de aproximadamente 400 metros cuadrados. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen 75% del peso del cemento portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado (hidrato de silicato de calcio). Este último es, sin duda, el más importante compuesto del concreto. Las propiedades de ingeniería del concreto – fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional dependen principalmente del silicato de calcio hidratado. Éste es el corazón del concreto.

La composición química del silicato de calcio hidratado es un tanto variable, pero contiene cal (CaO) y dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) en una proporción de 3 para 2. El área superficial del silicato de calcio hidratado es unos 300 metros cuadrados por gramo. En pastas endurecidas de cemento, el silicato de calcio hidratado forma un vínculo denso entre las otras fases cristalinas y los granos de cemento aún no hidratados; también se adhiere a los granos de arena y a los agregados gruesos, cementándolo todo junto.

resistencia a la compresión

Definición

Osorio, J. (2005), indica que la resistencia como al proceso de hidratación desde el momento en que los granos del cemento inician, comienzan las reacciones de endurecimiento que se manifiestan inicialmente con el “atiesamiento” del fraguado y continúan luego con una evidente ganancia de resistencias, al principio de forma rápida y disminuyendo la velocidad a medida que transcurre el tiempo.

Dimensiones

Durabilidad:

La durabilidad como la capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural. Los factores fundamentales desde el punto de vista de la durabilidad, son el transporte simultáneo del calor, humedad y sustancias químicas

Permeabilidad:

La permeabilidad como la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse. La permeabilidad es la capacidad que poseen las rocas, el suelo y otras sustancias porosas de permitir el ingreso de fluidos en ellas. Existen muchos factores que afectan la permeabilidad. La porosidad, que es el porcentaje de espacio vacío que contiene un sólido, determina la

cantidad de espacio que tienen los líquidos para fluir en el sólido. Pero el tamaño y la forma de los poros también es importante.

#### Comportamientos de la resistencia mecánica del concreto

El concreto es una masa endurecida que por su propia naturaleza es discontinua y heterogénea. Las propiedades de cualquier sistema heterogéneo dependen de las características físicas y químicas de los materiales que lo componen y de las interacciones entre ellos. Con base en lo anterior, la resistencia del concreto depende principalmente de la resistencia e interacción de sus fases constituyentes: La resistencia de la pasta hidratada y endurecida (matriz), la resistencia de las partículas del agregado y la resistencia de la interface matriz-agregado. (Osorio, J. 2005)

#### Factores que influyen en la resistencia a la compresión

Los factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto, como:

El contenido de cemento, el cemento es el material más activo de la mezcla de concreto, por tanto, sus características y sobre todo su contenido (proporción) dentro de la mezcla tienen una gran influencia en la resistencia del concreto a cualquier edad. A mayor contenido de cemento se puede obtener una mayor resistencia y a menor contenido la resistencia del concreto va a ser menor. (Osorio, J. 2005)

La relación agua-cemento y contenido de aire, Abrams formuló la conocida “Ley de Abrams”, según la cual, para los mismos materiales y condiciones de ensayo, la resistencia del concreto completamente compactado, a una edad dada, es inversamente proporcional a la relación agua-cemento. Este es el factor más importante en la resistencia del concreto: Relación agua-cemento =  $A/C$ , (A: Contenido de agua en la mezcla en kg, y C: Contenido de cemento en la mezcla en kg). De acuerdo con la expresión anterior, existen dos formas de que la relación agua-cemento aumente y por tanto la resistencia del concreto disminuya: aumentando la cantidad de agua de la mezcla o disminuyendo la cantidad de cemento. Esto es muy importante tenerlo en cuenta, ya que en la práctica se puede alterar la relación agua-cemento por adiciones de agua después de mezclado el concreto con el fin de restablecer asentamiento o aumentar el

tiempo de manejabilidad, lo cual va en detrimento de la resistencia del concreto y por tanto esta práctica debe evitarse para garantizar la resistencia para la cual el concreto fue diseñado. También se debe tener en cuenta si el concreto va a llevar aire incluido (naturalmente atrapado más incorporado), debido a que el contenido de aire reduce la resistencia del concreto, por lo tanto, para que el concreto con aire incluido obtenga la misma resistencia debe tener una relación agua-cemento más baja. (Osorio, J. 2005)

La Influencia de los agregados, la distribución granulométrica juega un papel importante en la resistencia del concreto, ya que si esta es continua permite la máxima capacidad del concreto en estado fresco y una mayor densidad en estado endurecido, lo que se traduce en una mayor resistencia. La forma y textura de los agregados también influyen. Agregados de forma cúbica y rugosa permiten mayor adherencia de la interface matriz-agregado respecto de los agregados redondeados y lisos, aumentando la resistencia del concreto. Sin embargo, este efecto se compensa debido a que los primeros requieren mayor contenido de agua que los segundos para obtener la misma manejabilidad. La resistencia y rigidez de las partículas del agregado también influyen en la resistencia del concreto. (Osorio, J. 2005)

El tamaño máximo del agregado recientes investigaciones sobre la influencia del tamaño máximo del agregado en la resistencia del concreto concluyen lo siguiente: Para concretos de alta resistencia, mientras mayor sea la resistencia requerida, menor debe ser el tamaño del agregado para que la eficiencia del cemento sea mayor. Para concretos de resistencia intermedia y baja, mientras mayor sea el tamaño del agregado, mayor es la eficiencia del cemento. En términos de relación agua-cemento, cuando esta es más baja, la diferencia en resistencia del concreto con tamaños máximos, menores o mayores es más pronunciada. (Osorio, J. 2005)

Fraguado del concreto, es factor que afecta la resistencia del concreto es la velocidad de endurecimiento que presenta la mezcla al pasar del estado plástico al estado endurecido, es decir el tiempo de fraguado. Por tanto, es muy importante su determinación. (Osorio, J. 2005)

Edad del concreto, a partir del momento en que se presenta el fraguado final del concreto, comienza realmente el proceso de adquisición de resistencia, el cual va aumentando con el tiempo. Con el fin de que la resistencia del concreto sea un parámetro que caracterice sus propiedades mecánicas, se ha escogido arbitrariamente la edad de 28 días como la edad en la que se debe especificar el valor de resistencia del concreto. Se debe tener en cuenta que las mezclas de concreto con menor relación agua-cemento aumentan de resistencia más rápidamente que las mezclas de concreto con mayor relación agua-cemento. (Osorio, J. 2005)

El curado del concreto, es el proceso mediante el cual se controla la pérdida de agua de la masa de concreto por efecto de la temperatura, sol, viento, humedad relativa, para garantizar la completa hidratación de los granos de cemento y por tanto garantizar la resistencia final del concreto. El objeto del curado es mantener tan saturado como sea posible el concreto para permitir la total hidratación del cemento; pues si está no se completa la resistencia final del concretos se disminuirá. (Osorio, J. 2005)

La temperatura, es otro de los factores externos que afecta la resistencia del concreto, y su incidencia es la siguiente: Durante el proceso de curado, temperaturas más altas aceleran las reacciones químicas de la hidratación aumentando la resistencia del concreto a edades tempranas, sin producir efectos negativos en la resistencia posterior. Temperaturas muy altas durante los procesos de colocación y fraguado del concreto incrementan la resistencia a muy temprana edad, pero afectan negativamente la resistencia a edades posteriores, especialmente después de los 7 días, debido a que se da una hidratación superficial de los granos de cemento que producen una estructura físicamente más pobre y porosa. (Osorio, J. 2005).

Ensayo a la Resistencia a la compresión

Según Rivera, L. (2010). La resistencia de un concreto, normalmente aumentada con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose a una proporción más reducida durante un periodo de tiempo indefinido. La resistencia a la compresión de un concreto a los 28 días, determinada de

acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curada de forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo. Es mejor método obtener un criterio sobre calidad, debido a la dispersión de los resultados.

Con el fin de no disminuirán en forma apreciable el factor de seguridad de las estructuras o encarecer innecesariamente el concreto, se acepta que un porcentaje razonable de resultados caigan por debajo de  $F'c$ .

Cuando una instalación productora de concreto disponga de los registros de ensayos, debe calcularse su desviación estándar. La desviación estándar se debe calcular utilizando los registros de ensayo que cumplan las siguientes condiciones:

Representen los materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares.

Representen un concreto producido para una resistencia o resistencia nominales,  $F'c$ , que no defieran en más de 7MPa de la resistencia nominal especificada.

De acuerdo a los criterios tenemos:

La probabilidad de tener resultados por debajo de  $(F'c - 3.5)$  MPa, debe ser inferior al 1%.

La probabilidad de que el promedio de 3 ensayos consecutivos sea menor de  $F'c$  (MPa) debe ser inferior al 1%.

Si se define:

$F'c$  = Resistencia a la compresión de diseño del calculista y determinada con probetas de tamaño normalizado, expresada en Mpa, si no se especifica su edad, se adopta que a los 28 días.

$F'cr$  = Resistencia promedio a la compresión del concreto requerida para dosificar las mezclas en MPa.

## Procedimiento de Ensayo a la Resistencia a la Compresión

Se emplean moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm de longitud. Para cada edad se deben ensayar como mínimo 2 cilindros y trabajar con el valor promedio. Se deben aceitar las paredes del molde; al llenar se debe lograr una buena compactación, la cual puede realizarse con varilla (método apisonado) si el asentamiento es mayor a 7,5 cm o con vibrador (método vibrado) si el asentamiento es menor a 2,5 cm. Para asentamientos entre 2,5 y 7,5 cm puede usarse varilla o vibrador.

Los cilindros se llenan con hormigón en capas de igual volumen aproximadamente, el número de capas depende del método de compactación escogido, así:

Varillado – 3 capas

Vibrado – 2 capas

En el método apisonado cada capa debe compactarse con 25 golpes, los cuales deben distribuirse uniformemente en toda la sección transversal del molde. La capa del fondo debe penetrar aproximadamente 25 mm en la capa inmediatamente inferior. Si al retirar la varilla quedan huecos en el cilindro, estos deben cerrarse golpeando suavemente en las paredes del molde.

Los cilindros deben referenciarse. Los moldes con el concreto, se deben colocar durante las 16 horas como mínimo y máximo 24 horas, sobre una superficie rígida, libre de vibración u otras perturbaciones. Los cilindros se deben almacenar en condiciones tales que se mantenga la temperatura entre 16°C y 27°C y se prevenga la pérdida de humedad de los mismos. Los cilindros para verificar diseño o para control de calidad, deben removerse de los moldes después de 20+4 horas de haber sido moldeados y deben almacenarse en condiciones de humedad tales que siempre se mantenga agua libre en todas sus superficies, a temperatura permanente de 23+2°C hasta el momento del ensayo. Los cilindros no deben estar expuestos a goteras o corrientes de agua, si se desea almacenamiento bajo agua esta debe estar saturada de cal.

Los cilindros que se toman para conocer el tiempo mínimo de desencofrado, el tiempo para dar al servicio una estructura o para hacer el control de curado en las obras. Los

cilindros se deben probar a la edad especificada, aunque se recomienda probar parejas de cilindros antes y después de la edad especificada con el fin de determinar cómo ha sido desarrollado de resistencia.

Antes de probar los cilindros se debe comprobar que sus bases sean planas, las bases de los cilindros que no sean planas dentro de 0,0005 mm debe refrentarse. El refrentado se puede hacer con mortero de azufre o yeso de acuerdo a la norma NTC 504. Los cilindros deben ensayarse tan pronto como sea posible, en estado húmedo; se llevan a la máquina de ensayo y se aplica carga a una velocidad constante (1,4 a 3,5 kg/cm<sup>2</sup>/s) hasta que el cilindro falle.

Adicionalmente el valor de la resistencia a la compresión se debe reportar el número de identificación o referencia del cilindro, su edad, tipo de fractura y defectos tanto del cilindro como del refrentado.

La resistencia a la compresión del concreto se debe determinar como el promedio de al menos dos cilindros probados al mismo tiempo.

#### Justificación de la investigación

En la actualidad, a nivel mundial se está teniendo nuevas tendencias en cuanto al uso de concreto, puesto que, los actuales requerimientos de las características del concreto son muy variadas: por lo que, es cotidiano el uso de diferentes tipos de adiciones, las que modifican y mejoran algunas propiedades del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido.

En este contexto, un elemento a tener en cuenta es el uso de los residuos de la cáscara de arroz, pues se estima que esta ceniza contiene 80.33 % de óxido de silicio sustancia capaz de modificar y mejorar las propiedades de resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido.

Con la presente investigación se busca proponer nuevas alternativas en el diseño de mezclas de concreto al utilizar insumas abundantes y disponibles en nuestra región, como es el uso de ceniza de la cáscara de arroz, lo cual permitirá disminuir costos en el

proceso de construcción y como apoyo didáctico en el proceso de enseñanza - aprendizaje.

Día a día se busca muchas alternativas de recursos naturales para adicionar al cemento, nos lleva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya la están usando y en base a ello concluimos en algunas justificaciones:

Sabiendo que en Chimbote específicamente en el valle de Santa y por el sector de cambio puente se desperdicia diariamente una gran cantidad de cáscara de arroz y además encontramos en las orillas de las playas grandes cantidades de conchas de abanico, se pueden extraer fácilmente para poder darle un mejor uso en el campo de la construcción. Debido al aumento del costo del cemento portland, se plantea la adición al cemento por cáscara de arroz y conchas de abanico que aporten una mayor o igual resistencia aportada por el portland puro, lo cual disminuye el costo del material de construcción. En los últimos años, investigaciones basadas en la sustentabilidad demuestran agregar o adicionar cáscara de arroz y conchas de abanico al cemento aportan mayores niveles de resistencia en la fabricación del concreto, esto debido a los altos contenidos de sílice y la gran cantidad de calcio que tiene las conchas de abanico.

El tratamiento de las puzolanas es en ciertos casos fundamental pues, tanto su finura como la calcinación acrecientan notablemente sus propiedades. Al portland normal, se le adiciona un porcentaje en peso de material puzonalico, teniendo en cuenta que la ceniza de conchas de abanico es un material renovable.

La finalidad de esta investigación es hacer un análisis comparativo con diseños de concretos convencionales los cuales por lo general utilizan aditivos, entonces de esta manera poder mejorar las condiciones para un concreto de alta resistencia.

En el presente proyecto tratamos de contribuir con avances tecnológicos en el campo de la construcción para aumentar la resistencia a la compresión del concreto a base de cascará de arroz y conchas de abanico, por lo que reducirá costos en el campo de la construcción. Diseñando una alternativa con la utilización de las cenizas de cáscara de arroz y de las conchas de abanico, mejorando la resistencia a la compresión de concreto

obteniendo un favorable resultado según las necesidades constructivas de la Provincia del Santa.

A nivel mundial, el concreto es el material más utilizado en la construcción, y a menos que haya una revolución en los materiales de construcción, seguirá siéndolo; gran parte de la infraestructura de los países está elaborada con él, por lo que su conocimiento y tecnología son básicos para el ingeniero civil encargado de alguna etapa del proceso constructivo. Es un tema con implicaciones socioeconómicas.

El Reino Unido, un país desarrollado, destina 40% de la inversión en construcción a la reparación y al mantenimiento, 4% de su Producto Interno Bruto (Neville, 2015).

Los problemas de durabilidad han afectado diversos tipos de estructuras, las cuales una vez que se presentan ya no son funcionales ni eficientes y están destinadas a no cumplir con su vida de servicio estimada.

Los problemas de durabilidad no se limitan a su diseño inicial y construcción, tienen una fuerte intervención en la operación, ocasionan costos y pérdidas económicas para el propietario o inversionista, ya sea por reparación de las zonas afectadas, por la sustitución de elementos que se han deteriorado o por costos operativos imputables a remodelaciones o mantenimientos periódicos. Según Buffenbarger J.K (1998), tan sólo en Estados Unidos los problemas de durabilidad que afectaban las estructuras de transporte intermodal tuvieron un costo de \$20 billones de dólares.

En México, se tienen áreas con medios agresivos al concreto, por lo que debido a la escasez de espacio o situaciones específicas es necesario construir importantes estructuras de infraestructura en esas áreas, razón por lo que es indispensable conocer y dominar el tema.

Un aporte al desarrollo sostenible en nuestro país debe considerar soluciones novedosas en dos de los sectores más importantes de la sociedad que son: la construcción y la agricultura. El primero con los altos consumos de cemento por m<sup>3</sup> de concreto fabricado, generando grandes costos por el uso excesivo de esta materia prima que es alta consumidora de combustibles fósiles causantes de grandes emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente, así como la necesidad de la utilización de adiciones puzolánicas de producción nacional que sustituyan importaciones.

Sería conveniente poder proveer al mercado nacional de productos como el cemento y el concreto con adición de ceniza de concha de abanico y cáscara de arroz. Las ventajas de incorporar adiciones involucran aspectos importantes como el ahorro de energía no renovable, la protección y conservación del medio ambiente y la mejora de las propiedades del cemento y el concreto.

#### Nivel nacional

Un aporte al desarrollo sostenible en nuestro país debe considerar soluciones novedosas en dos de los sectores más importantes de la sociedad que son: la construcción y la agricultura. El primero con los altos consumos de cemento por m<sup>3</sup> de concreto fabricado, generando grandes costos por el uso excesivo de esta materia prima que es alta consumidora de combustibles fósiles causantes de grandes emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente, así como la necesidad de la utilización de adiciones puzolánicas de producción nacional que sustituyan importaciones.

Sería conveniente poder proveer al mercado nacional de productos como el cemento y el concreto con adición de ceniza de concha de abanico. Las ventajas de incorporar adiciones involucran aspectos importantes como el ahorro de energía no renovable, la protección y conservación del medio ambiente y la mejora de las propiedades del cemento y el concreto.

#### Nivel local

En la ciudad de Chimbote para poder lograr un concreto de alta resistencia consiste primero en comparar y seleccionar la mejor cantera de la provincia del Santa para agregados, para luego diseñar mezclas de concreto con relaciones de a/c específicas con o sin aditivo, utilizando cemento portland tipo MS considerando un asentamiento entre 0" y 2", tratando de aumentar la resistencia a la compresión, para tal objetivo se realizaran una serie de ensayos en concreto fresco y endurecido que acompañado de una tabulación de resultados y gráficos podrán describir mediante un estudio comparativo, los efectos que producen, el agregado grueso seleccionado con los aditivos y adiciones en el concreto, así como el diseño óptimo de la mezcla final.

Comúnmente en la ciudad de Chimbote a la hora de diseñar un concreto de alta resistencia se puede llegar de distintas maneras ya sea sustituyendo el cemento por

conchas de abanico, azúcar, cáscara de arroz, como adicionando cáscara de coco, hojas de pinus, pata de mula entre otras especies.

Debido al elevado costo en las construcciones civiles, donde el concreto ocupa el lugar más importante a la hora de invertir, planear e implementar los materiales de construcción, nace la necesidad de buscar nuevas soluciones de óptimos desempeños y mayor economía sin amenazar la calidad del producto.

El crecimiento de la población en el Departamento de Ancash ha obligado a la construcción de edificios en sentido vertical.

La construcción de edificios con gran variedad de niveles (pisos) implica diseñar una mezcla masiva de concreto la cual tenga la propiedad de soportar una gran cantidad de carga a la compresión, por lo que también al diseñar dicho concreto se adicionara un gran contenido de aditivos plastificantes como impermeabilizantes.

Por lo que es necesario buscar alternativas de solución para poder mejorar el gasto de diseño y aumentar la resistencia a la compresión de un concreto.

¿En qué medida la adición del 10 % de cenizas de cascará de arroz y 5 % de conchas de abanico en un concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  mejorará la resistencia a la compresión?

Conceptualización y Operacionalización de las variables

Variable dependiente: Resistencia a la compresión

Definición conceptual

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial del concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados ( $\text{kg/cm}^2$ ), megapascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas ( $\text{lb/pulg}^2$  o psi) a una edad de 28 días. Un megapascal equivale a la fuerza de un newton por milímetro cuadrado ( $\text{N/mm}^2$ ) o 10.2 kilogramos-fuerza por centímetro cuadrado.

Se pueden usar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% de la resistencia a los 28 días y las resistencias a los 56 y 90 días son aproximadamente 10% y 15% mayores que la resistencia a los 28 días, como se puede observar en la imagen de la tabla. La resistencia a compresión especificada se designa con el símbolo  $F'c$  y la resistencia a compresión real del concreto  $F'c$  debe excederla.

La resistencia a compresión que el concreto logra  $F'c$ , es función de la relación agua-cemento (o relación agua-materiales cementantes), cuanto la hidratación ha progresado, el curado, las condiciones ambientales y la edad del concreto.

Generalmente el diseñador de estructuras, especifica en la memoria de los cálculos y en los planos una resistencia a la compresión del concreto ( $F'c$ ), la cual utilizo como base para calcular el dimensionamiento y el esfuerzo de los diferentes elementos de una obra. Cuando en la obra se obtenga una resistencia menor de la especificada ( $F'c$ ), se disminuirá el factor de seguridad de la estructura. Para evitar esta posible disminución de seguridad y debido a que en toda obra se obtiene diferentes valores de resistencia para una misma mezcla, debido a variaciones en la dosificación, mezcla, transporte, colocación, compactación, y curado del concreto; la mezcla deberá dosificarse para obtener una resistencia a la compresión promedio ( $F'cr$ ) mayor que  $F'c$ . (Dominguez, 2007)

#### Resistencia a la Compresión en Dosificación

Con el fin de no disminuir en forma apreciable el factor de seguridad de las estructuras o encarecer innecesariamente el concreto, se acepta que un porcentaje razonable de resultados caiga por debajo de  $F'c$ . La NSR/98 da las siguientes normas para la mezcla que se vaya a producir.

Cuando una instalación productora de concreto disponga de registros de ensayos, debe calcularse su desviación estándar. La desviación estándar se debe calcular utilizando los registros de ensayo que cumplan las siguientes condiciones:

Representen los materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a las esperadas en la obra y las variaciones permitidas en los registros de ensayos de los materiales y sus proporciones no deben ser más restrictivas que las permitidas en la obra.

Representen un concreto producido para una resistencia o resistencias nominales,  $F'c$ , que no difieran en más de 7 MPa (MegaPascal) de la resistencia nominal especificada para la obra.

Consistan en por lo menos 30 ensayos consecutivos, correspondientes cada uno de ellos al promedio de dos cilindros ensayados el mismo día, o de dos grupos de ensayos consecutivos que sumen, en total, al menos 30.

Variable independiente: dosificaciones en diseño de concreto de cenizas de cáscara de arroz y conchas de abanico.

El diseño de mezcla de concreto se puede definir como el proceso de selección más adecuado, conveniente y económico de sus componentes como son: agua, cemento, agregados (fino y grueso), con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga trabajabilidad y consistencia adecuada, además en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicado en los requerimientos del proyecto y especificaciones técnicas.

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí:

Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).

Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto. También podrían ser considerados otros criterios, tales como minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales.

Aunque se han realizado gran cantidad de trabajos relacionados con los aspectos teóricos del diseño de mezclas, en buena parte permanece como un procedimiento empírico. Y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño, están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad especificada, así como una trabajabilidad apropiada. Además, es asumido que si se logran estas dos propiedades las otras propiedades del concreto también serán satisfactorias (excepto la resistencia al congelamiento y deshielo u otros problemas de durabilidad tales como resistencia al ataque químico).

En la presente investigación se formuló como hipótesis, “La adición del 10 % de cenizas de cáscara de arroz y 5 % de conchas de abanico en un concreto  $F'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> mejoraría la resistencia a la compresión”.

El objetivo General del presente estudio es: Determinar la resistencia a la compresión de un concreto  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  cuando se adiciona 10 % de cenizas de cáscara de arroz y 5 % de conchas de abanico Proporción 2:1, y como objetivos específicos:

Determinar la temperatura de calcinación de la cáscara de arroz y las conchas de abanico mediante el Análisis Térmico Diferencial (ATD).

Determinar la composición química de la cáscara de arroz y conchas de abanico mediante la Fluorescencia de rayos X (FRX).

Determinar el pH de la cáscara de arroz, conchas de abanico y la combinación.

Determinar la relación agua-cemento del concreto patrón y experimental.

Determinar las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimental a los 7, 14, 28 días de curado, y comparar resultados.

Analizar e Interpretar los resultados obtenidos del concreto patrón y experimental a los 7, 14, 28 días de curado.

## II. METODOLOGIA

El tipo de la presente investigación, según el proceso es aplicada, porque la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer la Resistencia de un concreto adicionado al 10% y 5% por cenizas de cáscara de arroz y concha de abanico.

En coherencia con el fin de la ciencia es explicativa porque los datos de la investigación serán obtenidos por observación de los fenómenos condicionados por el investigador. Se utiliza la experimentación.

Tabla 6

*Diseño en bloque completo al azar*

Diseño en bloque completo al azar				
Días de curado	Resistencia a la compresión del concreto con la adición del cemento en % por la combinación de ceniza de cáscara de arroz y concha de abanico.			
	PATRÓN	10 % ceniza de cáscara de arroz y 5 % concha de abanico		
7	P1		E1	
	P2		E2	
	P3		E3	
14	P1		E4	
	P2		E5	
	P3		E6	
28	P1		E7	
	P2		E8	
	P3		E9	

*Fuente:* Elaboración propia

La población está conformada por probetas que fueron elaboradas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro y la muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística, que en esta investigación se trabajó con 18 probetas de concreto ,9 sin sustitución de cemento, 9 con adición 10% de ceniza de cáscara de arroz y 5 % de concha de abanico.

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

Tabla 7

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

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel.

Para realizar el análisis de los datos se tuvo presente las siguientes consideraciones :

La recolección de la ceniza de cáscara de arroz del sector de Cambio Puente, ubicado en la ciudad de Chimbote, la concha de abanico fue extraída del Balneario Las Salinas, ubicado en la ciudad de Casma.

En el análisis de los materiales para determinar la temperatura de calcinación, tanto la ceniza de cáscara de arroz como la concha de abanico, primero se realizó el prequemado de la ceniza de cáscara de arroz temperatura ambiente y a cielo abierto, tomando una muestra se procedió a la trituración en un mortero para obtener una muestra de 1 gr. Previamente tamizada por la malla N°200 para poder realizar el análisis térmico diferencial en el laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo. En el caso de la concha de abanico se procedió primero al lavado y eliminación de los residuos de material orgánico dentro de la concha de abanico con ayuda de un cepillo luego de secarlo, triturarlo, tamizando y obteniendo una muestra teniendo en cuenta el mismo procedimiento realizado con el otro material de estudio.

El análisis térmico diferencial sirvió para poder obtener la temperatura de calcinación de nuestros materiales para poder activarlos térmicamente.

Para poder realizar el análisis químico de los materiales estudiados, en el caso de la ceniza de cáscara de arroz, teniendo el material seco se procedió al Prequemado bajo cielo abierto con la finalidad de eliminar el carbono y obtener la ceniza de cáscara de arroz que serán activadas térmicamente en la mufla del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro a temperatura de 430°C con un tiempo de 2 horas, además se activó mecánicamente tamizándolo por la malla N° 200 y se tomó una muestra de 30 gr para poder realizar el análisis de composición química en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Marcos. La concha de abanico ya seca se activó térmicamente a temperatura de 920 °C a 4 horas de permanencia en la mufla y procediendo de la misma forma que el otro material de estudio, el análisis de composición química del polvo de concha de abanico se realizó en el laboratorio de Arqueometría de la Universidad Mayor de San Marcos. El análisis de Fluorescencia de Rayos X determinará el porcentaje de óxidos para poder evaluar como influenciarán en la resistencia del concreto.

Teniendo los materiales activados térmica y mecánicamente, se determinó el grado de alcalinidad (PH) del cemento, polvo de concha de abanico, ceniza de cáscara de arroz y sus combinaciones para adición al 10% y 5% en proporciones de 2:1 (dos de cenizas de cáscara de arroz y una de concha de abanico), el ensayo se realizó en el laboratorio COLECBI.

Para el agregado se hizo la gradación según lo estipulado en la NTP 400.037 (2014) y los ensayos para determinar la calidad del agregado.

Se hizo el cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de los Especímenes del concreto.

El ensayo de compresión de los especímenes probetas de concreto a edades de 7, 14 y 28 días se hicieron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

## Procesos de la investigación

### Ubicación de las canteras para los agregados Agregado Grueso

Nombre de la cantera	:	Ruben
Ubicación de la cantera	:	Chimbote
Propietario	:	Sr. Rubén Rodríguez
Accesibilidad	:	Por la Panamericana norte con desvío a la izquierda. Cerca al túnel de Coishco.
Coordenadas	:	762220.83mE. 8999765.11mS; Zona 17L

### Agregado Fino

Nombre de la cantera	:	Vesique
Ubicación de la cantera	:	Chimbote
Accesibilidad	:	Por la Panamericana norte a la altura de La playa vesique
Coordenadas	:	-9.195130mE. -78.465806 mS

### Obtención de la cáscara de arroz

Ubicación	:	Cambio Puente
Propietario	:	Sr. Leoncio Estrada
Accesibilidad	:	Por la prolongación de la Av. Buenos Aires volteando a la derecha al llegar a la curva.
Coordenadas	:	-8.999402 mE. -78.554080 mS

La cáscara de arroz es la materia prima base de este proyecto, la incineración de este material permitió obtener la ceniza. El material fue extraído del sector de cambio puente – Distrito de Chimbote-Provincia del santa.

## Pre quemado

Para poder quemar la cáscara de arroz primero se introdujo una varilla de fierro en todo el diámetro del cilindro, luego se comenzó a echar la cáscara de arroz y se compacto con una probeta por capas, finalmente retiramos la varilla de fierro y obtenemos un orificio en todo el diámetro del cilindro.

Luego en la parte inferior del cilindro abrimos paso hasta llegar hasta el orificio.

Después en la superficie del orificio se prendió con fuego y se dejó quemar.

Por último, se dejó reposar por 2 días para que el fuego pueda expandirse en cada espacio del cilindro.

Para este ensayo del pre quemado se utilizó 4 sacos de cáscara de arroz.

Después de 2 días de quemado se obtuvo 2 mitades de saco de cenizas de cáscara de arroz.

## Obtención de las conchas de abanico

Ubicación	:	Balneario Las Salinas - Casma
Accesibilidad	:	Por la Panamericana Norte entre el Balneario Tortugas y la ciudad de Casma.
Coordenadas	:	-8.999402 mE. -78.554080 mS

## Limpieza de las conchas de abanico

Para poder usar las conchas de abanico primero se condujo a remojarlas en el agua por un día para poder desprender las impurezas.

Luego con una escobilla se limpió toda la superficie de las conchas de abanico tanto externamente como interiormente.

Finalmente se introdujo al horno a 110° C por 24 horas.

### III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en diversos laboratorios, se muestran a continuación:

Resultados de Análisis Térmico Diferencial

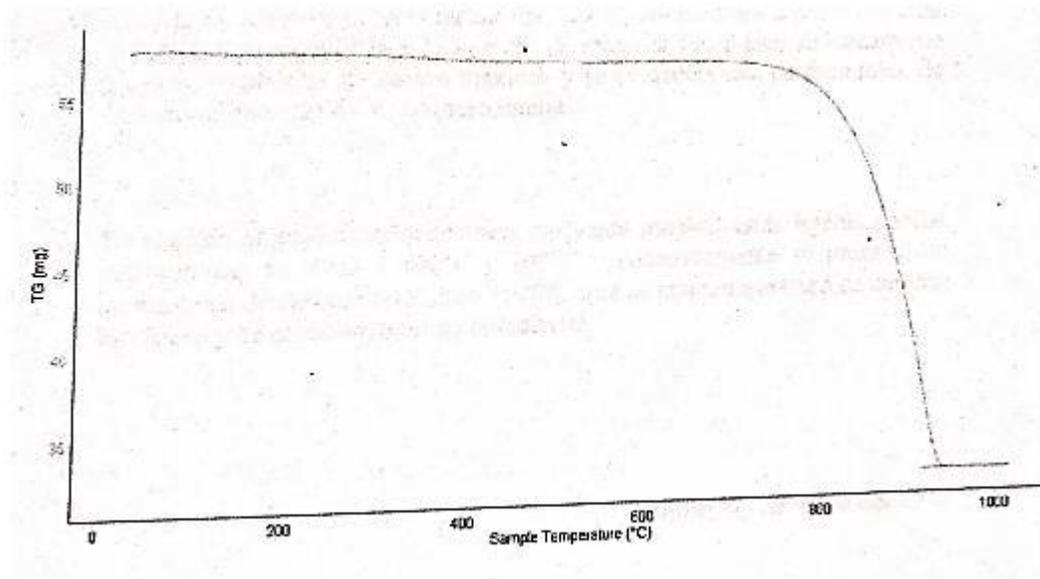


Figura 1. Análisis termo gravimétrico de la concha de abanico.

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT.

En la gráfica se puede observar una gran estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 720° C, temperatura a partir del cual inicia la descomposición y la pérdida del material hasta caer drásticamente hasta la temperatura de ensayo máxima.

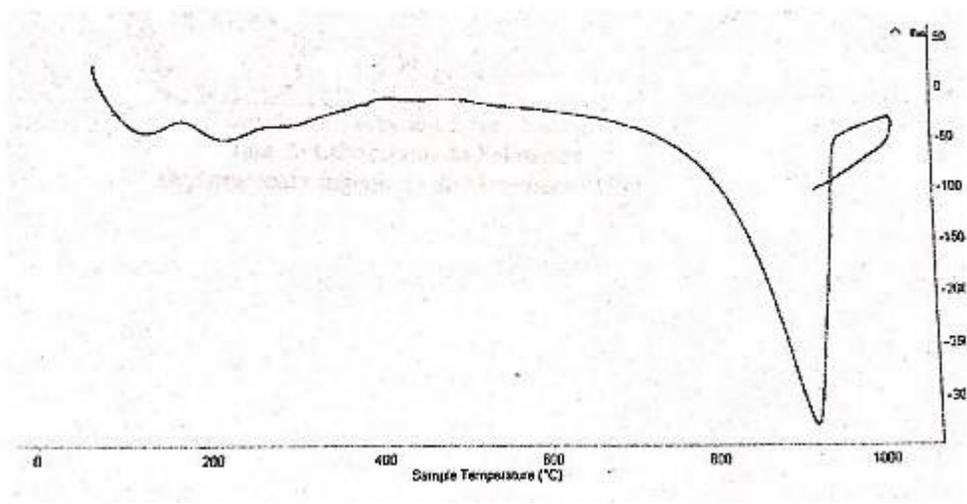


Figura 2. Curva calorimétrica DSC de la concha de abanico.

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT.

La grafica muestra un pico endotérmico aproximadamente a 100 °C y 200 °C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 920 °C, que es una temperatura de cambio de estructura y de características en el material.

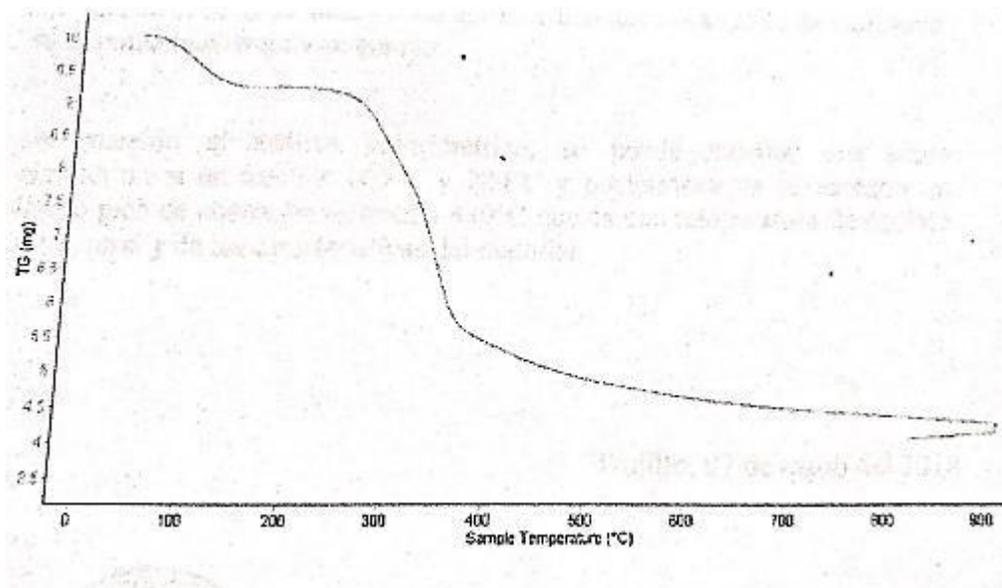


Figura 3. Análisis termo gravimétrico de la cáscara de arroz.

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT.

En la gráfica se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 °C y 120 °C y la segunda se da entre 250 °C y 340 °C.

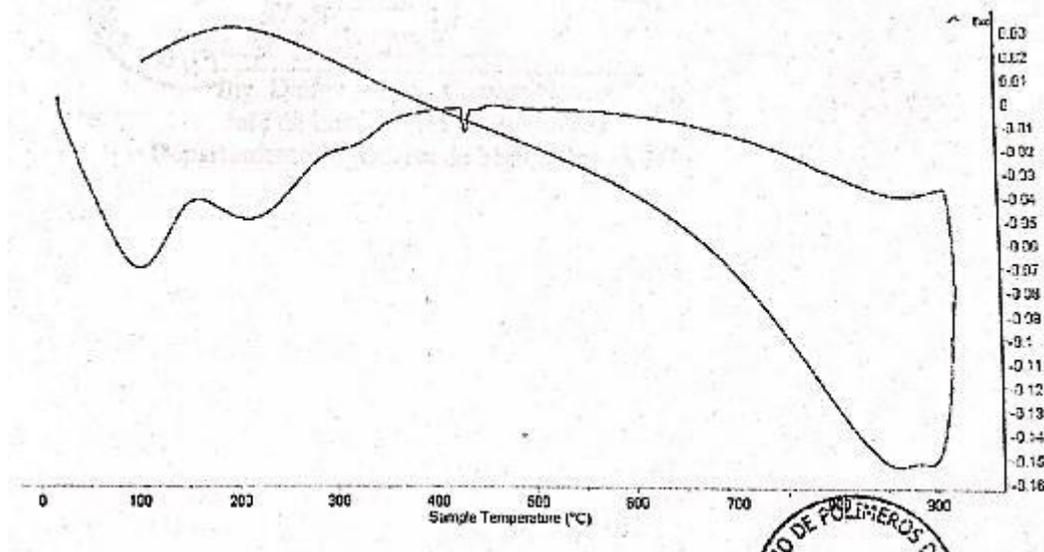


Figura 4. Curva calorimétrica DSC de la cáscara de arroz.

Fuente: Laboratorio de polímeros de la UNT.

La grafica muestra dos picos endotérmicos el primero en 100° C y 220° C aproximadamente el cual al absorber calor produce calentamiento como consecuencia se produce un proceso de evaporación, también muestra un pico de absorción térmico intenso a aproximadamente 430° C indicando un posible cambio de fase y cambio en la característica del material.

El equipo utilizado fue: Analizador térmico simultaneo TG, DTA, DSC cap. Max. 1600°C SetSys Evolución.

## Fluorescencia De Rayos X

Tabla 8

Resultado De Fluorescencia De Rayos X de las cenizas de cáscara de arroz.

Composición química	Resultados Normalizado (100%)	Método utilizado
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	89.378	
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.586	
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	4.007	
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.185	
Óxido de Magnesio (MnO)	0.161	
Óxido de Calcio (CaO)	1.285	
Dióxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.016	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos x
Óxido de Manganeso (MnO)	0.076	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.226	
Óxido de Zinc (ZnO)	0.019	
Óxido de Cobre (CuO)	0.008	

*Fuente:* Laboratorio de química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

La ceniza de cáscara de arroz de cambio puente fue calcinada a una temperatura de 430 ° C según el análisis térmico diferencial, y en un tiempo de 2 horas según Puma R y Pineda T. (2014).

Tabla 9

Resultado De Fluorescencia De Rayos X de la concha de abanico.

Composición química	Resultados(%)	Método utilizado
Óxido de Calcio (CaO)	83.754	
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	12.920	
Dióxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	3.007	
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.071	
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.023	Fluorescencia de rayos -X dispersiva en energía
Óxido de Niquel (Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.009	
Óxido de Cobre (CuO)	0.014	
Óxido de Zinc (ZnO)	0.011	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.172	
Dióxido de Zirconio (ZrO <sub>2</sub> )	0.009	

Fuente: Laboratorio de física de la UNMSM

La concha de abanico del balneario de las fue calcinada a una temperatura de 920 ° C según en análisis térmico diferencial, y en un tiempo de 4 horas según Blas, Avendaño y Prieto(2002).

Tabla 10

Ensayo de ph

ENSAYO DE PH	RESULTADOS
Ceniza de Cáscara de Arroz	9.79
Conchas de Abanico	13.37
Cemento (100%) + CCA (10 %) + CAB (5 %)	13.17

Fuente: Elaboración Propia.

## PROBETAS PATRÓN

Tabla 11

*Componentes del concreto por probeta patrón.*

Material por probeta	Peso (kg)
Cemento	2.152
Arena	5.554
Piedra	6.172
Agua	1.318

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Tabla 12

*Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 7, 14, 28 días de curado*

N° PATRÓN	Pesos (Kg)		Diámetro Prom.(cm)	Área Promedio(cm <sup>2</sup> )	Edad de Ensayo (días)
	Luego de Desenc.	Luego de Curado			
P-01	13.580	13.715	15.18	180.98	7
P-02	13.445	13.565	15.19	181.22	7
P-03	13.500	13.635	15.30	183.85	7
P-04	13.515	13.620	15.28	183.37	14
P-05	13.435	13.535	15.21	181.70	14
P-06	13.545	13.650	15.20	181.46	14
P-07	13.585	13.694	15.25	182.65	28
P-08	13.515	13.626	15.20	181.46	28
P-09	13.495	13.616	15.28	183.37	28

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Tabla 13

Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 7, 14, 28 días de curado

Patrón	Edad de Ensayo (días)	Fuerza (KgF)	Resistencia (Kg/cm2)	Resist. Prom (Kg/cm2)	FC %	FC % Prom.
P-01	7	38790	214.33		76.55	
P-02	7	40120	221.39	216.98	79.07	77.50
P-03	7	39570	215.23		76.87	
P-04	14	45620	248.79		88.85	
P-05	14	43890	241.55	244.14	86.27	87.19
P-06	14	43930	242.09		86.46	
P-07	28	51800	283.61		101.29	
P-08	28	50810	281.87	282.75	100.67	100.98
P-09	28	50640	282.78		100.99	

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

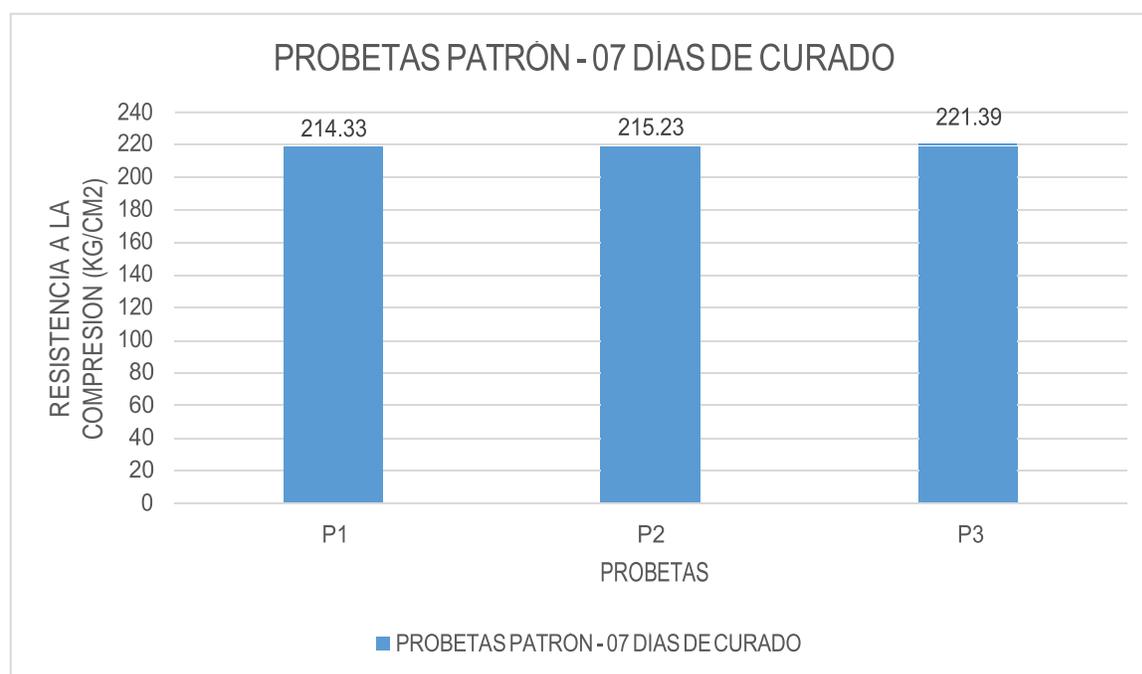


GRÁFICO 1: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Patrón a los 7 días de curado.

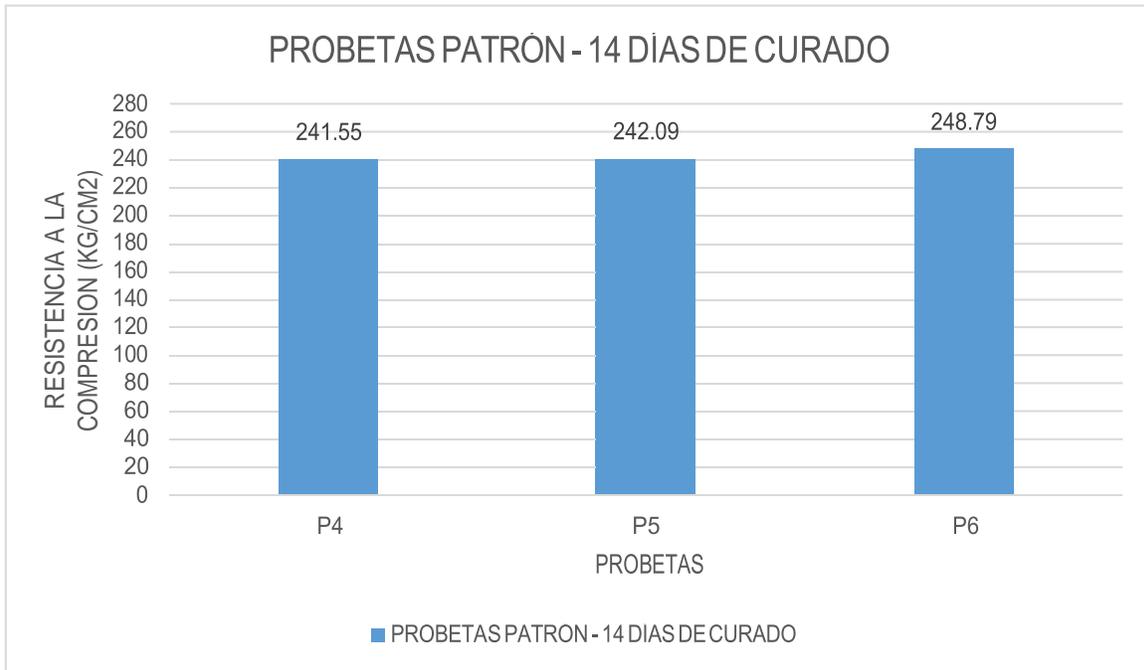


GRÁFICO 2: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Patrón a los 14 días de curado.

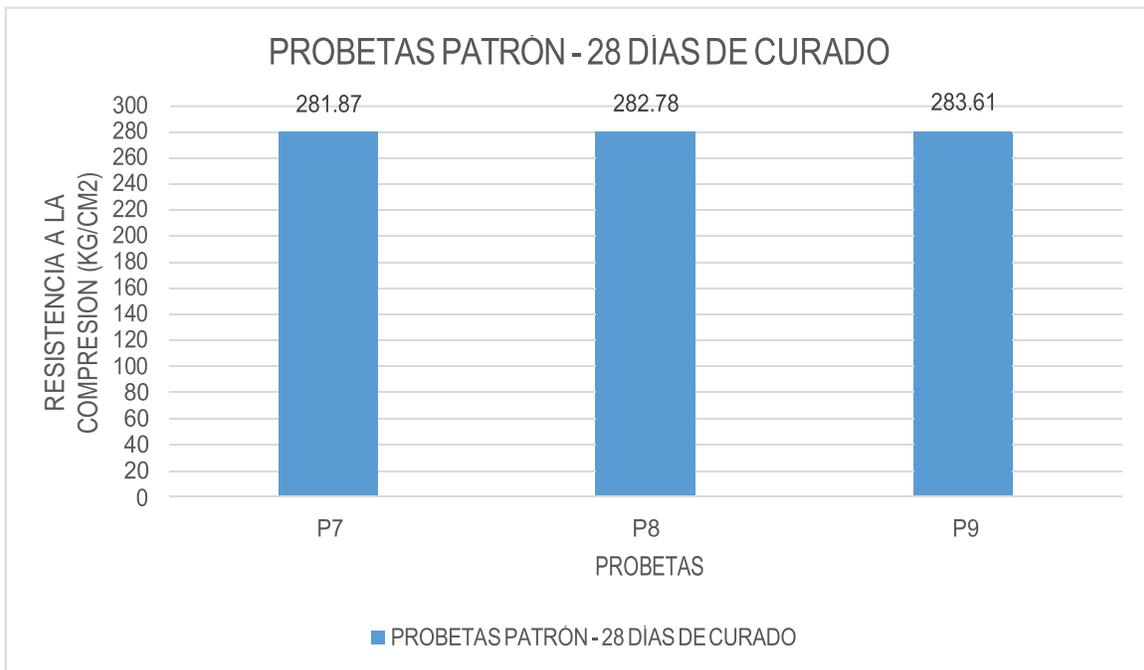


GRÁFICO 3: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Patrón a los 28 días de curado.

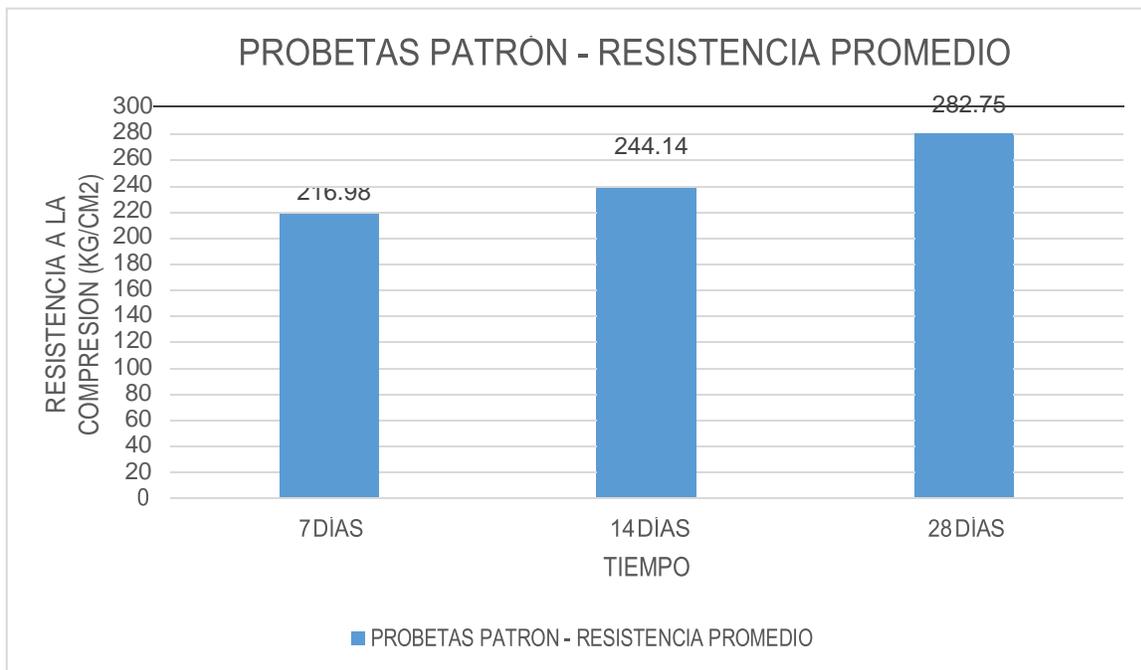


GRÁFICO 4: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Patrón Promedio a los 7 , 14 , 28 días de curado.

### PROBETAS EXPERIMENTAL

Tabla 14

*Componentes del concreto por probeta experimental.*

Material por probeta	Peso (kg)
Cemento	2.152
Arena	5.874
Piedra	6.172
Agua	1.319
10 % ceniza de casc. de arroz	0.215
5 % conchas de abanico	0.108
a/c	0.53

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Tabla 15

*Características de los resultados del ensayo de compresión del concreto experimental a los 7, 14, 28 días de curado*

N° EXP	Pesos (Kg)		Diámetro Prom.(cm)	Área Promedio(cm <sup>2</sup> )	Edad de Ensayo (días)
	Luego de Desenc.	Luego de Curado			
P-01	13.15	13.29	15.15	180.27	7
P-02	13.10	13.21	15.22	181.94	7
P-03	13.10	13.20	15.10	179.07	7
P-04	13.10	13.20	15.17	180.74	14
P-05	13.20	13.25	15.26	182.89	14
P-06	13.10	13.20	15.22	181.94	14
P-07	13.30	13.35	15.21	181.70	28
P-08	13.15	13.25	15.22	181.94	28
P-09	13.20	13.30	15.20	181.46	28

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

Tabla 16

*Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental a los 7, 14, 28 días de curado*

EXP	Edad de Ensayo (días)	Fuerza (KgF)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	FC	
					%	% Prom.
P-01	7	42240	234.31		83.68	
P-02	7	44720	245.79	238.74	87.78	85.26
P-03	7	42290	236.13		84.34	
P-04	14	50810	281.12		100.40	
P-05	14	51570	281.97	280.95	100.70	100.70
P-06	14	50900	279.76		99.91	
P-07	28	56320	309.96		114.63	
P-08	28	58800	323.18	315.71	115.42	114.06
P-09	28	56975	313.98		112.14	

Fuente: Laboratorio de Mec. De Suelos de la Univ. San Pedro

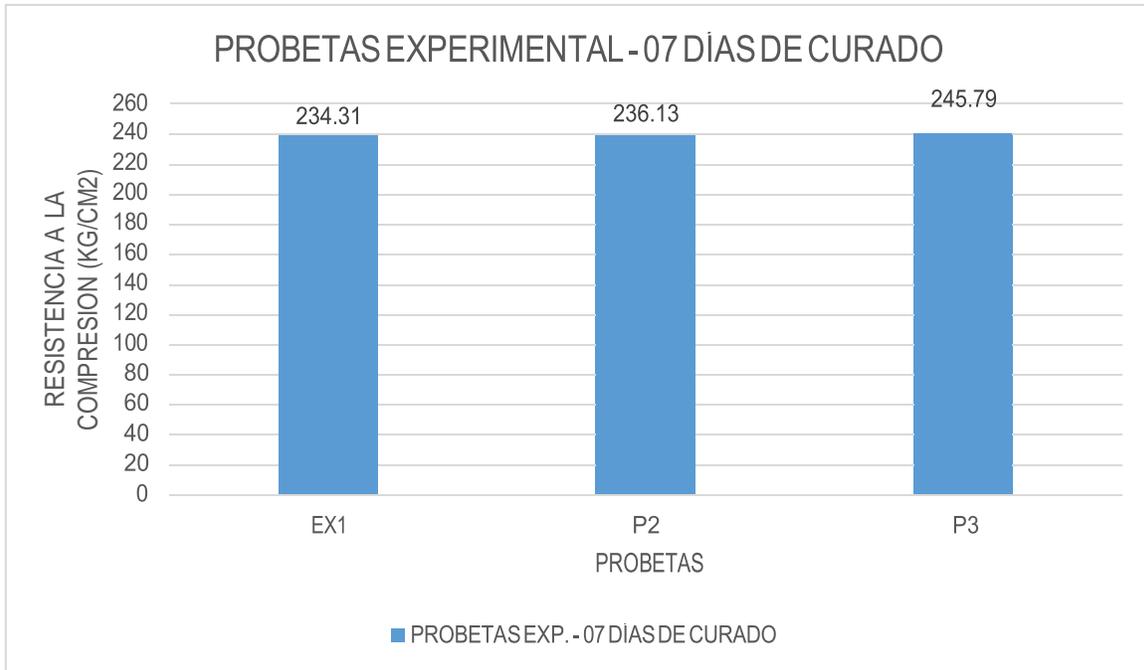


GRÁFICO 5: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Experimental a los 07 días de curado.

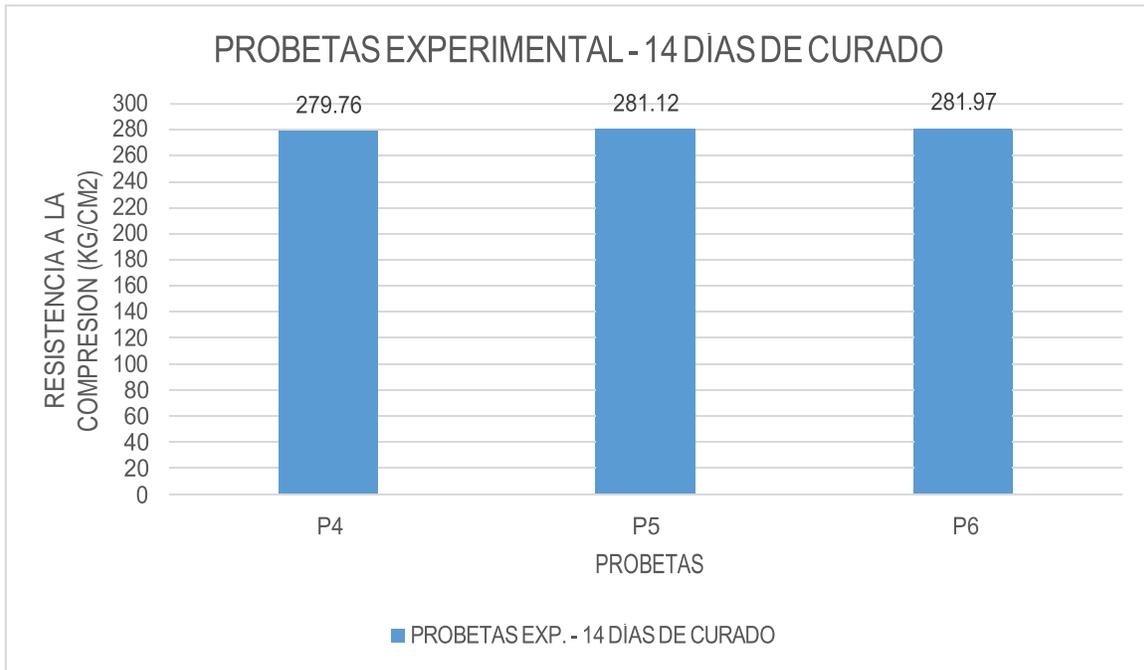


GRÁFICO 6: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Experimental a los 14 días de curado.

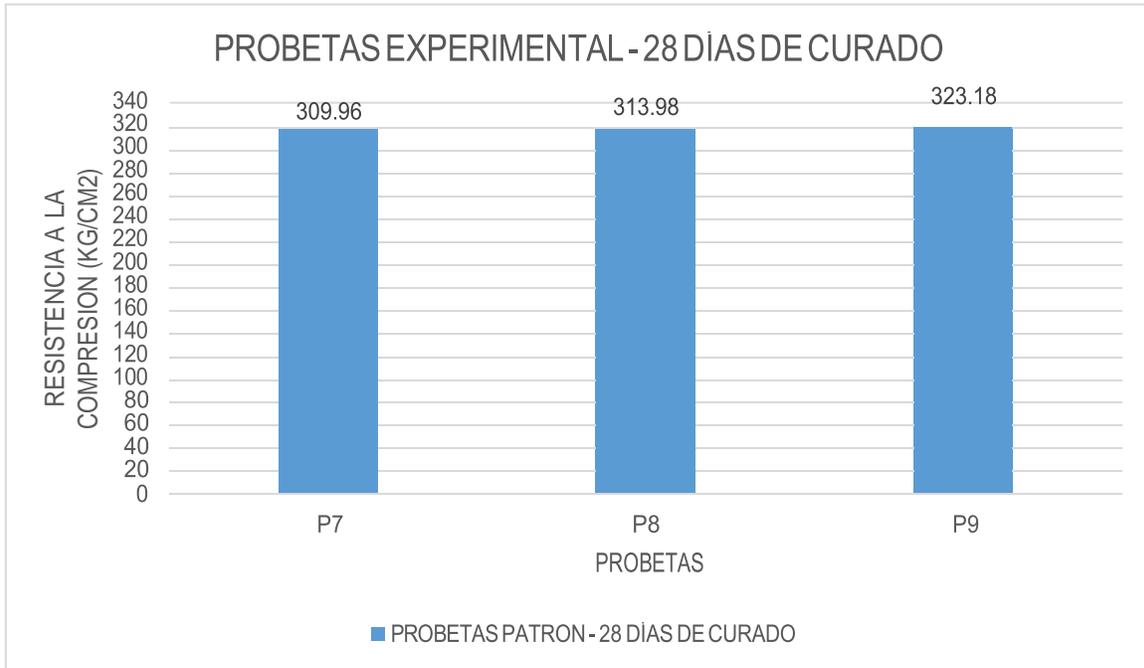


GRÁFICO 7: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Experimental a los 28 días de curado.

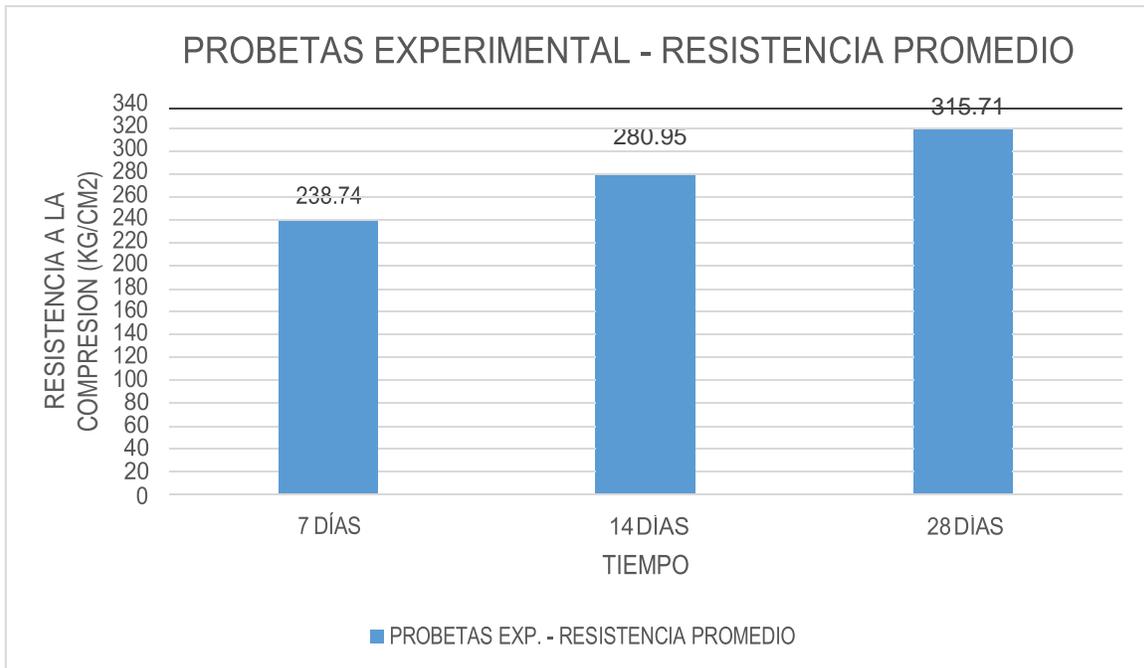


GRÁFICO 8: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Experimental Promedio a los 7, 14, 28 días de curado.

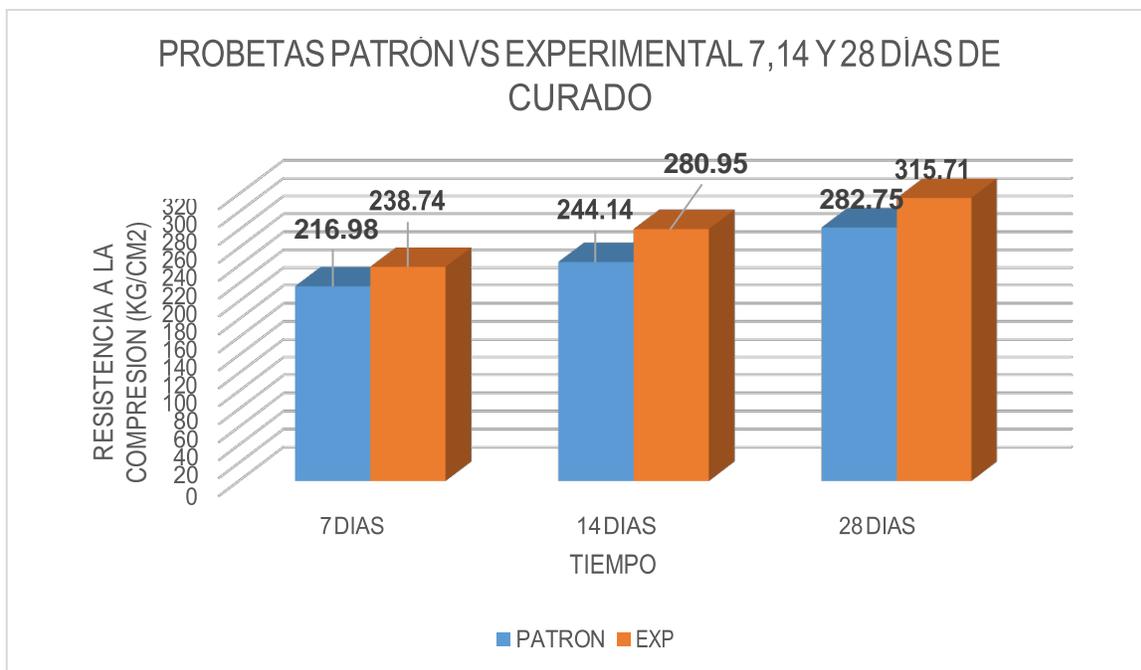


GRÁFICO 9: Gráfico de Ensayo de Resistencia a la Compresión Promedio Patrón vs Experimental a los 7 , 14 días Y 28 días de curado.

Resumen comparativo de los resultados al esfuerzo a la compresión

Tabla 17

*Resumen comparativo de los resultados al esfuerzo a la compresión (kg / cm<sup>2</sup>)*

	PATRÓN ( KG/CM2)	EXPERIMENTAL ( KG/CM2)
7 DÍAS	216.98	238.74
14 DÍAS	244.14	280.95
28 DÍAS	282.75	315.71

Fuente: Elaboración Propia.

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

López, Mejía, Montalvo (2007), analizó la ceniza de cáscara de arroz a 400°C con un tiempo de 2 horas, directamente tomando como antecedente este dato logrando un porcentaje de 86.72% de óxido de silicio. También analizo las conchas de abanico a 900°C durante un tiempo de 6 horas logrando obtener un porcentaje de 53.70% de óxido de Calcio, se puede observar que lo obtenido por López, Mejía, Montalvo es inferior en un 2.66 % en silicio y 30.05 % en calcio con respecto al mío. La temperatura utilizada en la calcinación de la ceniza de cáscara de arroz fue de 2 horas similar a la temperatura de López, Mejía, Montalvo, en cambio, la temperatura de calcinación de la concha de abanico fue de 4 horas, 2 horas menor que López, Mejía, Montalvo, con lo que se está claramente teniendo un ahorro energético y contribuyendo con la conservación del medio ambiente.

Según la tabla 12, se puede decir que el material es alcalino porque tiene buenos resultados en su combinación al 10 % de cenizas de cáscara de arroz y 5% de conchas de abanico similar al cemento, respectivamente. Si comparamos lo realizado por López, Mejía, Montalvo (2007), con respecto a mi estudio se puede observar que el pH obtenido por López, Mejía, Montalvo es inferior 0.53 en la combinación ya que el utilizo la combinación de 5 % de ceniza de cáscara de arroz y 2.5 % de concha de abanico.

Según tabla 10, Podemos observar que la relación agua-cemento(a/c) del concreto experimental fue 0.53, si comparamos lo realizado por López, Mejía, Montalvo (2007), con respecto a mi estudio se puede observar que la relación a/c es mayor en 0.03.

En el gráfico 7, Podemos observar, que el aumentar los días de curado la resistencia a la compresión aumenta, obteniendo como resultado una resistencia promedio de  $F'_c = 315.71$  kg / cm<sup>2</sup> a los 28, si comparamos lo realizado por López, Mejía, Montalvo (2007), con respecto a mi estudio se puede observar que lo obtenido por López, Mejía, Montalvo es superior a 58.01 kg / cm<sup>2</sup>.

En el gráfico 9, de los resultados obtenidos en el ensayo a la compresión podemos apreciar los datos registrados a los 7 días, que incrementaron y superaron el 77.50 % obtenido del patrón, los datos registrados a los 14 días, que incrementaron y superaron el 87.19 % del patrón y a los resultados obtenidos a los 28 días podemos apreciar que obtuvieron resistencias

superiores al concreto patrón de 100.98 %., con respecto a lo realizado por López, Mejía, Montalvo (2007), los datos registrados a los 7 días, incrementaron y superaron el 78.48 % obtenido del patrón, los datos registrados a los 14 días, incrementaron y superaron el 96.81% del patrón y a los resultados obtenidos a los 28 días podemos apreciar que obtuvieron resistencias superiores al concreto patrón de 100.43 %.

#### Agregado fino

La granulometría del agregado fino se encuentra dentro de los límites indicados en la Norma ASTM C-33 por lo que lo consideramos como granulometría óptima.

El módulo de finura es 2.95 lo cual es aceptable, pues se está trabajando un módulo de finura superior al mínimo requerido (2.35 – 3.15).

El peso específico del A.F es de 2.72gr/cm<sup>3</sup>, se puede clasificar como un agregado normal ya que está en el límite del rango de este PE (2.5-2.8).

#### Agregado grueso

La granulometría de las rocas como agregado grueso, cumple con los límites establecidos por Norma ASTM C-33 y está caracterizada por forma sub. Angular y rugosa.

Se determinó por ensayo de peso específico del agregado grueso que el valor obtenido 2.70gr/cm<sup>3</sup>, está dentro del rango de peso específico.

#### Análisis termo gravimétrico

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

La ceniza de cáscara de arroz de cambio puente se tiene que tomar la temperatura promedio del rango de la pérdida de masa que es a 430 ° C, y en un tiempo de 2 horas según Rodolfo P y Tony P (2014).

La concha de abanico del balneario de las salinas se tiene que tomar la temperatura promedio según el atd de 920 ° C, y en un tiempo de 4 horas según Blas, Avendaño y Prieto (2002).

Se determinó que la ceniza de la cáscara de arroz (CCA) y las conchas de abanico (CCAB) tiene la capacidad de mejorar la propiedad de resistencia a la compresión del concreto en sus diferentes edades de curado.

La composición química de la ceniza de cáscara de arroz, donde se pudo obtener los siguientes resultados de dióxido de silicio con un porcentaje de 89.38 %, trióxido de aluminio con un 3.59 %, oxido de potasio con un 4.01 %, trióxido de hierro con un 0.18% y oxido de calcio con un 1.28% considerándose un material puzolánico según el criterio de Puzolanidad del estándar ASTM C618 2015.

La composición química de la concha de abanico, donde se pudo obtener los siguientes resultados de dióxido de silicio con un porcentaje de 3.01 %, trióxido de aluminio con un 12.92 %, oxido de potasio con un 0.07 %, trióxido de hierro con un 0.02 % y oxido de calcio con un 83.75% considerándose un material puzolánico según el criterio de Puzolanidad del estándar ASTM C618 2015.

El pH de la ceniza de cáscara de arroz – Cambio Puente y las conchas de abanico – Balneario Las Salinas ha logrado determinar un resultado de 9.79 y 13.37 respectivamente, lo que nos indica que es alcalino, pero al ser mezclado con cemento, alcanzó un resultado de 13.17 para la combinación de 10 % y 5 % indicando que es alcalino y puede ser tomado como un material base y bueno para el concreto.

La resistencia en un concreto convencional, así como en la adición del 10 % de ceniza de cáscara de arroz y el 5 % de conchas de abanico al cemento, obteniendo como resultados promedios del patrón y experimental respectivamente a los 7 Días de 216.98 kg/cm<sup>2</sup> – 238.74 kg/cm<sup>2</sup>; a los 14 Días de 244.14 kg/cm<sup>2</sup> – 280.95 kg/cm<sup>2</sup>, y a los 28 días de 282.75 kg/cm<sup>2</sup> – 315.71 kg/cm<sup>2</sup>. Con estos resultados podemos observar que los concretos adicionados con cenizas de cáscara de arroz y conchas de abanico obtuvieron resultados superiores en 13.08% a los 28 días con respecto al patrón.

### RECOMENDACIONES

Se sugiere complementar la presente investigación con el uso de porcentajes mayores al 15 % de adiciones de ceniza de cáscara de arroz y con el empleo de diferentes tipos de cemento.

Es necesario tener control del contenido de carbón en la puzolana debido si este sobrepasara el 10% sería perjudicial en su desempeño como adición en concretos

Analizar su composición química de la ceniza de cáscara de arroz y conchas de abanico ya que observamos que tiene un poco más de porcentaje de dióxido de silicio (89.38%) con respecto al cemento, asimismo el óxido de calcio (83.75 %) presenta menos porcentaje que el cemento.

Realizar un estudio de la zona de donde se ubica las cenizas de cáscara de arroz y las conchas de abanico, realizar un buen proceso de calcinación y un proceso adecuado para poder adicionar al cemento porque de ello depende notablemente los resultados de la composición química.

La alcalinidad de la ceniza de cáscara de arroz y las conchas de abanico es de PH = 9.79 y 13.37 respectivamente; lográndose determinar que pertenecen al grupo de sustancia bases, es decir es un material alcalino.

Para comprobar que es un material que sigue ganando resistencia, se debe alargar las edades de curado a 45,60 días.

## **VI. AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a mis padres y familiares quienes con amor y dedicación supieron guiarme y contribuyeron en mi formación personal y profesional.

También agradecer a las personas que ayudaron en el desarrollo y culminación de esta investigación y especialmente a mi asesor Ing. Segundo Urrutia Vargas.

Y desde luego agradecer a Dios por darme salud y permitirme llegar al final de este proyecto, a mis amigos que siempre estuvieron presentes y a mis docentes.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASTM C618 (2015). *Especificación normalizada para ceniza volante de carbón y puzolana natural en crudo o calcinada para uso en concreto*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/DimelsaSalazarCarreo/nota-tnica-uso-de-cenizas-volantes-en-la-elaboracin-de-concretos>.
- Blas, Avendaño y Prieto (2002). *El aprovechamiento de residuos en el procesamiento de la concha de abanico (Argopecten purpuratus) en la Bahía de Paracas*. Recuperado de : [www.unfv.edu.pe/site/ocinv/pdf\\_catalogo/2002.pdf](http://www.unfv.edu.pe/site/ocinv/pdf_catalogo/2002.pdf).
- Buasri A., (2013). *Calcium Oxide Derived from Wast Shells of Mussel, Cockle, and Scallop as the Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production*. Disponible en:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3881677/>
- Buffenbarger J.K. (1998). *Durability of Concrete Structures. Emphasis on Corrosion and Reaching Specified Services Lives with Corrosion Inhibitors. Concrete Technology Update, Issue, No.1, July. Master Builders Technologies*. Recuperado en : [http://mbt-la.com/MB/static/Tech Articles](http://mbt-la.com/MB/static/Tech%20Articles).
- Chao, Lung Hwang and Chandra, Satish. *The Use of Rice Husk Ash in Concrete*. In: *Satish. Waste materials used in concrete manufacturing*. Ed. William Andrew Inc. EUA, Editorial, 1997. Pág. 184 – 231.<https://www.elsevier.com/books/waste-materials-used-in-concrete-manufacturing/chandra/978-0-8155-1393-3>.
- Coopeland y Schulz (1962). *Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento del Concreto*. Disponible en : <http://notasdeconcretos.blogspot.pe/2011/04/hidratación-tiempo-de-fraguado-y.html>
- Coronación, S. (2016). *Resistencia a la Compresión de un Mortero Sustituyendo el Cemento por 5% de Cáscara de Arroz y por 5% de Concha de Abanico*. Recuperado en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/1519>
- Daniela C, (2017). *Resistencia térmica y mecánica en mortero con sustitución del 30% de cemento por una combinación de arcilla y cáscara de arroz*. Recuperado en:

[http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7991/Tesis\\_58891.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7991/Tesis_58891.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Frederick, S.F. (2012). *Manual del Ingeniero Civil, McGraw-Hill*, Tercera Edición, pág. 82,83. Recuperado en:[https://www.academia.edu/36877196/Manual\\_del\\_ingeniero\\_civil.\\_Tomo\\_I\\_4ta\\_Edici%C3%B3n\\_-\\_Frederick\\_S.\\_Merritt](https://www.academia.edu/36877196/Manual_del_ingeniero_civil._Tomo_I_4ta_Edici%C3%B3n_-_Frederick_S._Merritt).

Gonzales S. (1987). *Cemento Portland. Universidad Nacional del Santa. Facultad de Ingeniería*. Recuperado de: [http://biblioteca.uns.edu.pe/sala\\_docentes/archivoz/curzoz/semana\\_7\\_cemento\\_tecnologia\\_2013.2.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/sala_docentes/archivoz/curzoz/semana_7_cemento_tecnologia_2013.2.pdf)Hernandes.

IECA. (2013). *Componentes y propiedades del cemento*. Recuperado en: [http://www.ieca.es/gloCementos.asp?id\\_rep=179](http://www.ieca.es/gloCementos.asp?id_rep=179).

Imarpe (2007). *Evaluación poblacional de la concha de abanico (Argopecten purpuratus) en Bahía de Sechura e Isla Lobos de Tierra*. Recuperado en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1434>.

Incitema (2013). *Caracterización química de la ceniza de cáscara de arroz*. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/jatsRepo/911/91149521006/html/index.html>.

Kosmatka (1994). *Sangrado o exudación del Concreto*. Recuperado de: <http://notasdeconcretos.blogspot.pe/2011/04/sangrado-o-exudación-del-concreto>.

La Universidad de Piura y Cemento Pacasmayo S.A.A, (2005). *Las cenizas de cáscara de arroz, adición puzolánica en el cemento y concreto*. Recuperado de:<https://es.scribd.com/doc/175634233/Cenizas-Cascara-De-Arroz>.

López, Mejía, Montalvo (2007). *Adición con ceniza de cáscara de arroz y concha de abanico en el cemento para la dosificación del diseño de mezcla de concreto a la resistencia de compresión  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . Recuperado de:<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/1041>

Martínez, I. (2010). *Cementos y Morteros*. Universidad de Comahue. Colombia. [http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8014/Tesis\\_58890.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8014/Tesis_58890.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- MEHTA, P.K., *Pozzolanic and Cementitious By – Products as Mineral Admixtures for Concrete*, ACI SP-79 (Editor: V.M Malhotra), 1973, pág. 1-46. Recuperado en: [https://books.google.com.pe/books?id=IZs6zne\\_pAUC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=IZs6zne_pAUC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false)
- MEHTA, P.K. *Siliceous Ashes and Hydraulic Cements Prepared Therefrom, Belgium*. Patent 802909, July 1992; Us Patent, 4105459, Aug 1997. Disponible en : <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB22496.pdf>
- Ministerio de Agricultura (2017). *Informe del arroz*. Recuperado en: <https://www.minagri.gob.pe/portal/boletin-de-arroz/arroz-2018>.
- Ministerio de la Producción (2014). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola*. Disponible en <https://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf>
- Neville A. (2015). *Maintenance and Durability of Concrete Structures*. Recuperado en: [https://www.researchgate.net/publication/283779858\\_Maintenance\\_and\\_durability\\_of\\_structures](https://www.researchgate.net/publication/283779858_Maintenance_and_durability_of_structures).
- NTP 339.088. (2004). *Requisitos de calidad del agua para el concreto*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/kiaramirellaporrascrisostomo/ntp-339088>.
- NTP 400.011 (2008). *Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. Recuperado en: <https://es.scribd.com/document/366617176/NTP-400-011-2008>
- NTP 400.012 (2001). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Recuperado en: <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-agregadoa-400012>.
- NTP 400.037 (2014). *Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en Concreto*. Recuperado en <https://es.scribd.com/document/345114141/N-T-P-400037-2014-Especificaciones-Agregados>.

- Osorio, N. (2005). *Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos*. Recuperado en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2549\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2549_C.pdf).
- Pintor y Hover (2001). *Diseño de Mezclas de Concreto y Conceptos Básicos*. Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/disen-de-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos>.
- Powers, S. (1992). *Concreto: Trabajabilidad*. Recuperado de: <http://notasdeconcreto.blogspot.pe/2011/04/concreto-trabajabilidad.html>
- Puma R y Pineda T. (2014). *Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz, en la fabricación de cemento portland puzolánico tipo IP*. Recuperado en: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/1580>.
- Rivera, L. (2010). *Concreto Simple-Agua de Mezcla*. Recuperado de: <http://tecnologia1-7118.blogspot.pe/p/el-agua-de-mezcla.html>
- Rivva, E. (2006). *Durabilidad y patología del concreto*. Recuperado en: <https://es.slideshare.net/mariobariffo/durabilidad-y-patología-del-concreto-enrique-rival>.
- Romero, M y Salazar, (2013). *Estudio de la Resistencia a compresión en mezclas de concreto, adicionando el 10% en peso de cemento por cenizas de las hojas secas de la Palma Chaguaramo como material puzonalico; Diseño de Mesclas*. Recuperado en: [http://materialesalternativos.weebly.com/uploads/2/0/6/2/20628570/palma\\_chaguaramo\\_.pdf](http://materialesalternativos.weebly.com/uploads/2/0/6/2/20628570/palma_chaguaramo_.pdf)
- Sakoda, S., Watanabe, S., Ishiyama, N. y Saito, H. (2003). *Effective Utilization of Scallop Shell with Shrinkage-Compensating Cement*. JCA Proceedings of cement & concrete (Japan Cement Association), vol. N°. 57, pp. 578-583. Consultado el 20 de mayo del 2009. Recuperado en <http://sciencelinks.jp/jeeast/article/200409/00020040904A0262197.php>
- Sánchez de guzmán, D. *Tecnología del concreto y del mortero*. 5° Ed. Colombia, 2001. ISBN:9589247040. Recuperado de: <https://www.academia.edu/35759848/Tecnol->

%C3%ADa\_del\_concreto\_y\_del\_mortero\_Diego\_S%C3%A1nchez\_De\_Guzm%C3%A1n-\_Bhandar\_Editores.

Sevillano, M y Ninaquispe, L. (2015). *Resistencia a la compresión 175 kg/cm<sup>2</sup> de un ladrillo de concreto en el cual el cemento ha sido adicionado en 10% por ceniza de cáscara de arroz y conchas de abanico*. Recuperado en : <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/1572?show=full>

Tacilla, Araujo y Cardozo (2004). *Composición Química del cemento*. Recuperado en:<https://es.scribd.com/doc/24863679/Composicion-Quimica-Del-Cemento>

Teodoro E. (1997). *Materiales en Diseño de Estructuras de Concreto Armado (11)*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado en:<https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disenodeestructurasdeconcreto-harmsen.pdf>

Universidad de California Berkeley, (1973). *Análisis Comparativo de las Características Físicoquímicas de la Cascarilla de Arroz*. Recuperado en:<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4055>

Ureña H. y Gonzales L. (2014). *Diseño de las unidades de adobe utilizando granza de arroz para la construcción de un módulo de escala natural en el C.P El Castillo – Santa – Ancash*.

## **CAPITULO VIII : ANEXOS Y APENDICES**

**ANEXO N° 01**

**ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL**

**ANEXO N° 02**  
**ANALISIS DE COMPOSICION**  
**QUIMICA**

**ANEXO N° 03**

**ANALISIS DE PH**

**ANEXO N° 04**  
**ENSAYOS DE LABORATORIO USP**

**ANEXO N° 05**  
**PANEL FOTOGRAFICO**

## Recolección de muestra cáscara de arroz



FOTO N° 01 : Ubicación de la muestra a usar cáscara de arroz



FOTO N°02 : Prequemado de la cáscara de arroz



FOTO N°03 : Obtención de las cenizas de cáscara de arroz



FOTO N° 04 : Ubicación de la muestra a usar conchas de abanico



FOTO N° 05 : Lavado y secado de las conchas de abanico



FOTO N° 06: Triturado de las conchas de abanico



FOTO N° 07: Ingreso de las conchas de abanico a la mufla para su calcinación.

Recolección del agregado grueso- cantera “ ruben”



FOTO N° 08 : Recolección de la piedra chancada.



FOTO N° 09: Gradación de la piedra chancada y la arena.



FOTO N° 10 : Ensayo de peso unitario para la piedra y arena.



FOTO N° 11: Ensayo de granulometría de los agregados.



FOTO N° 12: Ensayo del contenido de humedad de los agregados.



FOTO N° 13 : Ensayo de la Gravedad especifica y Absorcion de los agregados.



FOTO N° 14: Elaboración de las probetas patrón y experimental del concreto.



FOTO N° 15 : Ensayo del Slump del Concreto.



FOTO N° 16 : Ensayo de compresión del concreto en el laboratorio de suelos en la Universidad San Pedro con la supervisión del ing. Asesor.