

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**Resistencia de un concreto  $F'_{C}=210\text{kg/cm}^2$  sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cascara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto.**

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

**Autor**

Matías Quispe, Samuél

**Asesor**

Castañeda Gamboa, Rogelio

Huaraz - Perú

2018

**PALABRAS CLAVE:**

Tema	Resistencia de Concreto
Especialidad	Tecnología del Concreto

**KEY WORDS:**

Theme	Concrete Strength
Specialty	Concrete Technology

**LINEA DE INVESTIGACION**

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

**RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$   
SUSTITUYENDO EL 10% Y 16% DE CEMENTO POR  
UNA COMBINACIÓN DE CASCARA DE HUEVO Y  
CENIZA DE HOJA DE EUCALIPTO.**

## RESUMEN:

El propósito de la presente investigación fue determinar la resistencia a la compresión de un concreto de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , Sustituyendo el 10% y 16% del peso del cemento por:

- 7.5% Polvo Cáscara de huevo + 2.5% Ceniza de Hoja de Eucalipto.
- 12% Polvo Cáscara de huevo + 4% Ceniza de Hoja de Eucalipto

Se procedió a recolectar Cáscara de huevo que será pulverizadas, obteniendo Polvo de Cáscara de huevo (PCH) y también de recolecto la hoja de eucalipto que fue activada térmicamente obteniendo Ceniza de hoja de eucalipto (CHE), para así obtener los elementos puzolánicos, luego, se determinó el Potencial de Hidrógeno (Ph) de la ceniza sola, Cáscara de huevo sola y en las mezclas con cemento; se determinó la relación agua/cemento de las probetas patrón y experimental empleando el Método del Comité 211 del ACI, previa realización de los ensayos en los agregados. Se elaboraron probetas de concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en un número de 27 muestras: 9 del patrón, 9 experimentales al 10% (con sustitución de 2.5% CHE y 7.5% PCH) y 9 experimentales al 16% (con sustitución de 4% CHE y 12% PCH), y se realizaron las roturas a los 7, 14 y 28 días, analizando y comparando las Resistencias a la Compresión de las muestras patrón y experimentales.

Lo que confirmó mediante los ensayos, que la resistencia a la compresión de las probetas experimentales al 10% y 16%, a los 7, 14 y 28 días son superiores a las de las probetas patrón convencionales, lo cual confirma la hipótesis de la investigación, a los 28 días la resistencia a la compresión de las probetas patrón alcanzaron un **101%**, las experimentales al 10% un **102%** y las experimentales al 16% un **111%** de resistencia, mayor a la esperada, comprobando que al usar las sustituciones de CHE y PCH de manera conjunta tienen una potenciación de sus propiedades y elevan la resistencia de las probetas de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

## ABSTRACT

The purpose of the present investigation was to determine the compressive strength of a concrete of  $f'_c = 210 \text{ Kg / cm}^2$ , Substituting 10% and 16% of the weight of the cement for:

- 7.5% Powder Egg shell + 2.5% Eucalyptus Leaf Ash.
- 10% Powder Egg shell + 4% Eucalyptus Leaf Ash.

We proceeded to collect egg shell that will be pulverized, obtaining egg shell powder (PSE) and also of collecting the eucalyptus leaf that was thermally activated obtaining Eucalyptus leaf ash (ALE), in order to obtain the pozzolanic elements, then, the Hydrogen Potential was determined (PH) of the ash alone, egg shell alone and in mixtures with cement, the water / cement ratio was determined of the standard and experimental samples using the Committee Method 211 of the ACI, after carrying out the tests on the aggregates, Concrete specimens were made with  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , in a number of 27 samples: 9 of the pattern, 9 experimental to 10% (with substitution of 2.5% ALE and 7.5% PSE) and 9 experimental to 16% (with substitution of 4% ALE and 12% PSE), and breaks were made at 7, 14 and 28 days, Analyzing and comparing the Compression Resistances of the standard and experimental samples.

What I confirmed through the trials, That the compressive strength of experimental specimens at 10% and 16%, at 7, 14 and 28 days they are superior to those of conventional standard specimens, which confirms the hypothesis of the investigation, at 28 days the compressive strength of the standard specimens reached a 101%, the experimental ones at 10% a 102%, and the experimental ones at 16% at 111% resistance, higher than expected, checking that by using the substitutions of ALE and PSE jointly have an enhancement of their properties and raise the strength of concrete specimens  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

## Índice General

### Contenido

Palabras clave - key words – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Indice	v
I. INTRODUCCIÓN:	1
II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	21
III. RESULTADOS	23
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	53
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
VII. ANEXOS Y APÉNDICES	66

## Índice de Figuras

<i>Figura 1: Agregado grueso</i>	9
<i>Figura 2: Agregado fino</i>	9
<i>Figura 3: Producción de huevo de gallina para consumo en el Perú</i>	13
<i>Figura 4: Consumo promedio per cápita anual de huevo de ave en el Perú (kg/persona)</i>	15
<i>Figura 5: Distribución de las plantaciones de eucalipto en el Perú</i>	18
<i>Figura 6: Especies Forestales con mayores volúmenes en la sierra</i>	19
<i>Figura 7: Secuencia para obtener Polvo de Cáscara de Huevo</i>	23
<i>Figura 8: Cáscara de huevo recolectada</i>	23
<i>Figura 9: Proceso de Limpieza de la Cáscara de huevo</i>	24
<i>Figura 10: Molido y Tamizaje de Cáscara de huevo</i>	25
<i>Figura 11: Espectro de FRXDE de Cáscara de Huevo molido</i>	27
<i>Figura 12: Secuencia para obtener ceniza de hoja de eucalipto</i>	28
<i>Figura 13: Recolección de Eucalipto</i>	28
<i>Figura 14: Pre - quemado de hoja de eucalipto</i>	29
<i>Figura 15: Ceniza Pre – quemada</i>	30
<i>Figura 16: Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico</i>	30
<i>Figura 17: Proceso de quemado de la hoja de eucalipto</i>	32
<i>Figura 18: Tamizaje de Ceniza de Hoja de Eucalipto</i>	32
<i>Figura 19: Apariencia de las cenizas en distintas etapas</i>	33
<i>Figura 20: Espectrómetro de Rayos X - Marca Amptek</i>	34
<i>Figura 21: Espectrómetro de Rayos X – Método</i>	34
<i>Figura 22: Espectro de FRXDE de Ceniza de Hoja de Eucalipto</i>	36
<i>Figura 23: Esquema para elaboración de concreto</i>	42
<i>Figura 24: Flujograma de Producción de Concreto <math>f'c=210\text{kg/cm}^2</math> Patrón</i>	43
<i>Figura 25: Flujograma de Producción de Concreto <math>f'c=210\text{kg/cm}^2</math> Experimental</i>	44
<i>Figura 26: Paso a Paso Elaboración de Concreto <math>f'c=210\text{kg/cm}^2</math></i>	45
<i>Figura 27: Tipos de fallas</i>	49
<i>Figura 28: Tipos de Fallas en Probetas de Concreto: (c) Cono y Corte, (b) Cono y Separación</i>	50
<i>Figura 29: Gráfica de las Resistencias a la compresión promedio a las edades de 7, 14 y 28 días, comparando las probetas patrón y los experimentales.</i>	58
<i>Figura 30: Gráfica de tendencia de las Resistencias a la Compresión promedio a los 7, 14 y 28 días, comprando las probetas patrón y los experimentales</i>	59

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Componentes Químicos del Cemento</i>	10
<i>Tabla 2: Porcentajes de Compuestos Químicos del Cemento</i>	10
<i>Tabla 3: Cantidades máximas permitidas de elementos en el agua</i>	12
<i>Tabla 4: Composición nutricional del polvo de Cáscara de huevo</i>	13
<i>Tabla 5: Producción de Huevo de Gallina para consumo en el Perú</i>	14
<i>Tabla 6: Propiedades físicas del eucalipto</i>	17

<i>Tabla 7: Propiedades mecánicas del eucalipto</i>	17
<i>Tabla 8: Variable Dependiente</i>	19
<i>Tabla 9: Variable Independiente</i>	20
<i>Tabla 10: Técnicas e instrumentos de investigación</i>	21
<i>Tabla 11: Bloque Completo Al Azar</i>	22
<i>Tabla 12: Comparativo de Características de la Cáscara de huevo</i>	25
<i>Tabla 13: Análisis químico de Cáscara de huevo molido. Porcentaje de óxidos</i>	26
<i>Tabla 14: Comparativo de características de la Ceniza de Hoja de Eucalipto</i>	33
<i>Tabla 15: Análisis químico de la Ceniza de Hoja de Eucalipto. Porcentaje de óxidos</i>	35
<i>Tabla 16: Potencial de Hidrogeno de CHE</i>	37
<i>Tabla 17: Potencial de Hidrogeno de PCH</i>	37
<i>Tabla 18: Potencial de Hidrogeno de Cemento SOL Tipo I</i>	37
<i>Tabla 19: Potencial de Hidrogeno de la combinación de (CHE + PCH) al 10% y cemento al 90%</i>	37
<i>Tabla 20: Potencial de Hidrogeno de la combinación de (CHE + PCH) al 16% y cemento al 84%</i>	38
<i>Tabla 21: Propiedades de los Materiales</i>	39
<i>Tabla 22: Diseño de Mezcla</i>	39
<i>Tabla 23: Cantidad de materiales para 9 Probetas Patrón</i>	40
<i>Tabla 24: Cantidad de materiales para 9 probetas con sustitución al 10%</i>	40
<i>Tabla 25: Cantidad de materiales para 9 probetas con sustitución al 16%</i>	41
<i>Tabla 26: Resistencia a la compresión de Probetas Patrón</i>	46
<i>Tabla 27: Resistencia a la compresión de concreto con 10% de sustitución de cemento</i>	47
<i>Tabla 28: Resistencia a la compresión de concreto con 16% de sustitución de cemento</i>	48
<i>Tabla 29: Resistencias a la compresión de concreto <math>f'c=210\text{Kg/cm}^2</math> con una sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una combinación de Cáscara de Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto</i>	49
<i>Tabla 30: Resistencia de un concreto <math>f'c=210\text{kg/cm}^2</math> sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de Cáscara de huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto</i>	51
<i>Tabla 31: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas</i>	51
<i>Tabla 32: Comparación de la composición química entre Cemento y Cáscara de huevo molido de anteriores tesis y actual.</i>	53
<i>Tabla 33: Comparación de la composición química entre el cemento y ceniza de hoja de eucalipto de anteriores tesis y actual.</i>	55



## **I. Introducción:**

Dentro de los antecedentes revisados para el presente estudio, se hizo una ardua revisión de los diversos estudios a nivel local y mundial, por lo que se encontró que en el estudio de **Carrillo (2018)**, obtuvieron resultados de resistencia a la compresión inferiores en 5.00% en la sustitución de 8% (5% de concha pata de mula + **3% de Hoja de Eucalipto**) e inferiores en 16.86% en la sustitución de 16% (10% de concha ata de mula + **6% de Hoja de Eucalipto**), respecto a la muestra patrón a los 28 días.

Asimismo, Lencinas & Incahuanaco (2017), obtuvieron resultados de resistencia a la compresión superiores en 0.54% (2.5% en sustitución de ceniza de paja de trigo (CPT)) e inferiores en 0.85%(5% de sustitución), respecto a un concreto patrón a los 28 días, hay un asentamiento (slump) de 2.6” y 2.1” respectivamente que indica una disminución de la trabajabilidad.

Usaron CPT calcinada en horno de ladrillo artesanal, que cumple con los requisitos químicos que exige la norma ASTM C 618-3, para el uso de puzolanas calcinadas, de este modo, el uso de la CPT en mezclas de concreto es más económico que un concreto convencional. Para el análisis de costos, en sustituciones de 2.5% y 5%, tuvo un ahorro de S/. 2.60 y S/. 5.60 soles respectivamente. Asimismo, se comprobó que la combustión de la paja de trigo, no contamina el medio ambiente, por el bajo contenido de gases contaminantes, para el medio ambiente y para el ser humano.

Por otro lado, **Reibán (2017)**, Evaluó las características mecánicas de matrices cementicias con adición de **Cáscara de huevo pulverizado**, sustituyendo el cemento en 10, 20 y 30% en el diseño, usaron la dosificación 1:2.75 según la ASTM C.

Los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto, indican que la muestra de concreto con adición de Cáscara de huevo 10% presentó mayor resistencia que las demás muestras.

En la mezcla de concreto con adición de Cáscara de huevo en porcentaje de 10.00% sustituyendo al cemento, se obtuvo una resistencia de  $F'c=233.31\text{kg/cm}^2$  a los 28 días de curado. Respecto al patrón mejoro un 19.29%.

Ríos (2017), Evaluó la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con adición de Cáscara de huevo; Cuando se adiciona un porcentaje de Cáscara de huevo pulverizada sustituyendo al cemento en porcentajes de 5.00% y 10.00% en el diseño. Los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto, indican que la probeta de concreto con adición de Cáscara de huevo presentó mayor resistencia a la compresión a comparación del concreto convencional (patrón) y como también al obtener los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto con adición de Cáscara de huevo se obtuvo un concreto de alta resistencia a edad de 7 días de curado ,es decir que la Cáscara de huevo pulverizada es un aditivo acelerante natural.

En la mezcla de concreto con adición de Cáscara de huevo en porcentaje de 5.00% sustituyendo al cemento, se obtuvo un concreto de alta resistencia de  $F'c=230.12\text{kg/cm}^2$  a temprano edad de 7 días de curado, y a los 28 días de curado una resistencia promedio de  $F'c=277.20\text{kg/cm}^2$ . En la mezcla de concreto con adición de 10% de Cáscara de huevo, presentó una alta resistencia de  $F'c=348.28\text{kg/cm}^2$  a edad de 28 días de curado.

Asimismo, Soto & Argumedo(2014), Realizaron la caracterización fisicoquímica de la Cáscara de huevo donde tuvieron como objetivo caracterizar fisicoquímicamente la Cáscara de huevo como futura aplicación para la creación de un material industrial, concluyendo en que la Cáscara de huevo posee una cantidad porcentual muy elevadas de ceniza, la cantidad de calcio observada en absorción atómica es muy considerable para la aplicación de la muestra en prótesis dental, también se puede considerar la Cáscara de huevo como un buen sustituyente para un material industrial.

En el caso de, Navia, Quiceno, Montes & Soto (2013), Realizaron la investigación de Concreto con adición de Cáscara de huevo donde tuvieron como objetivo

implementar la Cáscara de huevo como adición de calcio al concreto, también fabricar un concreto reforzado con adiciones de Cáscara de huevo y de esta forma lograr que el material tenga mejores propiedades mecánicas, funcionales, físicas, que ayuden con el reciclaje del producto y lograr implementarlo en la industria de la construcción, concluyendo que la Cáscara de huevo como aditivo es viable, aunque requiere de una mayor y mejorado proceso, el concreto diseñado con Cáscara de huevo tiene mayor dureza y resistencia al impacto.

Para Villegas (2012), el ensayo de Fluorescencia de Energías Dispersas y Rayos X (EDX), indica que las cenizas de cáscara de arroz estudiada contienen Sílice (Si) en un 94% y 4% en elementos como Potasio (K), Sodio (Na) y Calcio (Ca), lo cual indica una alta actividad puzolánica. Del análisis químico de reactividad puzolánica, la puzolana natural de Conchupata (PI), presentó mejores características puzolánicas, y las cenizas de cáscara de arroz quemadas en horno fueron mejores frente a las quemadas en pampa. Las cenizas de cáscara de arroz de Tarapoto, denominado (CV), presentaron mejores propiedades mecánicas en la adición en morteros y concreto, en reemplazo del cemento en 15%, con similar resistencia al patrón.

De la granulometría laser realizada, las cenizas de cáscara de arroz presentaron mejor finura que las puzolanas volcánicas, lo que influye en la obtención de la resistencia en los morteros elaborados.

Las bloquetas de concreto, con reemplazo del cemento por ceniza de cascará de arroz en 10%, obtuvo a los 28 días una resistencia superior en 11% respecto a la muestra de control, con sustitución del 15% se obtuvo una resistencia a los 28 días del 103% respecto a la muestra de control y con 20% de sustitución, se obtuvo a los 28 días el 91% de la resistencia de control.

En revestimientos, recubrimiento y morteros de albañilería, los resultados para una dosificación adecuada, se recomienda 1:4, adicionando 10% de ceniza en reemplazo del cemento, que supera al control en 7%, y la adición del 15% de la ceniza de cáscara de arroz, a los 28 días supera al de control en 4%. Por lo que en morteros al no ser estructurales se puede adicionar hasta 20% de ceniza. En morteros de dosificación

de 1:3, con adición del 10% de ceniza supera el control del 27%, la adición del 15% de la ceniza de cáscara de arroz, a los 28 días supera al de control en 26%, lo que indica que la dosificación se puede adicionar hasta 30%. En la elaboración de bloquetas de concreto, el costo frente a bloquetas convencionales; con un reemplazo del cemento de 15% del diseño, se obtiene un ahorro del 5.84%.

Finalmente, Molina, Moragues, G. (2008), Indican según sus resultados que, las puzolanas pueden contribuir a mejorar las características del hormigón. Entre estas se destaca el refinamiento de la estructura porosa del material. Además, las cenizas ofrecen un impacto positivo como sustituto parcial del cemento portland. También que las cenizas volantes pueden contribuir a mejorar la resistencia a compresión a edades tan tempranas como los 28 días.

**La justificación** de la presente investigación, inicia del punto en que, en la actualidad, existe un problema relevante debido a la contaminación ambiental, debido al alto volumen de residuos, de todo tipo; en donde Podemos encontrar la Cáscara de Huevo la cual se produce en gran volumen a nivel nacional, un material no reutilizado en la actualidad. Una alternativa es mediante una adecuada gestión de la Cáscara de Huevo, por ejemplo, realizar actividades de reciclaje y reutilización de la Cáscara de Huevo, la cual realizada de manera eficiente, logrará generar beneficios para la sociedad, economía y medio ambiente, reduciendo la demanda de materiales cementicios y su consiguiente transporte, lo cual genera costos elevados.

Por otro lado, a nivel de superficie agropecuaria, existen una serie de productos como plantas de azúcar, cactus, tuna, maíz, arroz, trigo, pino, eucalipto, etc; que al ser usados sólo el fruto, madera y semilla de la planta, quedan una serie de residuos, que muchas veces son arrojados en cualquier lugar y pueden producir la contaminación del suelo y entorno. Estos residuos como cascarillas, tallos, hojas, raíces, etc, puede ser aprovechados en usos alternativos, diversos estudios avalan la inclusión de estos productos como cenizas con propiedades puzolánicas, en sustitución del cemento para producir concreto de similares características que los convencionales, lo

que ha abierto nuevas posibilidades, el aprovechamiento de estos desechos reducirá la contaminación ambiental y por ende su impacto en el ambiente.

**El aporte teórico de la investigación** se basa en que permitirá determinar la resistencia a la compresión de concreto  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$  con sustitución de cemento por 10% de: 2.5% Ceniza de Hoja de Eucalipto + 7.5% Polvo de Cáscara de Huevo, y 16% de: 4% Ceniza de Hoja de Eucalipto + 12% Polvo de Cáscara de Huevo, lo cual podrá ser comparada con los resultados obtenidos de un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  convencional, proponiendo que el uso de dichas cenizas y Polvo de Cáscara de huevo elevarían la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ .

Los beneficios de la presente investigación alcanzan a la sociedad, economía y medio ambiente. Para la sociedad, las actividades para obtener polvo de Cáscara de huevo, representarían una serie de actividades generadoras de trabajo para muchas familias al realizar actividades de reciclaje. El uso de hojas de eucalipto, es también una actividad de recolección y reciclaje, para los agricultores y Leñadores. Ambas actividades sería también una forma de asegurar el sustento diario de muchas familias, por lo cual también el beneficio es económico.

Para la economía, los costos de producción de material puzolánico y cálcico, serían menores que los costos de producción del cemento; por lo cual serían menores los costos de producción de concreto. Se estaría asegurado a la industria un recurso renovable de producción de material puzolánico y cálcico. La producción de concreto, al usar residuos Agrícolas y doméstico, serían ecológicos, beneficiando a la sociedad al tener un menor costo de producción, y tener características incluso superiores a los convencionales.

Y para el Medio Ambiente, las actividades de reciclaje de Cáscara de huevo, para obtener Polvo de Cáscara de huevo posibilitaría la conservación del suelo, el hábitat, lograría la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

**El Problema**, planteado en base al crecimiento urbano mundial es considerable en los países en desarrollo, y van de la mano con las actividades de construcción, la cual es generadora de alta demanda de materiales de construcción tales como el

cemento, este material para su producción necesita mucha materia prima, la cual al ser procesada genera muchos impactos negativos en el medio ambiente; también el precio de este material va aumentando de forma constante; para ello una de las soluciones sería la reutilización de Cáscara de huevo que constituye una alternativa sujeta al principio de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud; promueve el bienestar humano, desarrollo sostenible del país y representa un actividad económica. Por otra parte, debido a la gran existencia de residuos agrícolas en nuestra zona, los cuales no son aprovechados, se buscan alternativas viables, que constituyen productos innovadores y amigables con el medio ambiente; al usar estos residuos para obtener, mediante un proceso de calcinación y tamizaje, puzolanas con características similares al cemento, pues contiene precursores puzolánicos que dan resistencia al concreto.

La investigación propone utilizar polvo de Cáscara de huevo y cenizas de hoja de eucalipto, para la fabricación de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , logrando así un nuevo uso de dichos elementos, como alternativa económica y conservadora, de lo cual se espera tenga una elevada resistencia a la compresión e incluso sea mayor a la de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  convencional.

Por lo expuesto se plantea el **problema de investigación**: ¿Cuál será la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , sustituyendo el 10% y 16% del cemento por una combinación de polvo de cáscara de huevo y ceniza de hojas de eucalipto?

### **Concreto**

El concreto, de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, podemos definirlo como una mezcla de Cemento Portland u otro tipo de cemento hidráulico junto a agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Dichos componentes se mezclan en una pasta cementicia que al endurecer resulta una masa similar a la roca, debido al endurecimiento de la pasta por la reacción química del cemento con el agua. Alcanzando su máxima resistencia conforme pasan los días.

### **Agregados**

Se puede definir como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial que tiene dimensiones comprendidas entre los límites fijados en la Norma Técnica Peruana NTP 400.011, tienen una granulometría variable.

Los agregados son componentes del concreto, el cual está compuesto básicamente por agregados y una pasta cementicia (cemento y agua). Los agregados comprenden la fase discontinua del concreto y están en las inmediaciones de la pasta cementicia; ocupan aproximadamente el 75-80% del volumen de una unidad cúbica de concreto.

Los agregados se dividen en dos grupos, por su naturaleza: finos y gruesos. En el caso de los agregados finos, lo constituyen las arenas naturales o fabricadas, tiene tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm; por otro lado, los agregados gruesos contienen partículas que se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm.

### **Granulometría**

Neville (1999), en su libro “Tecnología del Concreto”, señala que la granulometría es la operación de separar una muestra de agregado en fracciones, cada una de las cuales consta de partículas del mismo tamaño. En la práctica cada fracción contiene partículas que se encuentran dentro de límites específicos, que son las aberturas de los tamices normales de muestreo

Según Céspedes (2003), en su libro “Resistencia a la compresión del concreto a partir de la Velocidad de pulsos de Ultrasonido”, la granulometría se entiende como la distribución de los tamaños de las partículas o granulometría de un agregado es una característica importante debido a que determina los requerimientos de la pasta para lograr un concreto trabajable. Debido a que el cemento es el componente más costoso del concreto, es deseable, minimizar el costo del concreto utilizando la menor cantidad de pasta consistente con la producción de un concreto que pueda ser manejado, compactado, acabado y proporcionar la resistencia y durabilidad necesaria

Los factores fundamentales que rigen la granulometría deseada de los agregados son: el área superficial del agregado, que determina la cantidad de agua necesaria para mojar todos los cuerpos sólidos; el volumen relativo ocupado por el agregado; la trabajabilidad de la mezcla, y su tendencia a la segregación.

Para Neville (1999) la granulometría es un factor importante en la trabajabilidad de la mezcla de concreto. A su vez, la trabajabilidad, afecta las cantidades de agua y cemento, controla la segregación, ejerce cierto efecto en el sangrado e influye en la colocación y el acabado del concreto. Esos factores representan las características importantes del concreto fresco y también afecta sus propiedades cuando ya ha fraguado: resistencia, contracción y durabilidad.

Tamaño máximo: (NTP 400.037)

Correspondiente al menor tamiz por el que pasa todo el agregado tamizado.

Tamaño máximo nominal: (NTP 400.037)

Correspondiente al menor tamiz que produce el primer retenido.

### ***Agregado grueso***

Rivva (2007), en el libro “Tecnología del Concreto. Diseño de mezclas”, el agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava. Este agregado puede ser de grava natural o triturada o piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales.

El agregado grueso debe estar conformado por partículas limpias, libres de impurezas, tierra, polvo, limo, humus, materia orgánica, sales u otras sustancias nocivas, pudiendo ser preferentemente de formas angulares o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa (Neville, 1999).

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más de 6% del agregado que pasa la malla ¼”. El tamaño máximo del agregado a tomar será:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó
- 1/3 de la altura de las losas ó
- ¾ del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.





Figura 1: Agregado grueso  
Fuente: Internet

### ***Agregado fino***

Se define como agregado fino a aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, la más usada es la arena, de desintegración de rocas; también debe cumplir con la norma NTP-400.037 y requiere una granulometría uniforme. El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla (Neville, 1999).

Sus partículas deben ser limpias, de perfil angular de preferencia, ser partículas duras, compactas y resistentes. Libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.



Figura 2: Agregado fino  
Fuente: Internet

### ***Cemento***

Gonzales (1987), sostiene que el cemento Portland es un producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual del sulfato de calcio. Admitiéndose la adición de otros productos que no excedan el 1 % en peso total, siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante.

### Composición Química:

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

Tabla 1: Componentes Químicos del Cemento

<b>%</b>	<b>COMPONENTE QUIMICO</b>	<b>PROCEDENCIA USUAL</b>
<b>95 % &lt;</b>	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, pirita
<b>5% &lt;</b>	Oxido de Magnesio, Sodio, Potasio, titanio, azufre, Fosforo y magnesio	Minerales Varios

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2: Porcentajes de Compuestos Químicos del Cemento

<b>COMPUESTO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>CaO</b>	61 % - 67 %
<b>SiO<sub>2</sub></b>	20 % - 27 %
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4 % - 7 %
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2 % - 4 %
<b>SO<sub>3</sub></b>	1 % - 3 %
<b>MgO</b>	1 % - 5 %
<b>K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O</b>	0.25 % - 1.5 %

Fuente: Elaboración Propia

En la NTP 334.009, se reconocen 6 tipos de cementos estándar:

- Tipo I: De uso general que no requiere propiedades especiales especificadas, para cualquier otro tipo.
- Tipo II: De uso general, específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo II (MH): De uso general, específicamente cuando se desea moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo III: Para ser usado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para ser usado cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para ser usado cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

En la NTP 334.090, para los tipos de cementos adicionados, se indica:

- Cementos adicionados binarios: Cemento adicionado hidráulico que contiene Cemento Portland y cemento de escoria, o cemento Portland y puzolana.
- Cementos adicionados ternarios: Contiene cemento Portland combinado con dos puzolanas diferentes, o cemento Portland con cemento escoria y una puzolana, una puzolana y una caliza o cemento de escoria y una caliza.

#### ***Agua para mezclas de concreto y curado:***

El agua de concreto utilizada en la preparación de la mezcla y para el curado de concreto debe ser aquella que cumpla lo establecido en la NTP 339.088. Debe ser de preferencia agua potable y no debe emplear aguas ácidas, con cal, minerales o carbón, ni ser aguas provenientes de relaves, ni con contenido de residuos minerales o industriales, tampoco aguas con contenido de sulfatos mayores a 1%, ni aguas con algas o materia orgánica, humus o desagües y tampoco agua con azúcar o sus derivados. Las aguas deben estar libres de cantidades significativas de sales de sodio o potasio disueltas.

En el caso de aguas naturales no potables, se puede usar si:

- a) Son limpias y libres de contenido perjudicial de aceite, ácido, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias nocivas al concreto y acero de refuerzo.
- b) Las proporciones se basan en los ensayos de resistencia en compresión y son similares a muestras de agua potable.
- c) La calidad del agua debe cumplir estos estándares:

Tabla 3: Cantidades máximas permitidas de elementos en el agua

Elementos	Cantidades permitidas	Máximas
Cloruro	300 ppm	
Sulfatos	300 ppm	
Sales de magnesio	150 ppm	
Sales solubles totales	1500 ppm	
PH	Mayor a 7	
Sólidos en suspensión	1500 ppm	
Materia Orgánica	10 Ppm	

Fuente: Digesa - Minsa

En el caso del agua de mar se puede usar bajo la recomendación de que la mezcla contenga cemento mínimo de 350 kg/m<sup>3</sup>; una relación agua/cemento máximo de 0.5; consistencia plástica y recubrimiento al acero de refuerzo no menor de 70mm. Y se prohíbe el uso de la misma en concreto pre esforzado concreto con resistencia mayor de 175kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, concretos donde están embebidos aluminio o de fierro galvanizado, concretos vaciados en climas cálidos, concretos con acabado superficial importantes, concretos expuestos y concretos cara vista.

### ***Cáscara de Huevo***

La cáscara constituye la cubierta protectora del huevo, la pared que le defiende de la acción de los agentes externos, y el medio a través del cual pueden realizarse intercambios gaseosos y líquidos con el ambiente que le rodea. La cáscara representa entre el 9 – 12 % del peso del huevo, lo que haría unos 5 – 7 gramos, según las razas de donde procede; y se compone principalmente de sustancias minerales, entre las cuales el Carbonato de calcio (94.0%) es una de las más importantes como componente estructural. Existen otros principios minerales en la cáscara, pero en muy pequeñas cantidades, tales como el Fosfato tricálcico y el Carbonato de magnesio (Valdés, 2009).

Composición:

Tabla 4: Composición nutricional del polvo de Cáscara de huevo

Composición nutricional del polvo de cáscara de huevo por cada 100 g.	
Agua	0,5 g
Proteína	2,1 g
Ceniza	96,9 g
Calcio	38 mg
Potasio	41,6 mg
Sodio	87 mg
Fósforo	99,3 mg
Hierro	0,5 mg
Magnesio	375 mg

Fuente: Soto & Argumedo (2014)

Producción de huevo de gallina para consumo en el Perú

En el mes de referencia, la producción de huevo de gallina para consumo alcanzó las 35 mil toneladas, incrementándose en 2,0% respecto a lo obtenido en el mes de diciembre del año 2016; conforme se observa en la figura 3 y tabla N° 5

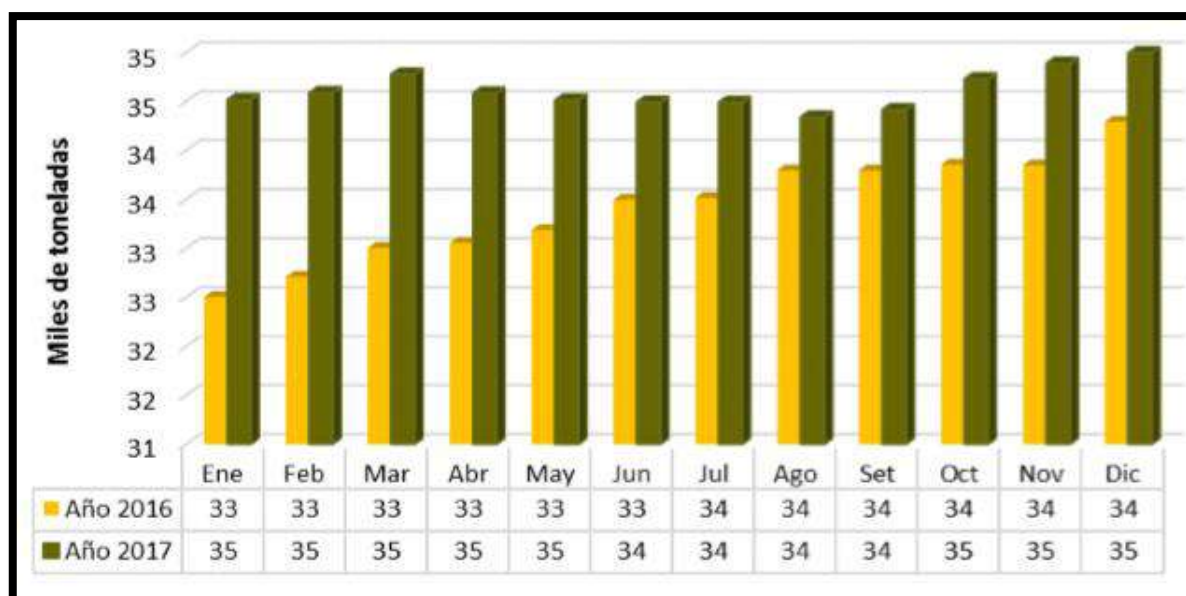


Figura 3: Producción de huevo de gallina para consumo en el Perú

Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria

Tabla 5: Producción de Huevo de Gallina para consumo en el Perú

Meses	Producción de huevo (Miles de Toneladas)		
	2016	2017	Var. %
<b>Ene-Dic</b>	<b>401,0</b>	<b>415,3</b>	<b>3,6</b>
<b>Ene</b>	32,5	34,5	6,2
<b>Feb</b>	32,7	34,6	5,7
<b>Mar</b>	33,0	34,8	5,4
<b>Abr</b>	33,1	34,6	4,6
<b>May</b>	33,2	34,5	4,0
<b>Jun</b>	33,5	34,5	3,0
<b>Jul</b>	33,5	34,5	2,9
<b>Ago</b>	33,8	34,3	1,6
<b>Set</b>	33,8	34,4	1,8
<b>Oct</b>	33,9	34,7	2,6
<b>Nov</b>	33,8	34,9	3,1
<b>Dic</b>	34,3	35,0	2,0

Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria

#### **Peso de un huevo:**

Un huevo de gallina pesa, término medio, 53 g de los cuales 6 g son de cáscara, 31 g de clara y 16 g de yema. El 11.32% del peso es Cáscara de huevo; Según la tabla 5, a nivel nacional se tiene 47011 Toneladas de Cáscara de huevo aptas para reutilizar.

#### **Consumo per cápita de huevo en Perú:**

El huevo es un alimento sano y muy completo. El peruano/a lo tiene como ingrediente importante de su canasta familiar con un consumo promedio per cápita de 6 kilos 600 gramos al año o de 600 gramos al mes(INEI).

En Huaraz el consume es de 7.5 kg/Persona/año.

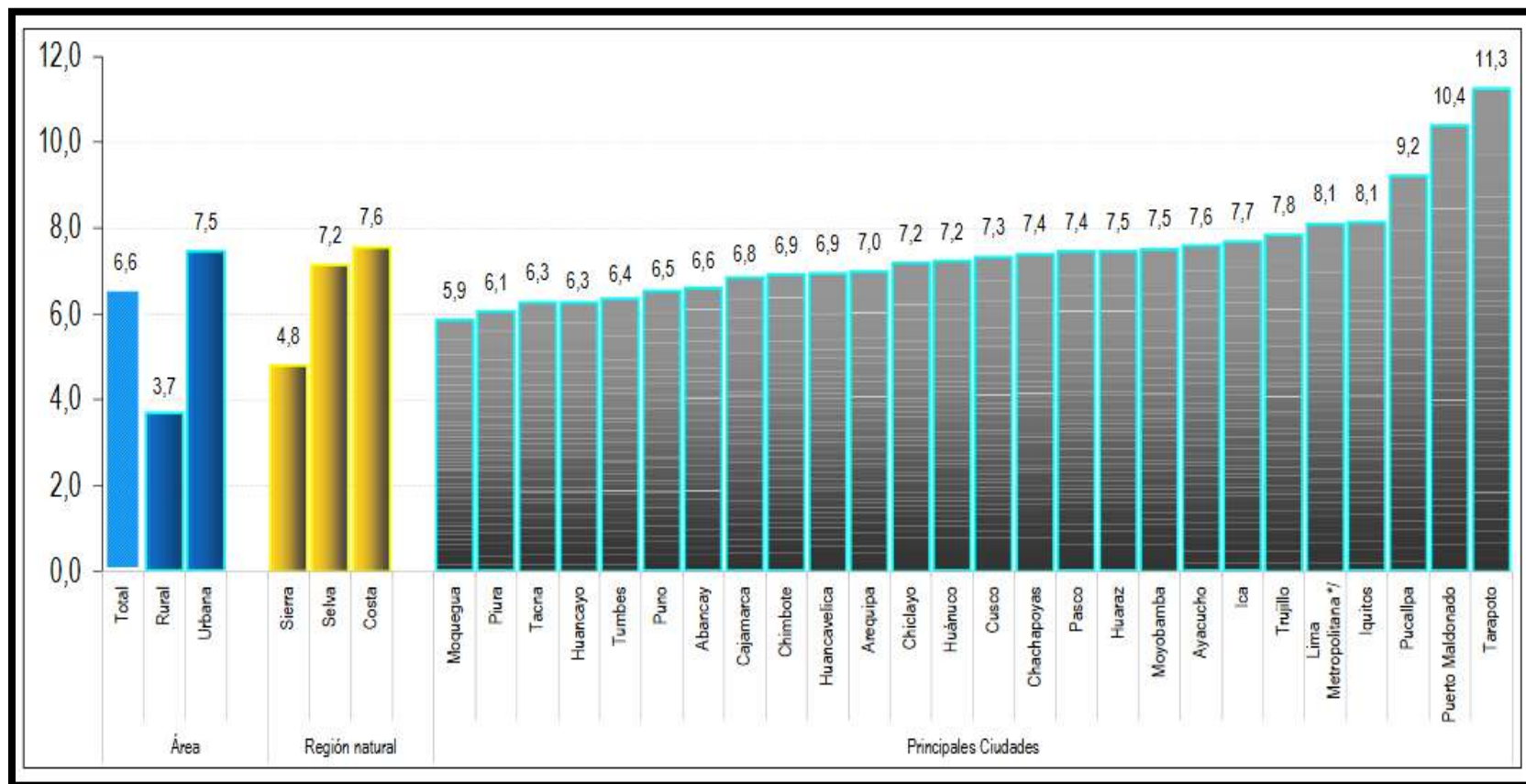


Figura 4: Consumo promedio per cápita anual de huevo de ave en el Perú (kg/persona)

Fuente: INEI 2008 -2009

Actualmente solo en Huaraz hay 137000 habitantes los cuales consumirían 1,027500 kg de Huevo Produciendo un residuo de 116313Kg de Cáscara de Huevo al año.

## **Eucalipto “Eucalyptus”**

### **Caracterización**

El eucalipto o eucaliptus (*Eucalyptus*) es un género de árboles (y algunos arbustos) de la familia de las mirtáceas. En la actualidad se encuentran distribuidos por gran parte del mundo y debido a su rápido crecimiento frecuentemente se emplean en plantaciones forestales para la industria papelera, maderera o para la obtención de productos químicos, además de su valor ornamental.

Árbol magnífico, espectacular y de elevada talla, llega a alcanzar los 70 m de altura y los 2 m de diámetro en nuestro país, aunque normalmente supera los 50 m de altura y los 1,50 m de diámetro medido a 1,30 m de altura sobre el suelo (denominada “altura normal” o “altura del pecho”).

Se caracteriza y reconoce fácilmente por su corteza, que se desprende en tiras que, tras permanecer colgado del árbol durante un cierto tiempo, acaban por caer al suelo tras las ventoleras, dejando ver al exterior una nueva corteza de color blanco-plateado o azulado-pruinoso.

Una de sus características más llamativas es su “heterofilia”, es decir el hecho de presentar en el mismo árbol distintos y diferentes sus hojas jóvenes (opuestas, dentadas y acorazonadas) respecto de las adultas (alternas, pecioladas, falciformes y acuminadas). Las hojas que se agrupan agolpadas en los extremos de las ramillas, producen una copa de aspecto poco frondoso. Contienen abundantes aceites esenciales, usados en la industria química y farmacéutica y en confitería, por lo que suelen destilarse tras los cortes cuando éste aprovechamiento económico resulta rentable. Tienen cualidades medicinales, usándose en las enfermedades de las vías respiratorias (Sierra y Selva Exportadora).



## Composición

Los componentes del eucalipto son los siguientes (BOTANICAL ONLINE):

- Aceite esencial de eucalipto (1-3.5%): cineol o eucaliptol(70-85%), alfa – pineno, d-limoneno, p-cimeno, etc.
- Ácidos: Clorogénico, elágico (corteza) cafeico, elágico, ferúlico, gálico, gentisico(hojas)
- Flavonoides: eucaliptina, hiperosido quercetrina, rutina.
- Taninos

## Propiedades

- Físicas

Tabla 6: Propiedades físicas del eucalipto

DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	VERDE	SECA AL AIRE	ANHIDRA	BASICA
	1.16	0.73	0.7	55
CONTRACCION NORMAL (%)	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMETRICA	T/R
	10.8	4.4	15.2	2.45
CONTRACCION TOTAL (%)	14.2	6.7	20.9	2.11

Fuente: <http://mueblesdomoticos.blogspot.pe/2014/04/el-eucalipto-usoscaracteristicas-y.html>

- Mecánicas

Tabla 7: Propiedades mecánicas del eucalipto

CONDICION	FLEXION ESTATICA			COMPRESION				
				PARALELA			PERPENDICULAR	
	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE x 103 (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE x 103 (kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )
VERDE + 30%	383	702	104	232	288	----	58	----
SECO AL AIRE 12%	509	1068	138	337	470	----	80	----

ELP: Esfuerzo en el límite proporcional

MOR: Módulo de ruptura

MOE: Módulo de elasticidad

Fuente: <http://mueblesdomoticos.blogspot.pe/2014/04/el-eucalipto-usoscaracteristicas-y.html>

La distribución de las plantaciones de eucalipto en nuestro país, en donde se puede apreciar que en la sierra y selva centrales se ubica la mayor concentración, es otro punto favorable para el proyecto. La figura N°5 muestra esta distribución, el cual está compuesto aproximadamente un 90% por *Eucalyptus Globulus* y lo restante por *Eucalyptus Camaldulensis* y *Eucalyptus Viminalis* (Fernández, 2008).

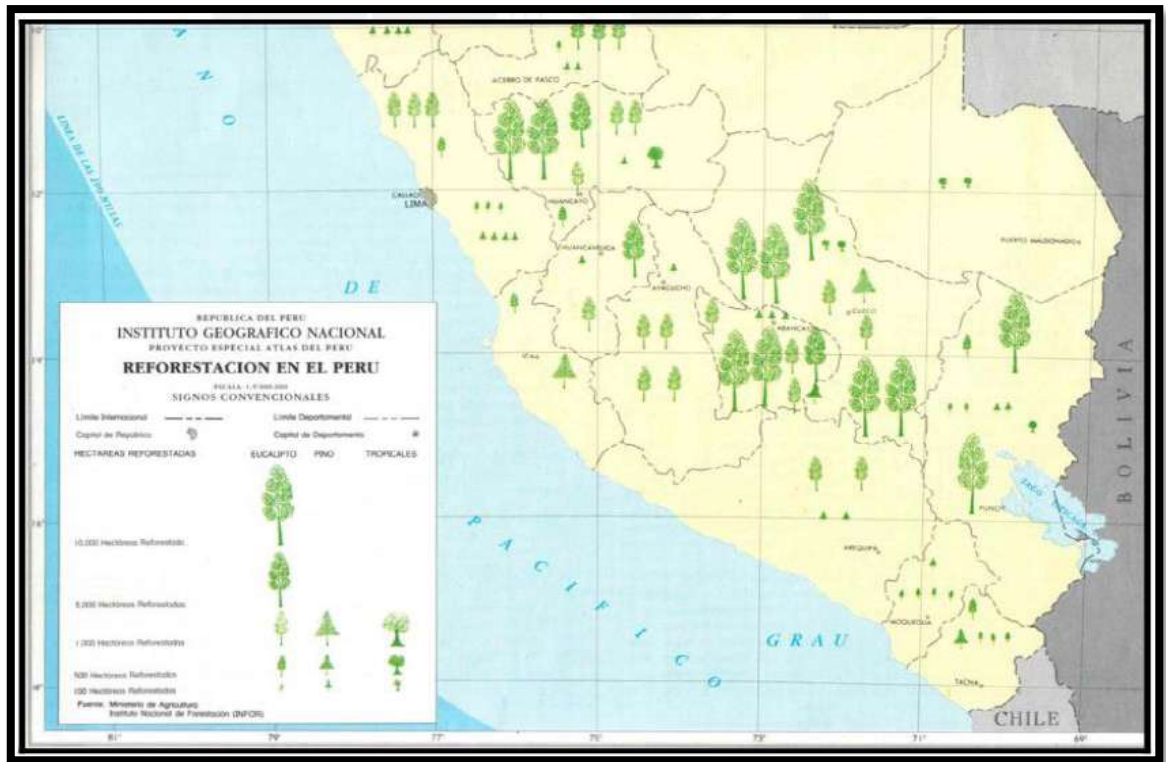


Figura 5: Distribución de las plantaciones de eucalipto en el Perú  
Fuente: Fernández (2008)

A continuación se muestra en la Figura N° 6, las 10 especies forestales con mayor volumen en la Región Sierra de nuestro Perú (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre , 2017).



Figura 6: Especies Forestales con mayores volúmenes en la sierra  
Fuente: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre 2017

En la región Sierra se han plantado más de 725 000 ha principalmente de *Eucalyptus* sp. y de *Pinus* sp. en los departamentos de Cusco, Cajamarca, Áncash, Junín, Apurímac y Ayacucho (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, 2017).

El proceso de realizar la Operacionalización de Variable, consiste en determina las variables tanto dependiente como independiente, su definición conceptual, operacional y mostrar su indicador.

**Variable Dependiente:**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$

Tabla 8: Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de	La resistencia a la compresión del concreto se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia

### Variable Independiente:

Sustitución polvo de Cáscara de huevo y cenizas de hoja de eucalipto

Tabla 9: Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución por la combinación de polvo de Cáscara de huevo y cenizas de hoja de eucalipto	Polvo de Cáscara de huevo: producto de la pulverización, que contiene calcio y tiene características similares al cemento	10% (7.5% polvo de Cáscara de huevo + 2.5% ceniza de hoja de eucalipto)
	Cenizas de hojas de eucalipto: subproducto de calcinación con características puzolánicas.	16% (12% polvo de Cáscara de huevo + 4% ceniza de hoja de eucalipto)

Fuente: Elaboración Propia

**Se planteó la siguiente Hipótesis:** La sustitución del 10% y 16% de cemento por una combinación de polvo de cáscara de huevo y ceniza de hojas de eucalipto aumentará la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Dentro de los objetivos se planteó como **Objetivo General:** Determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de polvo de Cáscara de huevo y ceniza de hojas de eucalipto.

Y como **Objetivos Específicos:**

Activar Mecánicamente la Cáscara de huevo.

Determinar la composición química del polvo de Cáscara de huevo por el Método de Fluorescencia de Rayos X.

Determinar la composición de óxidos por el Método de Fluorescencia de Rayos X de la ceniza de hoja de eucalipto.

Determinar el PH de las cenizas obtenidas y cenizas en mezcla de concreto.

Determinar la Relación Agua-Cemento del concreto  $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ ,

Determinar y comparar los resultados de la Resistencia a la Compresión del concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días.

## II. Metodología del Trabajo

El Tipo y diseño de investigación, según el proceso, fue una investigación aplicada, porque la investigación estuvo orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer la resistencia del concreto por la sustitución de 10% y 16% de cemento por una combinación de polvo de Cáscara de huevo al 12% - 7.5% y ceniza de hojas de eucalipto al 4% - 2.5%, en la resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

En coherencia con el fin de la ciencia, fue una Investigación explicativa porque los datos de la investigación fueron obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Se utilizó la experimentación.

La Población y muestra, Conjunto de probetas con diseño capaz cumplir las condiciones de resistencias indicadas de acuerdo a las normas técnicas peruanas. Para este estudio se trabajó con una muestra de 27 probetas con  $f'c= 210$ kg/cm<sup>2</sup> de, 9 probetas patrón, 9 probetas experimentales con sustitución del 12 % de PCH y 4% de CHE y 9 probetas experimentales con sustitución del 7.5 % de PCH y 2.5% de CHE. Para la elaboración de las unidades de estudio se utilizaron las siguientes referencias: Polvo de Cáscara de Huevo, Ceniza de Hoja de eucalipto, Agregados naturales de la cantera de “Tallán”, Cemento portland Tipo I de la marca “Sol”.

Todos los materiales fueron llevados en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad, además se usó el Cemento portland Tipo I de la marca “Sol”.

Las Técnicas e instrumentos de investigación utilizados, son las que se muestra en la tabla.

Tabla 10: Técnicas e instrumentos de investigación

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	- Guía de observación Resumen. - Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.


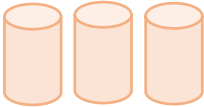



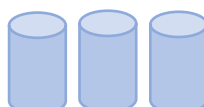



Fuente: elaboración Propia

Sobre el Diseño de Investigación, fue un diseño experimental del tipo en *bloque completo al azar*, porque estudiaremos el diseño del concreto

$f'_c=210\text{kg/cm}^2$  convencional en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución de un porcentaje de PCH y CHE. El estudio en su mayor parte se centró en los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos, de acuerdo a lo planeado en los objetivos.

El Bloque Completo Al Azar, el diseño experimental de Bloque completo al azar, tiene la siguiente configuración:

Tabla 11: Bloque Completo Al Azar

Edades de ensayo (Días)	"Resistencia de un concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una Combinación de Cáscara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto"		
	Patrón	(7.5% PCH y 2.5% CHE)	(12% PCH y 4% CHE)
7			
14			
28			

Fuente: Elaboración Propia

Sobre el Procesamiento y análisis de la información, los datos recolectados, mediante el método de la experimentación, y para el procesamiento de los datos se usó el software Excel v 2016. Se muestran cuadros y figuras que resumen datos para obtener la información final. Además del software IBM SSPS V21.

Se analizó los datos mediante promedios, varianzas y la prueba de hipótesis se realizará con el método ANOVA (ANalysis Of VAriance).

### III. Resultados

El proceso de Activación Mecánica y Caracterización de la Cáscara de huevo por Molido y Fluorescencia de Rayos X respectivamente, se realizó una secuencia, desde la obtención de la Cáscara de huevo, hasta la obtención de Polvo de Cáscara de Huevo (PCH), para que se obtengan las características necesarias: Recolección, Limpieza, Molido, Tamizaje, *Fluorescencia de Rayos X*.

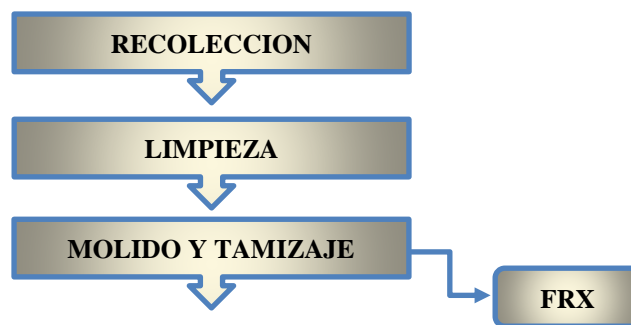


Figura 7: Secuencia para obtener Polvo de Cáscara de Huevo  
Fuente: Elaboración Propia

La Recolección de la cáscara de huevo se puede dar, en todos los domicilios consumidores de huevo de ave, ya que estas no son reutilizadas y son desperdicio en su mayoría.



Figura 8: Cáscara de huevo recolectada  
Fuente: Elaboración Propia

La limpieza de la cáscara de huevo se puede realizar manualmente, para separar las impurezas y membranas ajenas al proyecto.





Figura 9: Proceso de Limpieza de la Cáscara de huevo

Fuente: Elaboración Propia

1: Selección de Cáscara de huevo; 2: Lavado, separación de impurezas y membranas ajenas; 3: Cáscara de huevo limpia; 4: Secado de la Cáscara de huevo.

En el Molido y Tamizado, de las Cáscara de huevos, debido a que el tamaño de las partículas no es adecuado, pues un tamaño menor influye en la reactividad de la Cáscara de huevo, es decir cuanto más fina sea la Cáscara de huevo será más reactiva. La molienda se puede realizar en un molino de granos CORONA o manual usando el mortero y pilón. Para la investigación, se usó molino de granos CORONA y se logró un tamaño de las partículas que pudieron ser tamizadas por la malla N° 200, alcanzando de esta manera tamaños menores a los  $75\mu\text{m}$ .





Figura 10: Molido y Tamizaje de Cáscara de huevo  
Fuente: Elaboración Propia

Los tipos de Polvo de Cáscara de Huevo, permite realizar un comparativo, del porcentaje y peso perdido, y las características físicas, el comparativo es de una muestra de 10000 gr, lo cual corresponde a la muestra inicial, de una muestra estudiada en el proceso:

Tabla 12: Comparativo de Características de la Cáscara de huevo

	<b>Cáscara de Huevo Natural</b>	<b>Cáscara de Huevo Molida</b>	<b>Cáscara de Huevo Tamizada</b>
<b>Peso</b>	10000 gr	9500 gr	4850 gr (48.5%)
<b>Porcentaje Restante</b>	100%	95% (de 10000 gr)	51.1% (De 9500 gr)
<b>Porcentaje Perdido</b>	0%	5%	51.5%
<b>Color</b>	Pardo	Blanco hueso	Blanco perla
<b>Aspecto</b>		Polvo	Polvo fino
<b>Tamaño</b>	< 4 cm	< 1 mm	< 75 um
<b>Malla que pasa</b>			N° 200

Fuente: Elaboración Propia

La determinación de la composición química fue mediante el ensayo de Fluorescencia de Rayos X, se logró saber el contenido y porcentaje de óxidos de la muestra de cáscara de huevo molido, ensayo realizado en la Universidad

Nacional Mayor de San Marcos, en el Laboratorio de Arquimetría de la Facultad de Ciencia Físicas.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE, de Marca Amptek con ánodo de oro, de voltaje de operación de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon en intervalo de 300s, utilizando 2048 canales, los ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X =4 cm y distancia de muestra a detector = 2 cm. Y la tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6810 cts/s.

La composición química de Óxidos presentes en la muestra de cáscara de huevo molido enviada al laboratorio, se determina mediante porcentajes:

Tabla 13: Análisis químico de Cáscara de huevo molido. Porcentaje de óxidos

<b>Formula</b>	<b>Nombre de Oxido</b>	<b>Porcentaje</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trióxido de Aluminio	10.17%
SiO <sub>2</sub>	Dióxido de Silicio	0.14%
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Azufre	0.57%
ClO <sub>2</sub>	Dióxido de Cloro	0.13%
K <sub>2</sub> O	Oxido de Potasio	0.09%
CaO	Oxido de Calcio	88.29%
TiO	Oxido de Titanio	0.01%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trióxido de Hierro	0.03%
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trióxido de Diníquel	0.01%
CuO	Oxido de Cobre	0.01%
ZnO	Óxido de Zinc	0.01%
SrO	Oxido de Estroncio	0.27%
ZrO <sub>2</sub>	Dióxido de Zirconio	0.01%
CdO	Oxido de Cadmio	0.28%
		100%

Fuente: Informe N°113-LAQ/2018- Análisis FRXDE\_ Fac. Ciencias Físicas- UNMSM



Figura 11: Espectro de FRXDE de Cáscara de Huevo molido  
 Fuente: Informe N°113-LAQ/2018- Análisis FRXDE\_ Fac. Ciencias Físicas- UNMSM

**La Caracterización la Ceniza de Hoja de Eucalipto** por Análisis térmico diferencial (DTA), se realizó una secuencia, desde la obtención de la hoja de eucalipto, hasta la obtención de ceniza de hoja de eucalipto en el pre - quemado, para poder determinarlo mediante el Análisis térmico diferencial (DTA), la temperatura y tiempos adecuados para realizar la calcinación de la ceniza de hoja de eucalipto, para que se obtengan las características puzolánico necesarias. La secuencia es la siguiente: Recolección, Pre-quemado, *Análisis térmico diferencial*, Quemado, Tamizado, *Fluorescencia de Rayos X*.

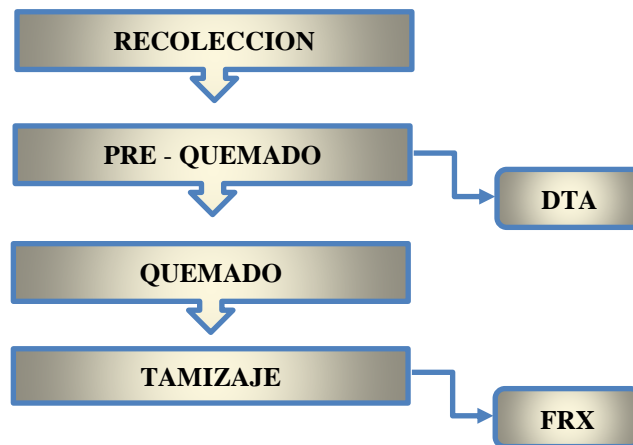


Figura 12: Secuencia para obtener ceniza de hoja de eucalipto  
Fuente: Elaboración propia

La Recolección de la hoja de eucalipto se puede dar, de manera directa, hojas sobrantes de del proceso de talado de Eucalipto.



Figura 13: Recolección de Eucalipto  
Fuente: Elaboración propia

El Pre-quemado, se realizó previo al pre-quemado, una disminución del volumen de la hoja, cortándola en menores tamaños, para poder quemar mayor cantidad de ella.



Figura 14: Pre - quemado de hoja de eucalipto  
Fuente: Elaboración propia

La hoja de eucalipto fue sometida al ensayo de Análisis térmico diferencial (ATD), que permite verificar mediante una activación térmica, la temperatura y tiempo en que la muestra de ceniza tiene una reacción exotérmica, coincidente con la producción de puzolanas, como hacen referencia estudios anteriores, temperaturas superiores a 500° logran procesos más adecuados. Los ensayos realizados conjuntamente fueron el Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA y Análisis Termogravimétrico TGA.

El equipo utilizado fue un Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DS, de capacidad Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, que cumple con normas ASTM ISO

11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765 y Tasa de calentamiento: 20°C/min, Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min, Rango de Trabajo: 25 – 900°C. y la cantidad de muestra analizada: 11.8 mg.





Figura 15: Ceniza Pre – quemada  
Fuente: Elaboración Propia

En el Análisis Termo gravimétrico (TGA), se evaluó la pérdida de masa de acuerdo al tiempo y temperatura, se concluye que a la temperatura de seguridad para calcinar las cenizas está entre 700°- 800°, se tomó 750° para la investigación. El tiempo de calcinación de la muestra, de acuerdo a los resultados, los cambios estructurales de la ceniza se dan alrededor de 1 hora y por lo que se tomó una hora para esta investigación.

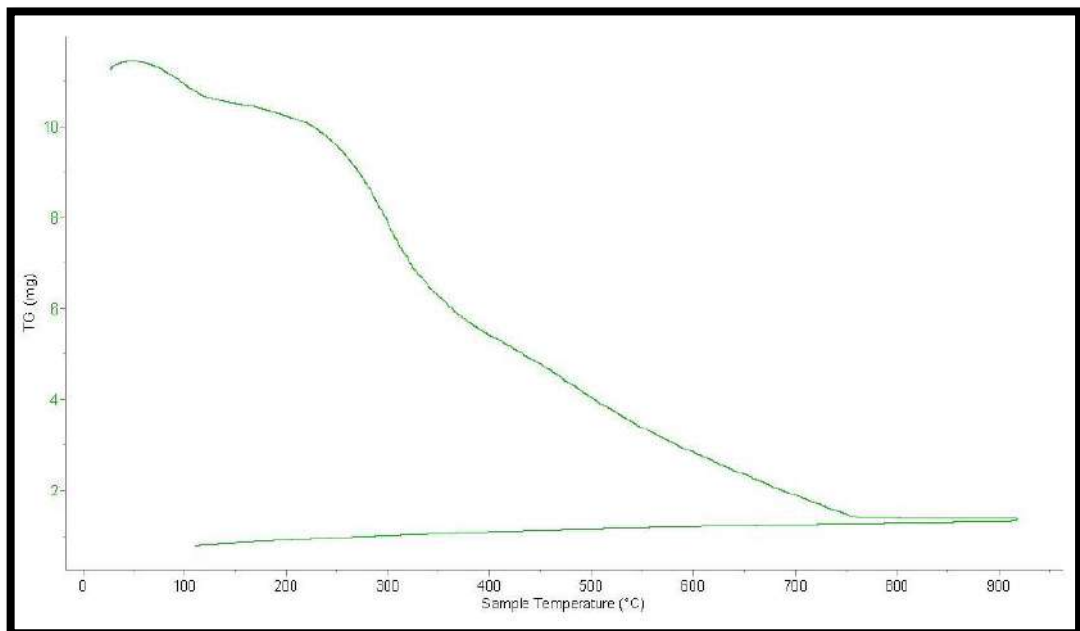


Figura 16: Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico  
Fuente: Informe N° 164/2018 – ATD\_Fac. Ingeniería - UNT

En el Análisis Térmico Diferencial (DTA), se mide las transiciones endo y exotérmicas en función a la temperatura la curva muestra algunos picos endotérmicos a baja temperatura, las primeras a aproximadamente 100°C y 200°C y otras a mayor temperatura, es decir a 390 y 450°C. Posteriormente a mayor temperatura se presenta una absorción fuerte de calor en torno a 800°C., lo que podría demostrar gran posibilidad de existir algún cambio estructural del material. Se concluye que existen reacciones exotérmicas hasta los 800°, luego de lo cual decae, lo que implica un cambio estructural de las cenizas, lo cual ya no es recomendable.

Los procedimientos de TDA, se realizaron en el Laboratorio de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

En el quemado, se realizó el quemado en el horno mufla, a la temperatura de 750° y por espacio de 1 hora. Este paso se realiza para activar térmicamente a la Ceniza de Hoja de Eucalipto (CHE), logra eliminar el carbono presente en el material y llevarlo a la formación de las fases vítreas. Se efectuó el quemado en el horno propio de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, en la Facultad de Ciencias Agrarias. Posteriormente del quemado se procede al enfriado, el cual se efectúa al aire libre fuera de la mufla. En el proceso de quemado la masa de la CHE disminuye considerablemente, lo cual es visible al sacar la ceniza de la mufla para el enfriamiento. Siguiendo al enfriado es tiempo de realizar el tamizado correspondiente para alcanzar el tamaño de partículas semejantes al cemento, del cual serán sustitutos



Figura 17: Proceso de quemado de la hoja de eucalipto  
Fuente: Elaboración propia

En el Tamizado de las cenizas obtenidas debido a que el tamaño de las partículas en su minoría no es adecuado, pues un tamaño menor influye en la reactividad de la ceniza, es decir cuanto más fina sea la ceniza será más reactiva. Pudieron ser tamizadas por la malla N° 200, alcanzando de esta manera tamaños menores a los 75 $\mu$ m.



Figura 18: Tamizaje de Ceniza de Hoja de Eucalipto  
Fuente: Elaboración Propia

Se puede notar, las distintas texturas que ofrece la ceniza en los distintos pasos seguidos, y la semejanza con el cemento, luego del molido





Figura 19: Apariencia de las cenizas en distintas etapas

Fuente: Elaboración propia

1: Ceniza del pre - quemado, 2: Ceniza del quemado en mufla y 3: Ceniza pasada por el tamiz N° 200

Los tipos de ceniza obtenidos, permite realizar un comparativo, del porcentaje y peso perdido, y las características físicas, el comparativo es de una muestra de 5000 gr, lo cual corresponde a la muestra inicial, de una muestra estudiada en el proceso:

Tabla 14: Comparativo de características de la Ceniza de Hoja de Eucalipto

	<b>Hoja de Eucalipto Natural</b>	<b>Ceniza Pre - quemada</b>	<b>Ceniza Quemada</b>	<b>Ceniza Tamizada</b>
<b>Peso</b>	4000 gr	360 gr	200 gr (5%)	
<b>Porcentaje Restante</b>	100%	9% (de 4000gr)	55.6% (De 360 gr)	
<b>Porcentaje Perdido</b>	0%	91%	95%	
<b>Color</b>	Verde azulado	Gris oscuro	Gris	Gris claro
<b>Aspecto</b>		Partículas gruesas	Polvo	Polvo fino
<b>Tamaño</b>		< 4 cm	< 1 mm	< 75 um
<b>Malla que pasa</b>				N° 200

Fuente: Elaboración Propia

**La determinación de la composición de óxidos mediante el ensayo de Fluorescencia de Rayos X**, se logró saber el contenido y porcentaje de óxidos de la muestra de ceniza de hoja de eucalipto, ensayo realizado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en el Laboratorio de Arquimetría de la Facultad de Ciencia Físicas.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE, de Marca Amptek con ánodo de oro, de voltaje de operación de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon en intervalo de 300s, utilizando 2048 canales, los ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X =4 cm y distancia de muestra a detector = 2 cm. Y la tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 4990 cts/s.



Figura 20: Espectrómetro de Rayos X - Marca Amptek  
Fuente: Internet

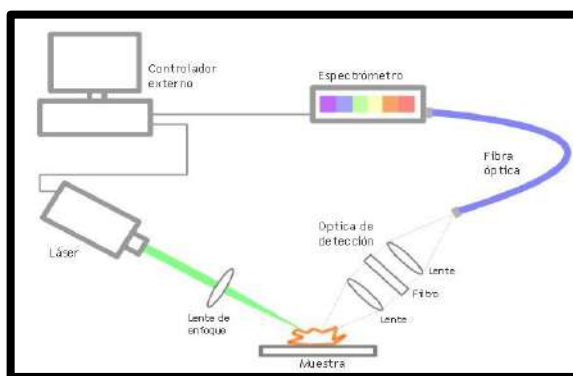


Figura 21: Espectrómetro de Rayos X – Método  
Fuente: Internet

La composición química de Óxidos presentes en la muestra de ceniza de hoja de eucalipto enviada al laboratorio, se determina mediante porcentajes:

Tabla 15: Análisis químico de la Ceniza de Hoja de Eucalipto. Porcentaje de óxidos

<b>Formula</b>	<b>Nombre de Oxido</b>	<b>Porcentaje</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trióxido de Aluminio	5.21%
SiO <sub>2</sub>	Dióxido de Silicio	6.72%
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Azufre	1.58%
ClO <sub>2</sub>	Dióxido de Cloro	4.86%
K <sub>2</sub> O	Oxido de Potasio	18.81%
CaO	Oxido de Calcio	61.25%
TiO	Oxido de Titanio	0.14%
MnO	Oxido de Manganeso	0.42%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trióxido de Hierro	0.77%
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trióxido de Diníquel	0.01%
CuO	Oxido de Cobre	0.02%
ZnO	Óxido de Zinc	0.09%
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trióxido de arsénico	0.02%
Rb <sub>2</sub> O	Oxide de Rubidio	0.01%
SrO	Oxido de Estroncio	0.10%
ZrO <sub>2</sub>	Dióxido de Zirconio	0.01%
		100%

Fuente: Informe N° 112-LAQ/2018 – Análisis FRXDE\_Fac. Ciencias Físicas – UNMSM

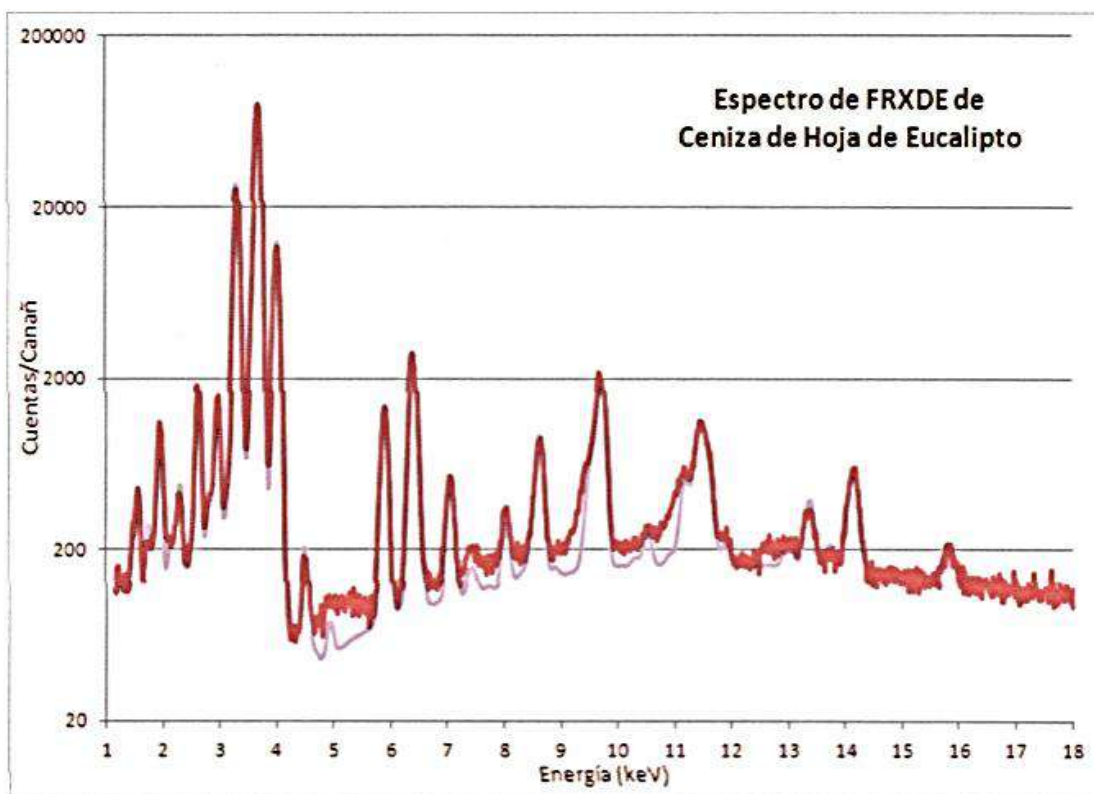


Figura 22: Espectro de FRXDE de Ceniza de Hoja de Eucalipto  
Fuente: Informe N°112-LAQ/2018- Análisis FRXDE\_ Fac. Ciencias Físicas- UNMSM

En la determinación del PH de las cenizas obtenidas, polvo de Cáscara de huevo y mezcla de cenizas y Cáscara de huevo en mezcla de concreto; se determinó el Potencial Hidrógeno para las muestras de ceniza calcinada a 750° (CHE) al 100%, denominada **Muestra Ceniza de hoja de Eucalipto**; para la muestra de Cáscara de Huevo (PCH) al 100%, denominada **Muestra Cáscara de Huevo**; para la muestra de Cemento Sol tipo I al 100% denominada **Cemento**; la combinación de 90% de cemento (Sol Tipo I) y 10% de la combinación (7.5% PCH + 2.5%CHE), denominada **Muestra de Cemento + 10% de combinación (7.5% Cáscara de huevo + 2.5% Ceniza de Hoja de Eucalipto)**; la combinación de 90% de cemento (Sol Tipo I) y 10% de la combinación (7.5% PCH + 2.5%CHE), denominada **Muestra de Cemento + 10% de combinación (7.5% Cáscara de huevo + 2.5% Ceniza de Hoja de Eucalipto)**.  
Para la muestra de **Ceniza de hoja de eucalipto** al 100%, se determinó:

Tabla 16: Potencial de Hidrogeno de CHE

Muestra	pH
<b>Ceniza de Hoja de Eucalipto</b>	12.91

Fuente: Ver Apéndice

Para la muestra de **Cáscara de huevo** al 100%, se determinó:

Tabla 17: Potencial de Hidrogeno de PCH

Muestra	pH
<b>Cáscara de Huevo</b>	8.84

Fuente: Ver Apéndice

Para la muestra de **Cemento** al 100%, se determinó:

Tabla 18: Potencial de Hidrogeno de Cemento SOL Tipo I

Muestra	pH
<b>Cemento</b>	12.15

Fuente: Ver Apéndice

Para la muestra de **Ceniza de hoja de eucalipto y Polvo de Cáscara de huevo al 10% + Cemento al 90%**, se determinó:

Tabla 19: Potencial de Hidrogeno de la combinación de (CHE + PCH) al 10% y cemento al 90%

Muestra	pH
<b>Cemento 90% + 10% de combinación (7.5% Cáscara de Huevo + 2.5% Ceniza de Hoja de Eucalipto)</b>	12.13

Fuente: Ver Apéndice

Para la muestra de **Ceniza de hoja de eucalipto y Polvo de Cáscara de huevo al 16% + Cemento al 84%**, se determinó:

Tabla 20: Potencial de Hidrogeno de la combinación de (CHE + PCH) al 16% y cemento al 84%

Muestra	pH
<b>Cemento 84% + 16% de combinación (12% Cáscara de Huevo + 4% Ceniza de Hoja de Eucalipto)</b>	12.08

Fuente: Ver Apéndice

Se concluye que las muestras son fuertemente alcalinas y que, al realizar la mezcla de CHE, PCH y Cemento, se obtiene un pH de similar alcalinidad al del Cemento. Por lo que tienen un pH adecuado para ser trabajados en la investigación.

Para la determinación de la Relación Agua-Cemento del concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , se tomó en cuenta los parámetros del diseño ACI, para el Factor de seguridad, para fines de laboratorio, no contempla el Factor de seguridad. Por lo que el  $f'cr = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , se trabajara con un Slump de 3 a 4", los agregados tienen las siguientes propiedades:

Tabla 21: Propiedades de los Materiales

<b>Cemento</b>	<b>Portland Tipo I</b>			
<b>Peso Específico del Cemento</b>	3.15	gr/cm <sup>3</sup>	CEMENTO SOL TIPO I	
<b>Agua</b>	Agua Potable, Shancayan			
<b>Agregado Fino</b>				
<b>Peso Específico de Masa</b>	2.636	gr/cm <sup>3</sup>	2636.00	kg/m <sup>3</sup>
<b>Absorción</b>	1.59	%		
<b>Contenido de Humedad</b>	5.15	%		
<b>Peso Unitario Suelto</b>	1.596	gr/cm <sup>3</sup>	1596.00	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario Compactado</b>	1.753	gr/cm <sup>3</sup>	1753.00	kg/m <sup>3</sup>
<b>Módulo de Fineza</b>	2.99			
<b>Agregado Grueso</b>				
<b>Peso Específico de Masa</b>	2.661	gr/cm <sup>3</sup>	2661	kg/m <sup>3</sup>
<b>Absorción</b>	1.01	%		
<b>Contenido de Humedad</b>	1.765	%		
<b>Peso Unitario Suelto</b>	1.447	gr/cm <sup>3</sup>	1447.00	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario Compactado</b>	1.572	gr/cm <sup>3</sup>	1572.00	kg/m <sup>3</sup>
<b>Tamaño Máximo Nominal</b>	3/4"			
<b>Módulo de Fineza</b>	3.62			

Fuente: Ver Apéndice

Siguiendo todas las etapas del Método ACI, se determinó:

Tabla 22: Diseño de Mezcla

<b>Mezcla</b>	<b>Cemento</b>	<b>Agregado Fino</b>	<b>Agregado Grueso</b>	<b>Relación a/c</b>
<b>Corregido por Humedad</b>	1	2.99	3.18	0.54

Fuente: Ver Apéndice

Calculando la cantidad de materiales que intervienen para el diseño del concreto patrón:

Tabla 23: Cantidad de materiales para 9 Probetas Patrón

MATERIALES		PESO (kg)	
cemento	≈	301.471	kg/m <sup>3</sup>
agua	≈	161.437	lt/m <sup>3</sup>
agregado fino	≈	900.357	kg/m <sup>3</sup>
agregado grueso	≈	959.847	kg/m <sup>3</sup>
<b>PESO POR VOLUMEN PARA VACIADO</b>			
a) Volumen de una probeta			
Diámetro		6"(0.1524)	m
Altura		12"(0.3048)	m
Volumen		0.0056	m <sup>3</sup>
b) Volumen de concreto para 9 probetas			
Volumen	≈	0.0504	m <sup>3</sup>
Volumen + 15% desperdicio	≈	0.05796	m <sup>3</sup>
c) Peso de cada material para 9 probetas			
MATERIALES		PESO (kg)	
cemento	≈	17.47	kg
agua	≈	9.36	lt
agregado fino	≈	52.18	kg
agregado grueso	≈	55.63	kg

Fuente: Elaboración Propia

Cantidad de materiales que intervienen para el diseño del concreto con sustitución de cemento al 10.00% (7.5% PCH + 2.5% CHE)

Tabla 24: Cantidad de materiales para 9 probetas con sustitución al 10%

MATERIALES		PESO (kg)	
cemento	≈	301.471	kg/m <sup>3</sup>
agua	≈	161.437	lt/m <sup>3</sup>
agregado fino	≈	900.357	kg/m <sup>3</sup>
agregado grueso	≈	959.847	kg/m <sup>3</sup>
<b>PESO POR VOLUMEN PARA VACIADO</b>			
a) Volumen de una probeta			
Diámetro		6"(0.1524)	m
Altura		12"(0.3048)	m
Volumen		0.0056	m <sup>3</sup>
b) Volumen de concreto para 9 probetas			
Volumen	≈	0.0504	m <sup>3</sup>
Volumen + 15% desperdicio	≈	0.05796	m <sup>3</sup>



c) Peso de cada material para 9 probetas			
MATERIALES		PESO (kg)	
cemento	≈	15.73	kg
Cáscara de huevo	≈	1.31	kg
ceniza de hoja de eucalipto	≈	0.44	kg
agua	≈	9.36	lt
agregado fino	≈	52.18	kg
agregado grueso	≈	55.63	kg

Fuente: Elaboración Propia

Cantidad de materiales que intervienen para el diseño del concreto con sustitución de cemento al 16.00% (12% PCH + 4% CHE)

Tabla 25: Cantidad de materiales para 9 probetas con sustitución al 16%

MATERIALES		PESO (kg)	
cemento	≈	301.471	kg/m <sup>3</sup>
agua	≈	161.437	lt/m <sup>3</sup>
agregado fino	≈	900.357	kg/m <sup>3</sup>
agregado grueso	≈	959.847	kg/m <sup>3</sup>
PESO POR VOLUMEN PARA VACIADO			
a) Volumen de una probeta			
Diámetro		6"(0.1524)	m
Altura		12"(0.3048)	m
Volumen		0.0056	m <sup>3</sup>
b) Volumen de concreto para 9 probetas			
Volumen	≈	0.0504	m <sup>3</sup>
Volumen + 15% desperdicio	≈	0.05796	m <sup>3</sup>
c) Peso de cada material para 9 probetas			
MATERIALES		PESO (kg)	
cemento	≈	14.68	kg
Cáscara de huevo	≈	2.10	kg
ceniza de hoja de eucalipto	≈	0.70	kg
agua	≈	9.36	lt
agregado fino	≈	52.18	kg
agregado grueso	≈	55.63	kg

Fuente: Elaboración Propia

En el Análisis, comparación e interpretación de los resultados de la Resistencia a la Compresión del Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días, para cumplir este objetivo, se deben cumplir los siguientes pasos:

*Elaboración de Probetas de Concreto Patrón*, se sigue el flujograma de producción de Concreto patrón.

*Elaboración de probetas de Concretos Experimentales*: similar al concreto patrón.

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días*, ensayo de compresión a las probetas patrón y experimentales.

*Análisis, Comparación e Interpretación de Resultados*: Siguiendo las pruebas estadísticas, para validar la hipótesis propuesta.



Figura 23: Esquema para elaboración de concreto  
Fuente: Elaboración Propia

## FLUJOGRAMA DE PRODUCCION DE CONCRETO PATRON

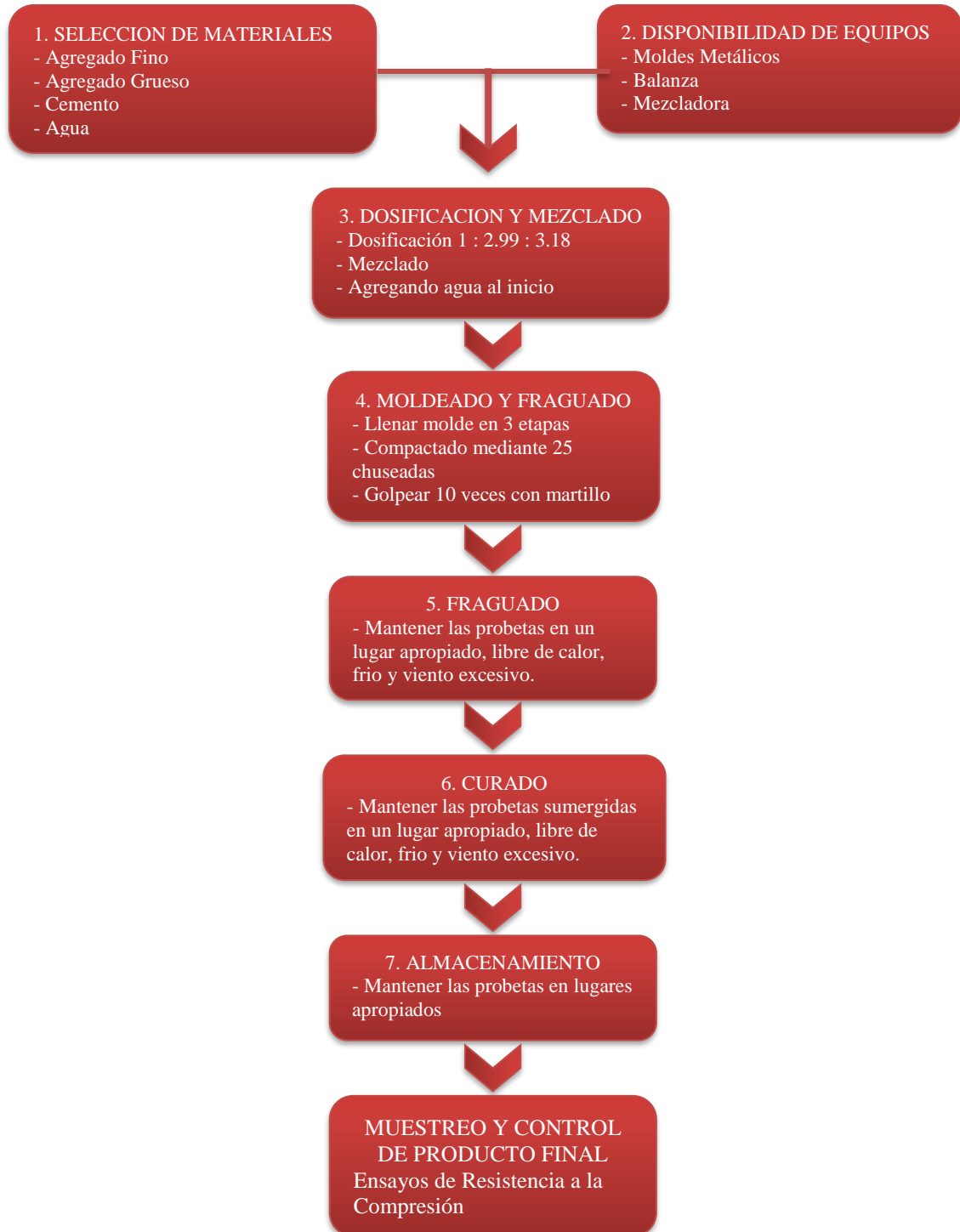


Figura 24:Flujograma de Producción de Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  Patrón  
Fuente: Elaboración Propia

## FLUJOGRAMA DE PRODUCCION DE CONCRETO EXPERIMENTAL

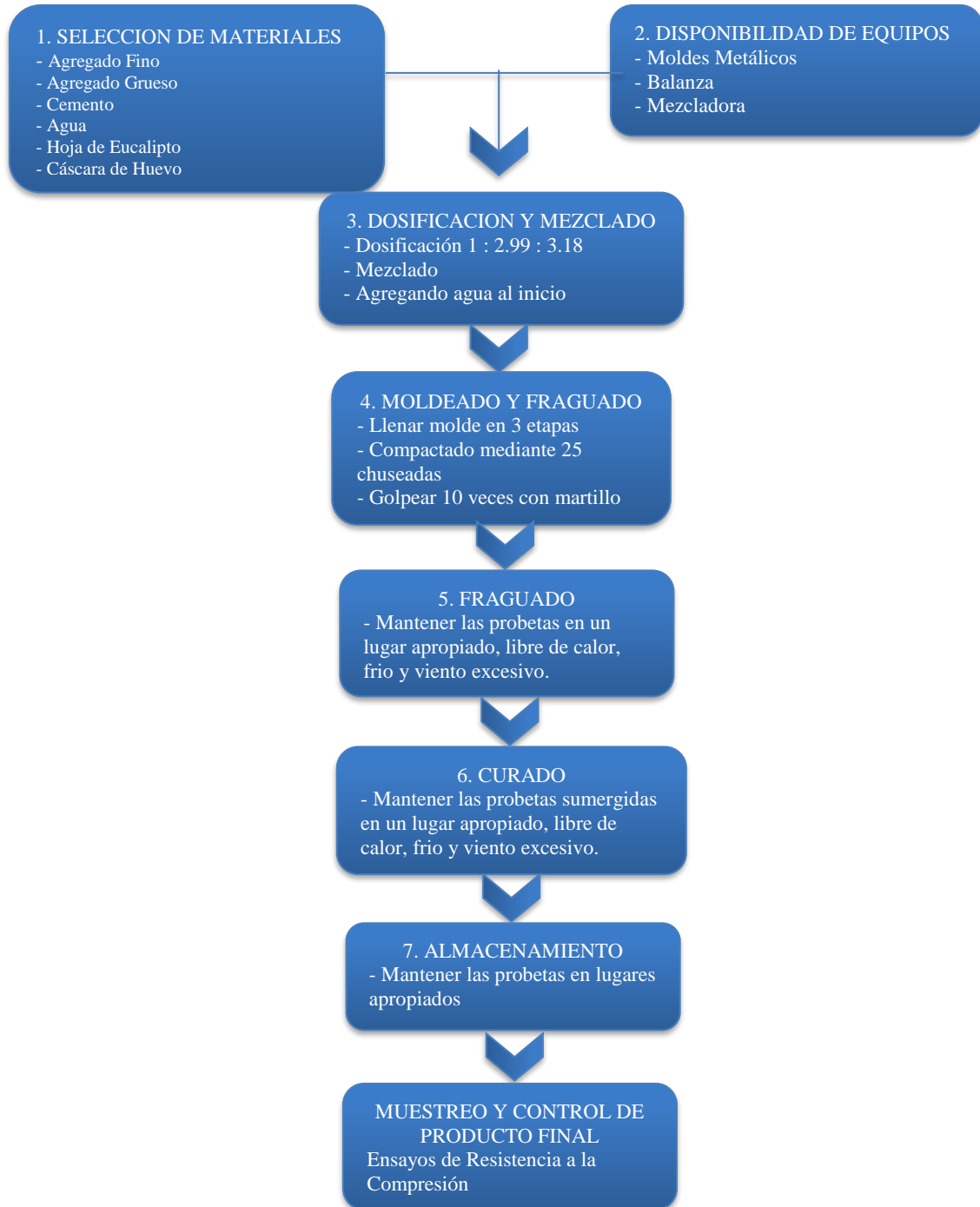


Figura 25: Flujograma de Producción de Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  Experimental  
Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo los pasos propuestos en el flujo grama para elaborar concreto se pudo realizarlo y concluir el análisis con las roturas a los 7,14 y 28 días. .



Figura 26: Paso a Paso Elaboración de Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$   
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: Resistencia a la compresión de Probetas Patrón

<p style="text-align: center;"><b>Dosificación con 100 % de Cemento</b>  <b>1.0      2.99      3.18      a/c = 0.54</b></p>											
MUESTRA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	ALTO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (Kgf)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA	CUMPLE
PROBETA PATRON	7	P1-P	15.24	30.48	182.41	33680	184.6	187.8	0,7 F'c	89.40%	SI
		P2-P	15.24	30.48	182.41	33010	181.0		147 Kg/cm <sup>2</sup>		
		P3-P	15.24	30.48	182.41	36060	197.7				
	14	P4-P	15.24	30.48	182.41	36550	200.4	196.8	0,85 F'c	93.70%	SI
		P5-P	15.24	30.48	182.41	34230	187.7		178.5 Kg/cm <sup>2</sup>		
		P6-P	15.24	30.48	182.41	36890	202.2				
	28	P7-P	15.24	30.48	182.41	40050	219.6	210.2	F'c	100.10%	SI
		P8-P	15.24	30.48	182.41	36440	199.8		210 Kg/cm <sup>2</sup>		
		P9-P	15.24	30.48	182.41	38540	211.3				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: Resistencia a la compresión de concreto con 10% de sustitución de cemento

<b>Dosificación 90 % Cemento y 10% de la combinación (7.5% PCH + 2.5% CHE)</b> <b>1.0      2.99      3.18      a/c = 0.54</b>											
MUESTRA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	ALTO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (Kgf)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA	CUMPLE
<b>PROBETA EXPERIMENTAL (10%)</b>	7	E1-A	15.24	30.48	182.41	34900	191.3	193.3	0,7 F'c	92.00%	SI
		E2-A	15.24	30.48	182.41	33290	182.5		147 Kg/cm <sup>2</sup>		
		E3-A	15.24	30.48	182.41	37600	206.1				
	14	E4-A	15.24	30.48	182.41	38920	213.4	206.8	0,85 F'c	98.50%	SI
		E5-A	15.24	30.48	182.41	36840	202.0		178.5 Kg/cm <sup>2</sup>		
		E6-A	15.24	30.48	182.41	37390	205.0				
	28	E7-A	15.24	30.48	182.41	42330	232.1	214.2	F'c	102.00%	SI
		E8-A	15.24	30.48	182.41	39050	214.1		210 Kg/cm <sup>2</sup>		
		E9-A	15.24	30.48	182.41	35820	196.4				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28: Resistencia a la compresión de concreto con 16% de sustitución de cemento

<b>Dosificación 84 % Cemento y 16% de la combinación (12% PCH +4% CHE)</b> <b>1.0      2.99      3.18      a/c = 0.54</b>											
MUESTRA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	ALTO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (Kgf)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA	CUMPLE
<b>PROBETA EXPERIMENTAL (16%)</b>	7	E1-B	15.24	30.48	182.41	36910	202.3	194.2	0,7 F'c	92.50%	SI
		E2-B	15.24	30.48	182.41	34030	186.6		147 Kg/cm <sup>2</sup>		
		E3-B	15.24	30.48	182.41	35330	193.7				
	14	E4-B	15.24	30.48	182.41	40370	221.3	223.2	0,85 F'c	106.30%	SI
		E5-B	15.24	30.48	182.41	39900	218.7		178.5 Kg/cm <sup>2</sup>		
		E6-B	15.24	30.48	182.41	41850	229.4				
	28	E7-B	15.24	30.48	182.41	41450	227.2	232.6	F'c	110.80%	SI
		E8-B	15.24	30.48	182.41	43410	238.0		210 Kg/cm <sup>2</sup>		
		E9-B	15.24	30.48	182.41	42430	232.6				

Fuente: Elaboración Propia



De acuerdo a los días de curado y resistencia promedio:

Tabla 29: Resistencias a la compresión de concreto  $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$  con una sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una combinación de Cáscara de Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto

Días de curado	Resistencia de Concreto con sustitución		
	Patrón	Experimental (10%)	Experimental (16%)
7	187,76	193,32	194,20
14	196,75	206,77	223,16
28	210,17	214,23	232,71

Fuente: Resultados de ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla se puede observar que las resistencias a la compresión de las probetas de concretos experimentales son mayores a los 28 días de curado. Asimismo, según la tendencia es de aumentar conforme pasan los días.

Así también, los tipos de fallas posibles, son las siguientes, de las cuales se han encontrado sólo algunas:

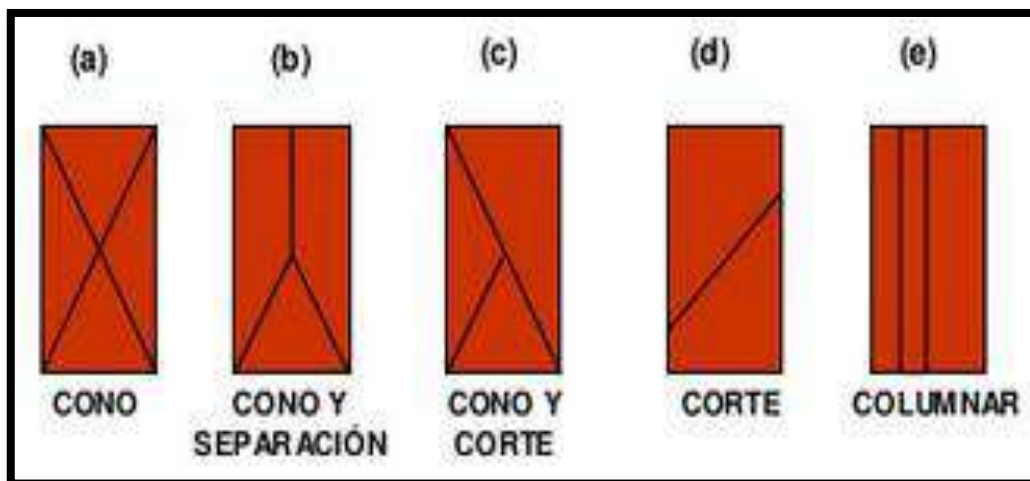


Figura 27: Tipos de fallas  
Fuente: Internet

En la mayoría de fallas de las probetas se encontró falla cono - corte y en algunos casos cono - separación.

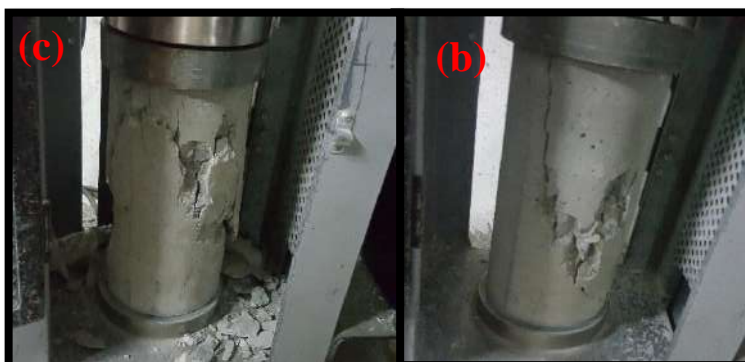


Figura 28: Tipos de Fallas en Probetas de Concreto: (c) Cono y Corte, (b) Cono y Separación  
Fuente: Elaboración Propia

Prueba De Hipótesis: Se usó el Programa SPSS v21. En el cual se evaluaron las edades de 7,14 y 28 días, considerando 3 tipos de concreto evaluados: Concreto control o patrón, es el concreto sin sustitución alguna, Concreto reemplazando 10% del Cemento por una combinación de Hoja de Eucalipto (CHE) más Cáscara de Huevo (PCH) y Concreto reemplazando 16% del Cemento por una combinación de Hoja de Eucalipto (CHE) más Cáscara de Huevo (PCH). Además, se tomó los siguientes factores tales como: Factores a la edad de rotura, Tipo de concreto y Resistencia a la compresión.

En lo correspondiente a la estadística, se usó el análisis de la varianza ANOVA (ANalysis Of VAriance), la cual es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas. (Wikipedia, 2017). La hipótesis definida para esta evaluación, está de acuerdo a los factores antes ya definidos, tales como los tipos de concreto (Patrón y experimental) y edad de rotura (7, 14 y 28 días), de acuerdo a dicha descripción la prueba ANOVA, identificó como hipótesis específica:

Las Hipótesis contempladas fueron:

H0: Las medias de las resistencias a la compresión del concreto son iguales para los diferentes tipos de concreto.

H1: Las medias de las resistencias a la compresión del concreto no son iguales para los diferentes tipos de concreto.

Tomando como referencia la tabla, en la que se muestran las resistencias promedias de acuerdo a la edad de rotura:

Tabla 30: Resistencia de un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de Cáscara de huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto

Días de curado	Resistencia de Concreto con sustitución		
	Patrón	Experimental (10%)	Experimental (16%)
7	187,76	193,32	194,20
14	196,75	206,77	223,16
28	210,17	214,23	232,71

Fuente: Resultado de ensayos del laboratorio de la USP

Y después de verificar el cumplimiento de los supuestos de Normalidad (Shapiro – Wilk) y Homogeneidad de varianzas de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto para cada tratamiento (sustitución de dos porcentajes de cemento, por ceniza de hoja de eucalipto y Cáscara de huevo) se procedió a realizar la prueba ANOVA. Se realizó el cálculo para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas.

Tabla 31: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sustitución	525.760	2	262.880	7.363	.046
Días de curado	1140.455	2	570.227	15.971	.012
Error	142.815	4	35.704		
Total	1809.031	8			

Fuente: Resultados de ensayos en laboratorio de la USP

En la tabla anterior se puede visualizar que el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $0.046 < 0.050$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ : Resistencias medias iguales).

Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en  $\text{kg/cm}^2$  logradas en las probetas de la muestra patrón (sin sustitución), la muestra con sustitución de cemento en 10% por la combinación de PCH más CHE (experimental) y la muestra con sustitución de cemento en 16% por la combinación

de PCH más CHE (experimental), no son iguales. Siendo mayor la resistencia a la compresión en las probetas experimentales con sustitución de 16% de cemento.

También se tienen que para los días de curado  $p\text{-value} < \alpha$  ( $0.012 < 0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencias de los día de curado.

Se puede indicar de acuerdo a la prueba de hipótesis que, las medias son diferentes respecto al factor la edad, y que aumentan las resistencias de acuerdo al tiempo y con las condiciones de curado adecuadas para las probetas de concreto. De acuerdo al tipo de concreto con y sin sustituciones, se obtuvo que las probetas de concreto con sustituciones logran las mayores resistencias a la compresión. Para las resistencias mínimas de concreto de acuerdo a sus edades, en las probetas patrón y experimentales en las edades distintas se logró superar el mínimo esperado. Tomando como las más importantes las de los 28 días. Mediante la prueba ANOVA, a los 28 días indican la resistencia de las probetas de concreto aumenta si se reemplaza al cemento 10% (7.5% PCH + 2.5% CHE) y 16% (12% PCH + 4% CHE). Lo cual comprueba que al usarlos en una sola sustitución se logran resultados esperados, tanto como las sustituciones individuales, vistas en los trabajos antecedentes.

#### IV. Análisis y discusión

Se realizó el proceso de Activación Mecánica y Caracterización de la Cáscara de huevo, siguiendo el esquema de la Figura 7, referente a la Cadena de Recolección para obtener Cáscara de huevo.

De la investigación se puede confirmar que el uso de Cáscara de huevo de acuerdo a los antecedentes es apropiado, puede ser usado e incluso supera, según los ensayos, lo esperado, al ser usado como componente de los nuevos concretos. En este caso la Cáscara de huevo fueron obtenidos mediante recolección en domicilios, pero su uso puede ser procesado mediante molido y trituración con herramientas manuales, no habiendo diferencia al ser procesados para obtener concretos nuevos.

El ensayo de Fluorescencia de Rayos X, realizado con el fin de conocer el contenido y porcentaje de óxidos de la muestra de cáscara de huevo molido, en el cual se obtuvo el resultado de la Tabla 13. Conociendo el contenido de óxidos, se analizaron los datos de interés y favorables a la mezcla para el concreto al tener un porcentaje de Óxido de Calcio (CaO) de forma mayoritaria siendo un 88.29%, lo cual es adecuado en términos de contenido que favorecen a la sustitución. Asimismo, un 10.17% de trióxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) el cual también es idóneo para la sustitución.

Se hace referencia en la tabla 32, el comparativo entre el contenido de óxidos presentes en tesis anteriores frente a la actual y el cemento Portland.

Tabla 32: Comparación de la composición química entre Cemento y Cáscara de huevo molido de anteriores tesis y actual.

<b>Composición Química</b>	<b>Cemento portland (%)</b>	<b>Matías - Actual (%)</b>	<b>ECUADOR Reibán (%)</b>
CaO	61 - 67	88.287	76,96
SiO <sub>2</sub>	20 - 27	0.136	0,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 - 7	10.174	4,66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 - 4	0.024	0,07
SO <sub>3</sub>	1 - 3	----	---
MgO	1 - 5	----	---
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25 - 1.5		
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>98.46%</b>	<b>81,83%</b>
<b>CEMENTANTE</b>			

Fuente: Elaboración propia.

### **Discusión:**

Como podemos observar Óxido de Calcio (CaO) es de 88.287% que supera al cemento que contiene un entre 61% y 67%, al igual que la investigación de Ecuador que muestra similar contenido de 81.83% componentes apropiados. Puedo determinar que aportara convenientemente ante la sustitución ya que los demás componentes son de bajo porcentaje, pero favorables porque aportan a las propiedades del cemento.

**El proceso de caracterizar las cenizas de hoja de eucalipto**, siguiendo los pasos de acuerdo al esquema propuesto en la Figura 11, desde la recolección de la hoja de eucalipto, el pre - quemado de la hoja de eucalipto, mediante fuego, disminuirlo, luego de ser enfriado, se realizó hasta el quemado. El producto obtenido en tamaños adecuados para ser sometidas al ensayo de Análisis térmico diferencial (DTA), en el que se realizaron dos evaluaciones conjuntas Análisis Termo gravimétrico (TGA) y Análisis térmico diferencial (DTA). La medición simultánea del TGA y DTA, por calorimetría diferencial y cambios de (termo gravimetría), en un material como la ceniza de hoja de eucalipto siendo realizado en una atmósfera controlada.

Esta técnica ayuda a simplificar la interpretación de los resultados y la información complementaria, permite diferenciar entre eventos endotérmicos y exotérmicos no asociados a la pérdida de peso, como la fusión y la cristalización; y aquellos que involucran pérdida de peso, como la degradación. En el Análisis Termo gravimétrico, se evaluó la pérdida de masa de acuerdo al tiempo y la temperatura, Se concluyó que la temperatura de seguridad para calcinar las cenizas fue de 750° para esta investigación, debido a los resultados de calcinación, pues los cambios estructurales de la ceniza se dan alrededor de 1 hora, asimismo el tiempo tomado fue de una hora para esta investigación. El Análisis térmico diferencial, que mide las transiciones endotérmicas como exotérmicas en función de la temperatura, lo cual hace evidente existen reacciones exotérmicas hasta máximo los 800°, por lo que se confirma que a 750° y en una hora se tienen cenizas con actividades puzolánicas, siendo una temperatura mayor, perjudicial para la muestra de ceniza.

Al obtener el resultado de las resistencias a la compresión, se ha confirmado que el uso de las cenizas como elementos puzolánicos, con tiempos de quemado entre 1 a 5 horas

y a temperaturas superiores a los 500°, resultan en elementos adecuados para ser usados como sustituto del cemento. En proporciones definidas desde porcentajes variables, como ya estudiado, por Lencinas & Incahuanaco, 2016, a nivel nacional, entre 1 a 5%, comprobado que los porcentajes son adecuados. Y comprobando en este estudio que al usar porcentajes como 2.5% y 4% es adecuado y posible de ser usado. El ensayo de Fluorescencia de Rayos X, realizado con el fin de conocer el contenido y porcentaje de óxidos de la muestra de ceniza de hoja de eucalipto, en el cual se obtuvo el resultado de la Tabla 15. se realizó la tabla 33, una comparativa para el análisis de los elementos químicos del cemento portland y cenizas de hoja de eucalipto.

Tabla 33: Comparación de la composición química entre el cemento y ceniza de hoja de eucalipto de anteriores tesis y actual.

<b>Composición Química</b>	<b>Cemento Portland (%)</b>	<b>Matías - Actual (%)</b>	<b>CHIMBOTE Carrillo (%)</b>
CaO	61 - 67	61,25	20,239
SiO <sub>2</sub>	20 - 27	6,72	5,625
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 - 7	5,211	6,53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 - 4	0,77	2,785
SO <sub>3</sub>	1 - 3	----	0,249
MgO	1 - 5	----	28,751
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25 - 1.5	18,81	31,258
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>73,951%</b>	<b>35,428</b>
<b>CEMENTANTE</b>			

Fuente: Elaboración propia.

### **Discusión:**

Como podemos observar el mayor componente está conformado por Óxido de Calcio en un 61.25% que aporta como propiedades del cemento, a su vez contiene también en buenos porcentajes de Dióxido de Silicio en 6.72% y Trióxido de Aluminio 6.53%.

Como elemento que podría ser negativo para el concreto a largo plazo se encuentra el **óxido de potasio** en una cantidad importante (K<sub>2</sub>O), con 18.81%. Se puede inferir que a nivel de Ancash, el contenido de óxido de potasio es elevado tal como lo demostró Carrillo (2018) en su investigación el cual obtuvo un 35,428% de Oxido de potasio en su muestra de ceniza de hoja de eucalipto. el cual es un álcali y afectaría la vida útil del concreto, y bajo ciertas condiciones producen expansiones y agrietamientos a la

estructura interna, El producto de la reacción de los álcalis es un gel expansivo, el cual conduce a la fisuración del concreto. El gel que rellena las fisuras presenta distintos colores, ámbar, caramelo, marrón brillante y blanco cuando se carbonata. (Becker, s/f). Para que ocurra reacción álcali-sílice (RAS), debe cumplirse las siguientes condiciones:

- **cantidades significativas de sílice reactiva,**
- **álcalis disponibles sobre un nivel crítico y**
- **humedad suficiente de una fuente externa.**

La muestra de ceniza de hoja de eucalipto evaluada contiene alto porcentaje de Oxido de potasio 18.81%. Debido a que las plantas en el medio natural absorben el potasio como catión potasio ( $K^+$ ) como disolución en el suelo. El cual en la planta coopera en los procesos de síntesis de clorofila, respiración, fotosíntesis, estimular la formación de flores y frutos, entre otros. Pero para efectos de un concreto no son adecuados.

**Al determinar el Potencial Hidrógeno** para las muestras de ceniza calcinada a  $750^\circ$  (CHE) al 100%, denominada Muestra Ceniza de hoja de Eucalipto (tabla 14); para la muestra de Cáscara de Huevo (PCH) al 100%, denominada Muestra Cáscara de Huevo (tabla 15); para la muestra de Cemento Sol tipo I al 100% denominada Cemento (tabla 16); la combinación de 90% de cemento (Sol Tipo I) y 10% de la combinación (7.5% PCH + 2.5%CHE), denominada Muestra de Cemento + 10% de combinación (7.5% Cáscara de huevo + 2.5% Ceniza de Hoja de Eucalipto) (tabla 17); la combinación de 90% de cemento (Sol Tipo I) y 10% de la combinación (7.5% PCH + 2.5%CHE), denominada Muestra de Cemento + 10% de combinación (7.5% Cáscara de huevo + 2.5% Ceniza de Hoja de Eucalipto) (tabla 18).

Lo que indica que las muestras son altamente alcalinas, inicialmente la CHE al tener un Ph de 12.91, de la ceniza sola y el PCH al tener un Ph de 8.84, de la Cáscara de huevo sola; pero el Ph de las mezclas es similar siendo de 12,13 y 12,08 al 10% y 16% respectivamente. De acuerdo a la información de la tabla 16, el Ph de Cemento es 12.15, se concluye que se tiene un PH similar y adecuado para ser trabajados en la investigación, debido a que no alterara el proceso de hidratación.



La relación agua-cemento es definida como la relación entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del concreto fresco, este concepto fue desarrollado por Duff A. Abrams en 1918 (Cono de Abrams). La finalidad de determinar la Relación Agua-Cemento es optimizar los agregados para obtener un buen desempeño en la mezcla, de modo general para todo diseño de mezcla. Si no se realiza como debe ser, se altera la relación de agua-cemento, lo que puede tener dos repercusiones importantes a nivel de calidad del concreto: pérdida de resistencia y pérdida de durabilidad. Para esta relación agua-cemento de la muestra, de acuerdo a los parámetros establecidos por el ACI, una relación agua-cemento no elevada, como es el caso  $a/c = 0.54$ , es mediana la porosidad y mayor la durabilidad.

Al realizar las roturas de las muestras patrón y experimental de las probetas, podemos determinar su validez, de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, nos dice sobre el concreto, que las muestras son aceptables si cumplen la condición de que el promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a  $f'c$ , para este caso  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y además cumplir que resultado del ensayo, individual, de resistencia, sea menor en más de 3.5 MPa cuando  $f'c = 35 \text{ MPa}$  o menor, o en más de 0.1  $f'c$  cuando es mayor a 35 MPa. Siguiendo estos parámetros de realizaron las roturas. Se encontró que las resistencias promedias superan las resistencias esperadas en probetas patrones y experimentales, lo que sugiere que la dosificación establecida es adecuada, es recomendable continuar investigaciones con dicha proporción.

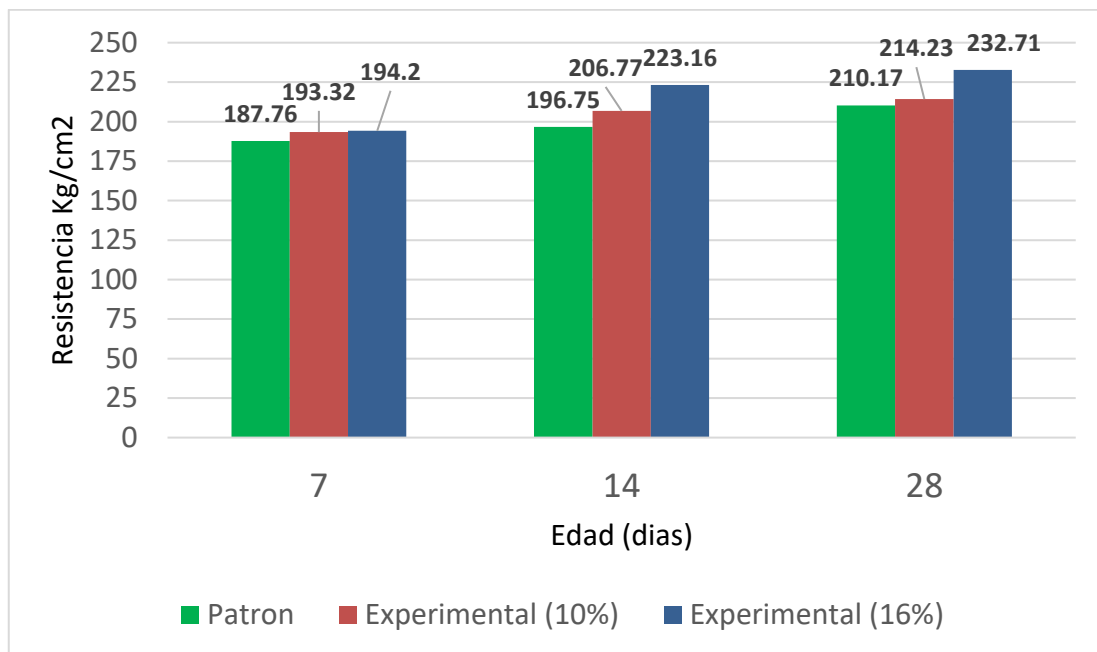


Figura 29: Gráfica de las Resistencias a la compresión promedio a las edades de 7, 14 y 28 días, comparando las probetas patrón y los experimentales.  
Fuente: Elaboración Propia

Las resistencias a la compresión resultantes de este trabajo investigativo reportan semejanzas con otros autores en distintos contextos, por lo cual se puede decir que sí es posible implementar las prácticas de elaboración y producción de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con Cáscara de huevo y hoja de eucalipto, tanto en el ámbito local y regional, y posiblemente a nivel mundial, siempre y cuando se establezca rigurosamente los análisis de las características de los materiales empleados. Nótese que la tendencia de aumento de las resistencias es proporcional a las edades de 7, 14 y 28 días (Figura 30)

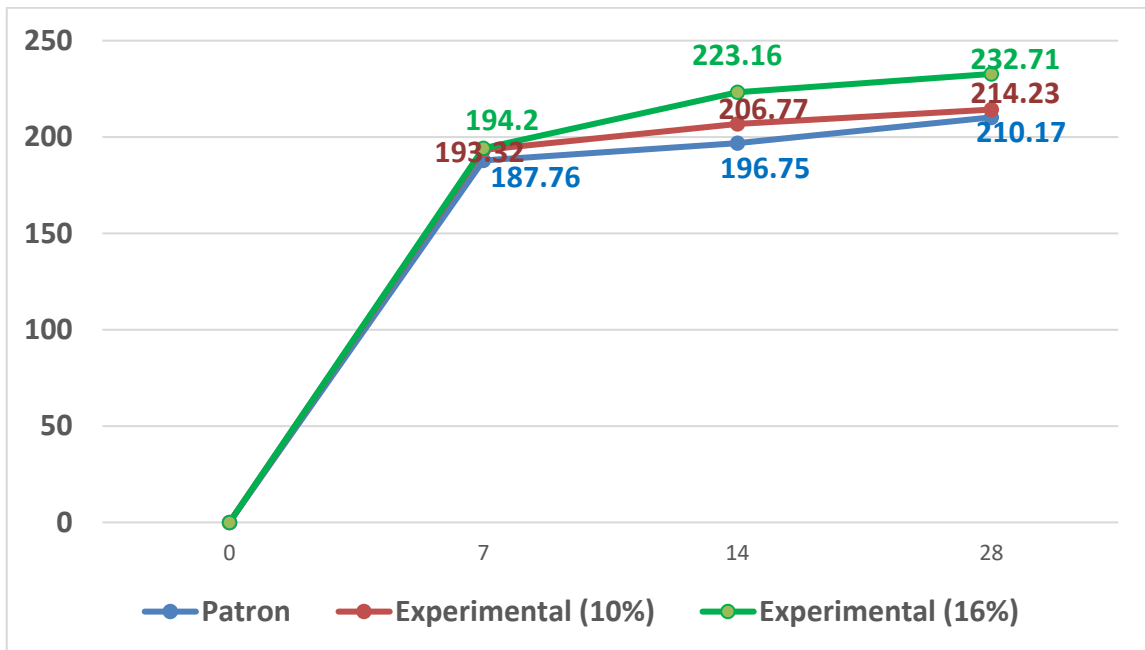


Figura 30: Gráfica de tendencia de las Resistencias a la Compresión promedio a los 7, 14 y 28 días, comprando las probetas patrón y los experimentales  
 Fuente: Elaboración Propia

## V. Conclusiones y recomendaciones

Las Conclusiones a las que se llegó, fueron las siguientes:

- El proceso de reciclaje de Cáscara de Huevo (PCH), representa una alternativa viable para mantener un planeta ambientalmente equilibrado.
- En el ensayo de Fluorescencia de Rayos X, el contenido mayoritario de óxidos de la muestra de Cáscara de huevo molido, es de Óxido de Calcio (CaO), que es conveniente al ser usado como sustituto del cemento, logrando potenciar sus propiedades ya que contiene un 98.46% de componentes cementantes.
- Sobre el tratamiento de la hoja de eucalipto, desde su recolección hasta la obtención de ceniza, como sustituto del cemento, pierde cerca del 95% del volumen inicial. De acuerdo a los ensayos de Difracción de Rayos X, la temperatura de quemado ideal es de 750° C, por espacio de 1 hora, lo cual logra la obtención de una ceniza con características puzolánicas.
- En el ensayo de Fluorescencia de Rayos X, el contenido superior de óxidos de la muestra de ceniza de hoja de eucalipto, es de Óxido de Calcio (CaO), que es conveniente al ser usado como sustituto del cemento, logrando potenciar sus propiedades ya que contiene un 73.95% de componentes cementantes. El Dióxido de potasio (K<sub>2</sub>O), puede llegar a ser dañino para el concreto al ser un álcali, pudiendo producir a largo plazo la Reacción Alkali-Silice(RAS), en un medio favorable de humedad. Lo que afectaría la durabilidad y resistencia del concreto.
- Los datos obtenidos son confiables de acuerdo al proceso estadístico realizado.
- La relación agua/cemento de las probetas patrón y experimentales, es un factor determinante para el adecuado diseño de mezcla y su correspondiente consistencia. El slump considerado fue de característica plástica (entre 3" a 4").
- Las resistencias a la compresión aumentaron proporcionalmente de acuerdo a los días de curado, y superaron a los 28 días la resistencia esperada que era de 210kg/cm<sup>2</sup>, logrando la mayor Resistencia hasta 232,61kg/cm<sup>2</sup> (110.8%) en el caso de las probetas experimentales a 16%; 214,17kg/cm<sup>2</sup> (102%) en el caso

de las probetas experimentales al 10% y 210.2 kg/cm<sup>2</sup> (100.1%) en el caso de las probetas patrón.

Se recomienda en futuras investigaciones:

- Evaluar el uso de Cáscara de huevo y hoja de eucalipto en diferentes tipos de elementos de concreto, incluso de tipo estructural, incentivando la conservación de los recursos naturales, con un ahorro económico y energético. En el caso de la hoja de eucalipto es conveniente reducirla al mínimo, mediante corte u otro, que permita reducir su tamaño y poder calcinarlos en mayores cantidades en menores tiempos.
- Se recomienda que en las relaciones a/c se mantenga el slump de consistencia plástica, para las probetas patrón y experimentales, porque garantiza una mayor resistencia al tener agua ideal.
- Respecto a las resistencias obtenidas, se recomienda realizar posteriores investigaciones en donde se tomen en cuenta las variables de sustitución de Cáscara de huevo y Hoja de Eucalipto, de manera separada para evaluar cuál de ellos es el elemento que más va a mejorar las condiciones de resistencia de las probetas de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

## VI. Referencias Bibliográficas

- ACAA. (2003). Fly ash facts for highway engineers. American Coal Ash Association.
- Águila & Sosa (2008). “Evaluación físico química de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos” Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V., Vol. 23, N° 4, pp. 55–66, 2008. Recuperado de: [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_fiucv/article/view/5078](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/5078)
- ASTM (s/f). *Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete*. ASTM C618-03
- Asociación de Productores de Cementos, 2014. Catalogo de normas Técnicas Peruana de Concreto 2014. Tercera Edición. Recuperado de : <https://es.scribd.com/document/356657542/Catalogo-de-Normas-de-Tecnicas-Peruanas-de-Concreto-2014-pdf>
- Botanical Online (s.f). Información. [Página de Google+]. Recuperado el 03 de mayo de 2018 de: <https://www.botanical-online.com/medicinalseucalipto.htm>
- Calleja (s/f). *Ceniza, cemento y Hormigón con cenizas*. Materiales de construcción. Recuperado de: <http://materconstrucc.revistas.csic>.
- Carrillo (2018). “Sustitución del cemento por 8% y 16% en combinación del molusco *trachy cardium procerum* (pata de mula) y de hoja de eucalipto en mortero y determinar su resistencia. Recuperado de: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/4370?show=full>
- Céspedes García, Marco Antonio (2003). *Resistencia a la comprensión del concreto a partir de la Velocidad de pulsos de Ultrasonido*. Universidad de Piura. Perú. Recuperado de: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1338/ICI\\_100.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1338/ICI_100.pdf?sequence=1)

- Digesa – Minsa (s/f) *Estándares de calidad ambiental de agua*, Informes Técnicos  
Recuperado de:  
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf)
- Escalera, Payá, Borrachero, Soriano & Monzó (2010). Estudio de morteros de cemento portland con ceniza de rastrojo de maíz: posibilidades de uso en construcciones rurales. Recuperado el 13 de agosto del 2016 de:  
[http://www.sextocongresocud.es/wp-content/uploads/2013/03/vicongreso\\_cud\\_2013\\_submission\\_142.pdf](http://www.sextocongresocud.es/wp-content/uploads/2013/03/vicongreso_cud_2013_submission_142.pdf)
- Fernández (2008), “Estudio de Prefactividad para la producción y comercialización de papel a partir del eucalipto”. Recuperado de :  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1029/FERNANDEZ\\_EGUSQUIZA\\_ALEXANDER\\_PRODUCION\\_PAPEL\\_EUCALIPTO.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1029/FERNANDEZ_EGUSQUIZA_ALEXANDER_PRODUCION_PAPEL_EUCALIPTO.pdf?sequence=1)
- Gonzales (1987), “Cemento Portland”. Recuperado de:  
[http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivos/curzoz/semana\\_7\\_cemento\\_tecnologia\\_2013.2.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivos/curzoz/semana_7_cemento_tecnologia_2013.2.pdf)
- INEI (2009), Consumo de alimentos y bebidas. Recuperado de:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1028/cap01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1028/cap01.pdf)
- Lencinas & Incahuanaco (2017). Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del Cemento Portland puzolánico IP en la zona altiplánica”. Repositorio Institucional UNA-PUNO. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3973>
- Molina, Moragues, G. (2008), La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento Portland en la durabilidad del hormigón: propiedades físicas, difusión del ión cloruro y del dióxido de carbono. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/45315694\\_La\\_influencia\\_de\\_las\\_](https://www.researchgate.net/publication/45315694_La_influencia_de_las_)

cenizas\_volantes\_como\_sustituto\_parcial\_del\_cemento\_Portland\_en\_la\_durabilidad\_del\_hormigon\_propiedades\_fisicas\_difusion\_del\_ion\_cloruro\_y\_d el\_dioxido\_de\_carbono

Navia, Quiceno, Montes & Soto (2013). Concreto con adición de Cáscara de huevo. Recuperado de :

<https://prezi.com/j-tbc4ddx1ms/concreto-con-adicion-de-Cáscara-de-huevo/>

Neville, Adam M. (1999). Tecnología del Concreto. Instituto Mexicano del. Cemento y del Concreto. México. Recuperado de: [http://imcyc.com/redcyc/imcyc/biblioteca\\_digital/TECNOLOGIA\\_DEL\\_CONCRETO.pdf](http://imcyc.com/redcyc/imcyc/biblioteca_digital/TECNOLOGIA_DEL_CONCRETO.pdf)

Reibán (2017). *Evaluación experimental de las características mecánicas de matrices cementicias con adición de Cáscara de huevo pulverizado deshidratado y sus aplicaciones en la arquitectura.* Recuperado de: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/20988/1/Reib% c3% a1n% 20 Ojeda% 2c% 20Dayanna% 20Ver% c3% b3nica..pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/20988/1/Reib%c3%a1n%20Ojeda%2c%20Dayanna%20Ver%c3%b3nica..pdf)

Rivva (2007). *Tecnología del Concreto. Diseño de mezclas.* Ediciones Universidad Nacional de Ingeniería. Segunda Edición. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/FredrafuEnrifer/disenodemezclasenrriquerivvalopez>

Ríos (2017). *Evaluación de la resistencia del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con adición de Cáscara de huevo.* Recuperado de: [http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/1508/Tesis\\_52741.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/1508/Tesis_52741.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR (2017), *Nuestros Bosques en Números,* Recuperado de : [https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Nuestros% 20Bosques% 20en% 20Numeros.pdf](https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Nuestros%20Bosques%20en%20Numeros.pdf)

Soto & Argumedo (2014). Caracterización fisicoquímica de la Cáscara de huevo. Recuperado de:

<https://prezi.com/jtccm-mpwyeo/caracterizacion-fisicoquimica-de-la-Cáscara-de-huevo/>



- Sistema Integrado de Estadística Agraria (2017), Producción de huevo de gallina para consumo humano en el Perú. Recuperado de: [http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/produccion-comercializacion-avicola-dic\\_310118.pdf](http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/produccion-comercializacion-avicola-dic_310118.pdf)
- Sierra y Selva Exportadora (s.f). Información. [Página de Google+]. Recuperado el 29 de abril del 2018 de: <http://www.sierraexportadora.gob.pe/junin/productos/catalogo-de-productos/eucalipto/>
- Tacilla, Araujo y Cardozo (2004). “Cemento”. Recuperado en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cemento>
- TRIPOD (s.f). Información. [Página de Google+]. Recuperado el 29 de abril del 2018 de: <http://www.members.tripod.com/aromaticas/Plantas.html>
- Valdés (2009). La Cáscara de huevo, BIONAT centro de investigación de Bioelementos Naturales CUBA.
- Villegas (2012). Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo. Universidad Nacional de Ingeniería. Programa Cybertesis PERÚ. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1304>

## VII. Anexos y apéndices

### A.1 Contenido de Humedad



#### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
<b>TESIS</b> : "Resistencia de un Concreto FC= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una Combinacion de cascarade Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto "					
<b>SOLICITA</b> : <b>Bach. Matias Quispe Samuel</b>					
<b>DISTRITO</b> : HUARAZ			<b>HECHO EN</b> : USP -HUARAZ		
<b>PROVINCIA</b> : HUARAZ			<b>FECHA</b> 31/10/2018		
<b>PROG (KM.)</b> :			<b>ASESOR</b>		
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>CALICATA</b> :					
<b>MUESTRA</b> : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO					
<b>PROF. (m)</b> :					
AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		33	26		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	960.0	984.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	945.8	970.3		
PESO DE AGUA	(g)	14.20	13.70		
PESO DEL TARRO	(g)	165.20	169.6		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	780.60	800.7		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	1.82	1.71		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	1,77			
AGREGADO FINO					
Nº TARRO		8	5		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	970.0	955.5		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	946.9	899.8		
PESO DE AGUA	(g)	21.10	55.70		
PESO DEL TARRO	(g)	167.00	166.6		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	781.90	733.2		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2,70	7,6		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	5,15			



 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUALA • HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 LABORATORIO DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
**CAMPUS UNIVERSITARIA:** Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
**Nuevo Chimbote** Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
**OFICINA DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

## A.2 Granulometría



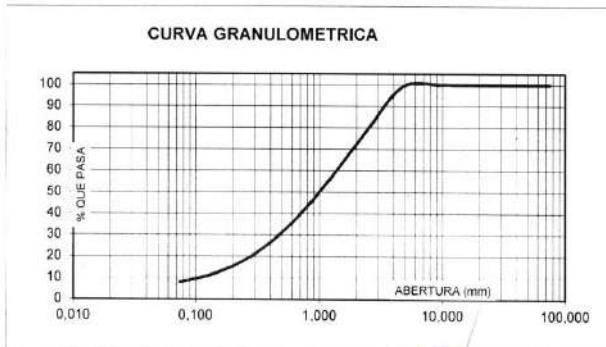
### ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

**SOLICITA :** Bach. Matias Quispe Samuel  
**TESIS :** "Resistencia de un Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una Combinación de cascarade Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto "  
**LUGAR :** HUARAZ  
**FECHA :** 31/10/2018 **CANTERA :** TACLAN **MATERIAL :** AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	2264
PESO SECO LAVADO	2085,80
PESO PERDIDO POR LAVADO	178,20

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750	19,80	0,87	0,87	99,13
N° 8	2,360	485,30	21,44	22,31	77,69
N° 16	1,180	511,20	22,56	44,89	55,11
N° 30	0,600	442,50	19,55	64,43	35,57
N° 50	0,300	327,50	14,47	78,90	21,10
N° 100	0,150	196,00	8,66	87,56	12,44
N° 200	0,075	103,50	4,57	92,13	7,87
PLATO		178,20	7,87	100,00	0,00
TOTAL		2264,00	100,00		

**TAMAÑO MAXIMO NOMINAL :** n° 4  
**MODULO DE FINEZA :** 2,99  
**HUMEDAD :** 5,15%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 1165-44  
 JEFE

**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

**SOLICITA :** Bach. Matias Quispe Samuel

**TESIS :** "Resistencia de un Concreto FC= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una Combinacion de cascarade Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto "

**LUGAR :** HUARAZ

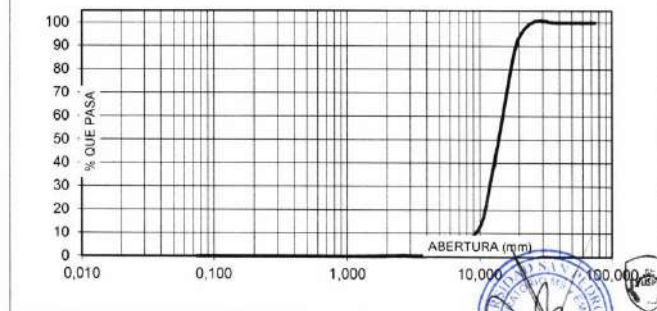
**FECHA :** 31/10/2018 **CANTERA :** TACLLAN **MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	10017
PESO SECO LAVADO	10017.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No					
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25.000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19.000	967,80	9,66	9,66	90,34
1/2"	12.500	5447,10	54,38	64,04	35,96
3/8"	9.500	2546,10	25,42	89,46	10,54
N° 4	4.750	948,90	9,47	98,93	1,07
N° 8	2.360	63,10	0,63	99,56	0,44
N° 16	1.180	44,00	0,44	100,00	0,00
N° 30	0.600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0.300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0.150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0.075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		10017,00	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"  
MODULO DE FINEZA : 6,98  
HUMEDAD : 1,77%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAJO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

### A.3 Peso unitario



#### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Matias Quispe Samuel

**TESIS :** "Resistencia de un Concreto FC= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una Combinación de cascarade Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto "

**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO FINO  
**FECHA :** 31/10/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7845	7855	7849
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4425	4435	4429
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1594	1598	1595
<b>Peso unitario prom.</b>	1596 Kg/m3		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8270	8300	8290
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4850	4880	4870
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1747	1758	1754
<b>Peso unitario prom.</b>	1753 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf.: (043) 483320  
**CAMPUS UNIVERSITARIA:** Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
**OFICINA DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Matias Quispe Samuel  
**TESIS :** "Resistencia de un Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una Combinacion de cascarade Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto "  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** TACLLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO  
**FECHA :** 31/10/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	27295	27180	27240
Peso de molde	7380	7380	7380
Peso de muestra	19915	19800	19860
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1451	1443	1447
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1447 Kg/m3</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	28975	28930	28955
Peso de molde	7380	7380	7380
Peso de muestra	21595	21550	21575
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1574	1570	1572
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1572 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYOS DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116944  
 JEFE

## A.4 Peso Específico y Absorción



### PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

**SOLICITA** : Bach. Matias Quispe Samuel  
**TESIS** : "Resistencia de un Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una Combinación de cascarade Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto "  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : TACLLAN  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO  
**FECHA** : 31/10/2018

A	: Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	300,0		
B	: Peso de frasco+ agua	679,0		
C = A + B	: Peso frasco + agua +material	979,0		
D	: Peso de material+agua en el frasco	865,2		
E = C - D	: Volumen de masa+volumen de vacio	113,8		
F	: Peso Material seco en horno	295,3		
G= E- (A - F)	: Volumen de masa	109,10		
<b>ABSORCION (%) :</b> $((A-F/F) \times 100)$		1,59		
<b>ABS. PROM. (%) :</b>		1,59		

**P.e. Bulk (Base Seca)** = F/E  
**P.e. Bulk (Base Saturada)** = A/E  
**P.e. Aparente (Base Seca)** = F/G

PROMEDIO			
2,59			
2,64			
2,71			

#### PROMEDIO

**P.e. Bulk (Base Seca)**  
**P.e. Bulk (Base Saturada)**  
**P.e. Aparente (Base Seca)**

2,59		
2,64		
2,71		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PILIM - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIF: 1165-44  
 JEFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : **Bach. Matias Quispe Samuel**  
 TESIS : "Resistencia de un Concreto FC= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo el 10% y 16% de Cemento por una Combinacion de cascarate Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto "  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : TACLLAN  
 MATERIAL : **AGREGADO GRUESO**  
 FECHA : **31/10/2018**

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios  
 D : Peso de material seco en el horno  
 E = C - (A - D) : Volumen de masa

978,0	986,2	961,8
611,5	617,0	598,0
366,5	369,2	363,8
969,1	977,3	950,5
357,6	360,3	352,5
0,92	0,91	1,19
1,01		

ABSORCION (%) :  $((A-D/D) \times 100)$   
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

**PROMEDIO**

2,64	2,65	2,61
2,67	2,67	2,64
2,71	2,71	2,70

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,63
2,66
2,71



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELLOS Y  
 ENSAYOS DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE



A.5 Diseño de Mezcla

**DISEÑO DE MEZCLA**

**1 ESPECIFICACIONES**

---

Resistencia a la compresión a los 28 días será:	210 kg/cm <sup>2</sup>
Consistencia	Plástica
Factor Seguridad	No

**2 MATERIAL**

---

Cemento	Portland Tipo 1	
Peso específico del Cemento	3.15 gr/cm <sup>3</sup>	c. puzolánico
Agua	Agua potable	
Agregado Fino		
Peso específico de Masa	2.64 gr/cm <sup>3</sup>	2636 kg/m <sup>3</sup>
Absorción	1.59 %	
Contenido de Humedad	5.15 %	
Peso unitario suelto seco	1.60 gr/cm <sup>3</sup>	1596 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	1.75 gr/cm <sup>3</sup>	1753 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de Fineza	2.99	
Agregado Grueso		
Tamaño máximo Nominal	3/4"	
Peso específico de Masa	2.66 gr/cm <sup>3</sup>	2661 kg/m <sup>3</sup>
Absorción	1.01 %	
Contenido de Humedad	1.77 %	
Peso unitario suelto seco	1.45 gr/cm <sup>3</sup>	1447 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	1.57 gr/cm <sup>3</sup>	1572 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de Fineza	3.62	

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA**

**3 PROMEDIO**

---

Factor de seguridad, no se usa, por lo tanto:	
$f'_{cr} =$	210 kg/cm <sup>2</sup>

**4 SELECCIÓN DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL**

---

De la granulometría, se obtiene TMN	3/4 pulgadas
-------------------------------------	--------------

**5 SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO**

---

Tipo de Estructura	Vigas y Columnas
Consistencia	Plástica
Slump	3 a 4 pulgadas

**6 VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA**

---

Slump	3" a 4"
Tamaño Máximo Nominal	3/4 pulgadas
Volumen Unitario de Agua	205 lt/m <sup>3</sup>

**7 CONTENIDO DE AIRE**

T. Máximo de A.G.	3/4	
Aire atrapado (%)		2.0 %
<b>8 RELACION AGUA/CEMENTO</b>		
	f'cr	a/c
	200	0.7
	210	0.68 interpolando
	250	0.62
a/c = 0.68		
<b>9 FACTOR CEMENTO</b>		
	a/c =	0.68
	a =	205
	c =	301.47 kg/m3
	Bolsas =	7.09
<b>10 CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO</b>		
	TMN	3/4
	Módulo de Fineza	2.99
	Cte	0.60
Peso de A. grueso =		943.20 kg/m3
<b>11 CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>		
Cemento		0.096 m3
Agua		0.205 m3
Aire		0.02 m3
Vol. A. Grueso		0.354 m3
Σ Volúmenes Conocidos		0.675 m3
<b>12 CONTENIDO DE AGREGADO FINO</b>		
Es la diferencia entre la unidad y la suma de volúmenes conocidos		
El peso del Ag. Fino es el Producto del volumen absoluto por su peso específico		
Vol. absoluto del Ag. Fino (1- Σ Vol. conocidos)		0.325 m3
Peso del Ag. Fino (Vol Absol*Pe.Ag. Fino)		856.3 kg
<b>13 VALORES DE DISEÑO EN ESTADO SECO</b>		
cemento:		301.47 kg/m3
agua:		205.00 lt/m3
agregado fino:		856.30 kg/m3
agregado grueso:		943.20 kg/m3
<b>14 CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO</b>		
Peso seco x ((contenido de humedad/100)+1)		
Agregado fino =		30.44 lt
Agregado grueso =		7.12 lt
Aporte de agua =		37.56 lt
Agua =contenido de agua - aporte de agua		161.44 lt

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

cemento:	301.47 kg/m <sup>3</sup>
agua:	161.44 lt/m <sup>3</sup>
agregado fino:	900.36 kg/m <sup>3</sup>
agregado grueso:	959.85 kg/m <sup>3</sup>

**15 PROPORCION EN PESOS**

---

cemento:	301.47	301.47	1
agregado fino:	900.36	900.36/301.47	2.99
agregado grueso:	959.85	959.85/301.47	3.18
agua:	161.44	161.44/301.47	0.54

C	A. fino	A. grueso	Agua
1	2.99	3.18	0.54

## A.6 Potencial de Hidrogeno



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TITULO DE TESIS:** “Resistencia del Concreto  $F'c = 210 \text{ kg/Cm}^2$ . Sustituyendo el 10 % y 16 % del Cemento por una Combinación de Cascara de Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto”

**TESISTA** : Bach. Matías Quispe Samuel - Tesista

**MUESTRA** : Cascara de Huevo

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 23-07-18

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 30-07-18

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 30-07-18

Muestra	pH
Cascara de Huevo	8.84

#### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

#### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

#### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como fuertemente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.





## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TITULO DE TESIS:** "Resistencia del Concreto  $F'c = 210 \text{ kg/Cm}^2$ . Sustituyendo el 10 % y 16 % del Cemento por una Combinación de Cascara de Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto"

**TESISTA** : Bach. Matías Quispe Samuel - Tesista

**MUESTRA** : Ceniza de Hoja de Eucalipto

**LUGAR DE MUESTREO:** Vichay Alto – Independencia - Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 23-07-18

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 30-07-18

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 30-07-18

Muestra	pH
Ceniza de hoja de Eucalipto	12.91

### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.



Ing. M.Sc. CARLOS ROPEÑO RIVERA  
JEFE DE LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"Santiago Antúnez de Mayolo"  
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN  
Telefax: 043-426588 - 106  
HUARAZ - REGIÓN ANCASH



## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TITULO DE TESIS:** "Resistencia del Concreto  $F'c = 210 \text{ kg/Cm}^2$ . Sustituyendo el 10 % y 16 % del Cemento por una Combinación de Cascara de Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto"

**TESISTA** : Bach. Matías Quispe Samuel - Tesista

**MUESTRA** : Cemento + 10 % de (7.5 % Cascara de Huevo + 2.5 % Ceniza de Hoja de Eucalipto)

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 23-07-18

**FECHA DE INICIO DE ANALISIS:** 30-07-18

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS:** 30-07-18

Muestra	pH
Cemento + 10 % de combinación (7.5 % Cascara de Huevo + 2.5 % Ceniza de Hoja de Eucalipto)	12.13

### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como Extremadamente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.







### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TITULO DE TESIS:** "Resistencia del Concreto  $F'c = 210 \text{ kg/Cm}^2$ . Sustituyendo el 10 % y 16 % del Cemento por una Combinación de Cascara de Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto"

**TESISTA :** Bach. Matías Quispe Samuel - Tesista

**MUESTRA :** Cemento + 16 % de (12 % Cascara de Huevo + 4 % Ceniza de Hoja de Eucalipto)

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 23-07-18

**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 30-07-18

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANÁLISIS:** 30-07-18

Muestra	pH
Cemento + 16 % de combinación (12 % Cascara de Huevo + 4 % Ceniza de Hoja de Eucalipto)	12.08

#### **ENSAYOS**

1.- Determinación de pH

#### **OBSERVACIONES:**

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

#### **CONCLUSIONES**

- El pH es calificado como Extremadamente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.





**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"Santiago Antúnez de Mayolo"**  
**"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ - REGIÓN ANCASH**



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

**TÍTULO DE TESIS:** "Resistencia del Concreto  $F'c = 210 \text{ kg/Cm}^2$ . Sustituyendo el 10 % y 16 % del Cemento por una Combinación de Cascara de Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto"

**TESISTA** : Bach. Matías Quispe Samuel - Tesista

**MUESTRA** : Cemento

**LUGAR DE MUESTREO:** Huaraz - Ancash

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 23-07-18

**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 30-07-18

**FECHA DE TÉRMINO DEL ANÁLISIS:** 30-07-18

Muestra	pH
Cemento	12.15

#### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

#### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

#### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.

  
  
M.Sc. Guillermo Casimiro Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELOS Y AGUAS



## A.7 Análisis Térmico Diferencial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 16 de Julio del 2018

INFORME N° 164 - JUL-18

**Solicitante:** Samuel Matías Quispe – Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** 72678323.

**Supervisor:** .....

### 1. MUESTRA: Ceniza de hoja de eucalipto (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CHE-08M	11.8 mg	.....

### 2. ENSAYOS A APLICAR

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

### 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 11,8 mg.

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-2035109497/08809358699003 [danny.chavez@untrujillo.edu.pe](mailto:danny.chavez@untrujillo.edu.pe) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo



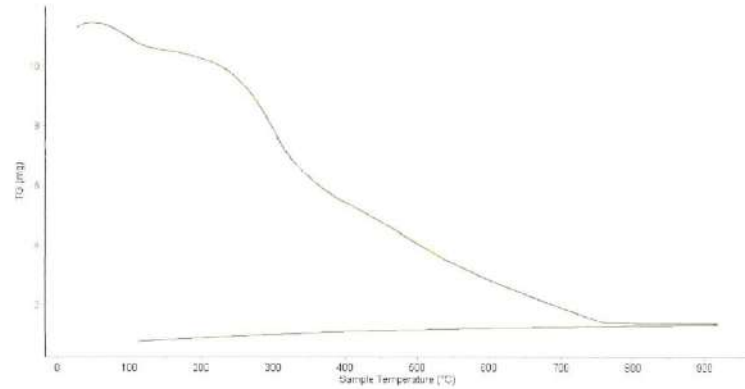


Trujillo, 16 de Julio del 2018

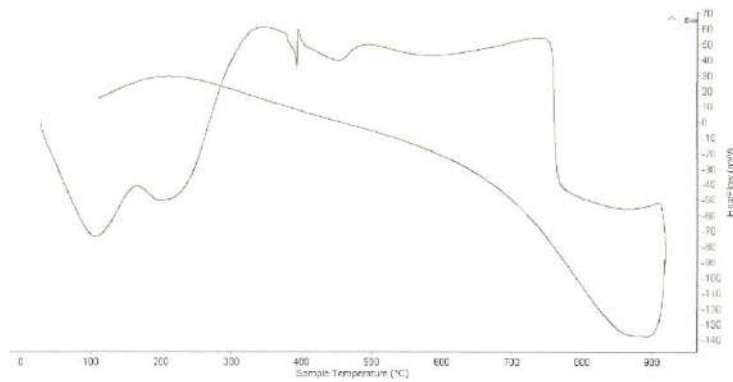
INFORME N° 164 - JUL-18

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-2035106/49790880/668689003 [jans.huacuz@hotmail.com](mailto:jans.huacuz@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria - Trujillo





Trujillo, 16 de Julio del 2018

**INFORME N° 164 - JUL-18**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se percibe importante descenso de la masa que constituye pérdida de masa en la muestra, notándose una mayor velocidad de pérdida en el rango de 220 a 350°C y se aprecia que en las otras regiones se presenta un ritmo de pérdida más lenta de la masa. El material llega perder aproximadamente 87% cuando alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra algunos picos endotérmicos a baja temperatura, las primeras a aproximadamente 100°C y 200°C y otras a mayor temperatura, es decir a 390 y 450°C. Posteriormente a mayor temperatura se presenta una absorción fuerte de calor en torno a 800°C. Estas absorciones térmicas podrían significar algún cambio estructural y en las características del material.

Trujillo, 16 de julio del 2018



Ing. Danny Mesias Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

Danny Chavez Novoa  
C. Depto. Ing. Materiales  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## A.8 Análisis químico por Fluorescencia de Rayos X



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

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

**Informe N°113-LAQ/2018**

**Análisis de cáscara de huevo molido por FRXDE**

### **Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de ceniza de huevo molido a pedido del Sr. **Matías Quispe, Samuel**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia de un Concreto  $F' C = 210 \text{ kg/cm}^2$  Sustituyendo el 10% y 16% del Cemento por una Combinación de Cáscara de Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto.”**

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

### **Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu\text{A}$ . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6810 cts/s.

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

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



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

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

---

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

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

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

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cáscara de huevo molido. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



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

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

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

Tabla 1. Composición elemental de cáscara de huevo en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.672	10.174
SiO <sub>2</sub>	0.102	0.136
SO <sub>2</sub>	0.431	0.572
ClO <sub>2</sub>	0.098	0.130
K <sub>2</sub> O	0.066	0.087
CaO	66.577	88.287
TiO	0.010	0.013
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.018	0.024
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002	0.002
CuO	0.002	0.003
ZnO	0.010	0.013
SrO	0.204	0.271
ZrO <sub>2</sub>	0.006	0.008
CdO	0.213	0,282
Total	75.411	100.00





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

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Archeometría**

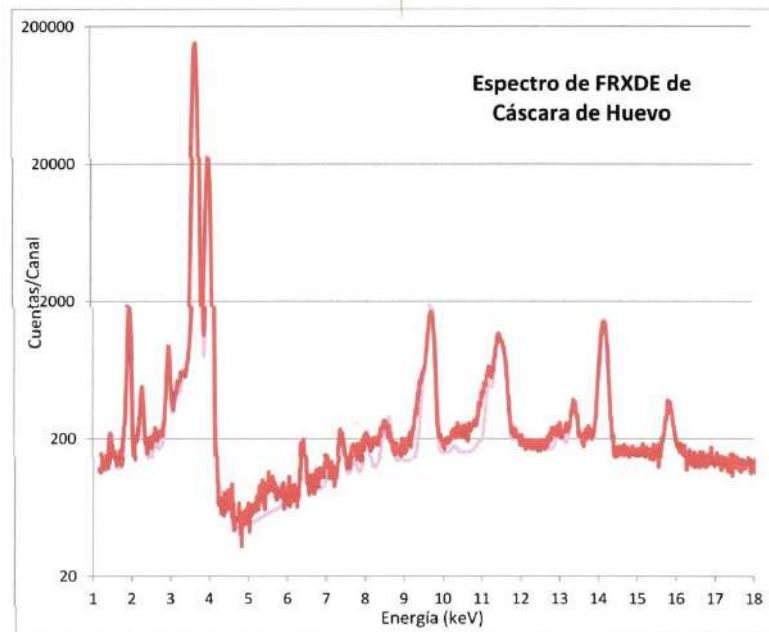


Figura 1. Espectro de FRXDE de cáscara de huevo molido en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Archeometría



Lima, 31 de agosto del 2018



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

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

---

**Informe N°112-LAQ/2018**

**Análisis de ceniza de hoja de eucalipto por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de ceniza de hoja de eucalipto a pedido del Sr. **Matías Quispe, Samuel**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia de un Concreto F’C = 210 kg/cm<sup>2</sup> Sustituyendo el 10% y 16% del Cemento por una Combinación de Cáscara de Huevo y Ceniza de Hoja de Eucalipto.”**

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

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 4990 cts/s.

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

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





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

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

---

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

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

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

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de hoja de eucalipto. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



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

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

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

Tabla 1. Composición elemental de ceniza de hoja de eucalipto en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.147	5.211
SiO <sub>2</sub>	5.346	6.718
SO <sub>2</sub>	1.250	1.583
ClO <sub>2</sub>	3.866	4.858
K <sub>2</sub> O	14.970	18.812
CaO	48.741	61.251
TiO	0.111	0.140
MnO	0.385	0.421
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.609	0.765
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.006	0.008
CuO	0.012	0.015
ZnO	0.072	0.090
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.013	0.016
Rb <sub>2</sub> O	0.005	0.006
SrO	0.077	0.097
ZrO <sub>2</sub>	0.005	0.007
Total	79.576	100.00



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

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



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

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 31 de agosto del 2018

## A.9 Resistencia a la Compresión



### RESISTENCIA A LA COMPRESION

MATÍAS QUISPE, SAMUÉL

RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $F'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$  SUSTITUYENDO EL 10% Y 16% DE CEMENTO POR UNA COMBINACIÓN DE CASCARA DE CUEVO Y CENIZA DE HOJA DE EUCALIPTO "EUCALYPTUS".

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS PATRON													
Dosificación 100 % Cemento													
1.0      2.99      3.18      a/c = 0.54													
FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	ALTO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (Kgf)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	CUMPLE	
P R O B E T A P A T R O N	13/08/2018	7	P1-P	15.24	30.48	182.41	33680	184.6	187.8	0,7 F'c	89.40%	SI	
	13/08/2018		P2-P	15.24	30.48	182.41	33010	181.0		147 Kg/cm <sup>2</sup>			
	13/08/2018		P3-P	15.24	30.48	182.41	36060	197.7					
	20/08/2018	14	P4-P	15.24	30.48	182.41	36550	200.4	196.8	0,85 F'c	93.70%	SI	
	20/08/2018		P5-P	15.24	30.48	182.41	34230	187.7		178.5 Kg/cm <sup>2</sup>			
	20/08/2018		P6-P	15.24	30.48	182.41	36890	202.2					
	03/09/2018	28	P7-P	15.24	30.48	182.41	40050	219.6	210.2	F'c	100.10%	SI	
	03/09/2018		P8-P	15.24	30.48	182.41	36440	199.8		210 Kg/cm <sup>2</sup>			
	03/09/2018		P9-P	15.24	30.48	182.41	38540	211.3					



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FIELAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
PROGRAMA DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320  
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810  
Nuevo Chimbote Av. Pacífico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826  
OFICINA DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

## RESISTENCIA A LA COMPRESION

MATÍAS QUISPE, SAMUÉL

RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$  SUSTITUYENDO EL 10% Y 16% DE CEMENTO POR UNA COMBINACIÓN DE CASCARA DE CUEVO Y CENIZA DE HOJA DE EUCALIPTO "EUCALYPTUS".

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS EXPERIMENTALES 10%												
Dosificación 90 % Cemento y 10% de la combinación (7.5% PCH + 2.5% CHE)												
1.0      2.99      3.18      a/c = 0.54												
FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	ALTO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (Kgf)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	CUMPLE
PROBETA EXPERIMENTAL 10%	13/08/2018	7	E1-A	15.24	30.48	182.41	34900	191.3	193.3	0,7 F'c	92.00%	SI
	13/08/2018		E2-A	15.24	30.48	182.41	33290	182.5		147 Kg/cm <sup>2</sup>		
	13/08/2018		E3-A	15.24	30.48	182.41	37600	206.1				
	20/08/2018	14	E4-A	15.24	30.48	182.41	38920	213.4	206.8	0,85 F'c	98.50%	SI
	20/08/2018		E5-A	15.24	30.48	182.41	36840	202.0		178.5 Kg/cm <sup>2</sup>		
	20/08/2018		E6-A	15.24	30.48	182.41	37390	205.0				
	03/09/2018	28	E7-A	15.24	30.48	182.41	42330	232.1	214.17	F'c	102.00%	SI
	03/09/2018		E8-A	15.24	30.48	182.41	39050	214.1		210 Kg/cm <sup>2</sup>		
	03/09/2018		E9-A	15.24	30.48	182.41	35820	196.4				



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PUEBLA - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE



## RESISTENCIA A LA COMPRESION

MATÍAS QUISPE, SAMUÉL

RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'c=210KG/CM2 SUSTITUYENDO EL 10% Y 16% DE CEMENTO POR UNA COMBINACIÓN DE CASCARA DE CUEVO Y CENIZA DE HOJA DE EUCALIPTO "EUCALYPTUS".

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS EXPERIMENTALES 16%													
Dosificación 84 % Cemento y 16% de la combinación (12% PCH +4% CHE)													
1.0      2.99      3.18      a/c = 0.54													
	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	CURADO (Días)	PROBETA (Código)	DIAMETRO (cm)	ALTO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (Kgf)	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA MINIMA	RESISTENCIA OBTENIDA (%)	CUMPLI
PROBETA EXPERIMENTAL 16%	06/08/2018	13/08/2018	7	E1-B	15.24	30.48	182.41	36910	202.3	194.2	0,7 F'c	92.50%	SI
		13/08/2018		E2-B	15.24	30.48	182.41	34030	186.6		147 Kg/cm <sup>2</sup>		
		13/08/2018		E3-B	15.24	30.48	182.41	35330	193.7				
		20/08/2018	14	E4-B	15.24	30.48	182.41	40370	221.3	223.2	0,85 F'c	106.30%	SI
		20/08/2018		E5-B	15.24	30.48	182.41	39900	218.7		178.5 Kg/cm <sup>2</sup>		
		20/08/2018		E6-B	15.24	30.48	182.41	41850	229.4				
		03/09/2018	28	E7-B	15.24	30.48	182.41	41450	227.2	232.61	F'c	110.80%	SI
		03/09/2018		E8-B	15.24	30.48	182.41	43410	238.0		210 Kg/cm <sup>2</sup>		
		03/09/2018		E9-B	15.24	30.48	182.41	42430	232.6				



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

A.10 Estadística

Resistencia		Estadístico	Error Estándar
<b>Probeta Patrón</b>	Media	198.2267	6.51121
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 170.2112 Límite superior 226.2421	
	Media recortada al 5%		
	Mediana	196.7500	
	Varianza	127.187	
	Desviación estándar	11.27774	
	Mínimo	187.76	
	Máximo	210.17	
	Rango	22.41	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	.579	1.225
	Curtosis		
	<b>Probeta Experimental (10%)</b>	Media	204.7733
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior 178.4489 Límite superior 231.0978	
Media recortada al 5%			
Mediana		206.7700	
Varianza		112.297	
Desviación estándar		10.59703	
Mínimo		193.32	
Máximo		214.23	
Rango		20.91	
Rango intercuartil			
Asimetría		-.818	1.225
Curtosis			
<b>Probeta Experimental (16%)</b>		Media	216.6900
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 166.8739 Límite superior 266.5061	
	Media recortada al 5%		

	Mediana	223.1600	
	Varianza	402.151	
	Desviación estándar	20.05370	
	Mínimo	194.20	
	Máximo	232.71	
	Rango	38.51	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	-1.301	1.225
	Curtosis		

Pruebas de normalidad				
Sustitución		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia	Probeta Patrón	.987	3	.783
	Probeta Experimental (10%)	.922	3	.459
	Probeta Experimental (16%)	.973	3	.687

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1666,215 <sup>a</sup>	4	416.554	11.667	.018
Intersección	384015.696	1	384015.696	10755.577	.000
sustitución	525.760	2	262.880	7.363	.046
curado	1140.455	2	570.227	15.971	.012
Error	142.815	4	35.704		
Total	385824.727	9			
Total corregido	1809.031	8			

a. R al cuadrado = ,921 (R al cuadrado ajustada = ,842)



### A.11 Panel fotográfico



Foto 1: Recolección de hojas de eucalipto  
Fuente: Elaboración propia



Foto 2: Recolección de Cáscara de huevo  
Fuente: Elaboración propia



Foto 3: Quemado de la hoja de eucalipto – Horno Mufla a 750° por 1 hora  
Fuente: Elaboración propia



Foto 4: Molido de Cáscara de huevo  
Fuente: Elaboración propia



Foto 5: Contenido de humedad  
Fuente: Elaboración propia



Foto 6: Granulometría  
Fuente: Elaboración propia





Foto 7: Peso específico y Absorción  
Fuente: Elaboración propia



Foto 8: Peso unitario  
Fuente: Elaboración propia



Foto 9: Elaboración de probetas de concreto  $f'c=210\text{kc/cm}^2$   
Fuente: Elaboración propia



Foto 10: Medición de Slump (3 a 4")  
Fuente: Elaboración propia





Foto 11: Final de colocado de concreto  
Fuente: Elaboración propia



Foto 12: Desencofrado de Probetas  
Fuente: Elaboración propia



Foto 13: Probetas en etapa de fraguado  
Fuente: Elaboración propia



Foto 14: Probetas en etapa de curado  
Fuente: Elaboración propia



Foto 14: Prueba de probetas a compresión  
Fuente: Elaboración propia