

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“EFECTO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO NORMAL”

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por el Bachiller:

PERCY LOAYZA GOICOCHEA

Asesor

MCs. Ing. HÉCTOR PÉREZ LOAYZA

Cajamarca, Diciembre del 2014

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

– FACULTAD DE INGENIERÍA –

- Investigador: PERCY LOAYZA GOICOCHEA**
DNI: 41619181
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
 - Asesor: M.Cs. Ing. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA**
Facultad: INGENIERÍA
 - Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
 - Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación: "EFECTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE ARROZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO NORMAL"**
- Fecha de evaluación: 20 de febrero de 2024**
 - Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
 - Porcentaje de Informe de Similitud: 9% (nueve por ciento)**
 - Código Documento: oid:3117:333827175.**
 - Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 21 de febrero del 2024

 <hr/> FIRMA DEL ASESOR Dra. Yvonne Katherine Fernández León DNI: 26681708	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN</p>  <hr/> Dra. Yvonne Katherine Fernández León DIRECTORA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT@2024 by
PERCY LOAYZA GOICOCHEA
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

Mi inmenso agradecimiento a Dios todopoderoso por darme la fortaleza cada día para salir adelante, a pesar de las dificultades que encontramos en nuestro caminar hacia la superación; gracias por permitirme culminar mis sueños, gracias por la vida, gracias por tu amor, a ti te debo todo, todo proviene de ti, hazme estar agradecido y bendecido siempre.

A mis padres agradezco de antemano por su infinito apoyo, comprensión, amor, instrucción a lo largo de mi vida.

A mi asesor M.Cs. Ing. Héctor Pérez Loayza, por su apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo de graduación; que Dios lo bendiga siempre.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por darme sabiduría y salud, por la familia que me regaló, por iluminarme a lo largo de mi carrera, por ayudarme a no desistir en la consecución de este sueño y por las inmensas bendiciones recibidas.

A mi padre Ramiro Loayza Quispe, hombre trabajador quien lo ha dado todo por sus hijos sacándonos adelante, con ese ejemplo de honradez y responsabilidad que siempre me ha infundido, por haberme proporcionado todo tipo de apoyo a su alcance y creer en que lo lograría.

A mi madre Martina Goicochea Lozano, una mujer excepcional y gran ejemplo de humildad, cuyo apoyo inigualable demuestra lo ilimitado de su amor para conmigo, gracias por sus oraciones, consejos, regaños, por enseñarme que con Dios de nuestro lado todo nos es posible, por forjar junto con mi padre a un hombre de bien, enseñándome tantos valores para la vida los cuales espero transmitir a mis hijos.

A mis hermanos Oscar Roger, Marilú, Jayro, Urilser, Jamber y Norbil por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de mi vida con consejos y regaños, siendo ejemplo de personas integrales; por creer en que su hermano podría alcanzar este logro.

A mi esposa Ana Guadalupe Jave Carmona por brindarme su amor, comprensión y paciencia; eres el amor de toda mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1 COMPONENTES DEL CONCRETO	4
2.2.2 CONCRETO.....	27
2.2.3 DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.	33
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1. CANTERA	36
3.1.1 ELECCIÓN DE LA CANTERA PARA EL PRESENTE TRABAJO	36
3.1.2 UBICACIÓN.....	36
3.2. OBTENCIÓN DE LAS CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ (CCA).....	37
3.2.1 UBICACIÓN.....	37
3.2.2 METODOLOGÍA.....	38
3.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	38
3.3.1 MATERIALES.....	38
3.3.2 EQUIPO	39
3.3.3 METODOLOGÍA.....	39
3.4. DISEÑO DE MEZCLAS	40
3.4.1 MÉTODO DE EXPERIMENTACIÓN.....	40
3.4.2 PROCEDIMIENTO	40
3.5. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES	40
3.5.1 MATERIALES.....	40
3.5.2 EQUIPO	40
3.5.3 METODOLOGÍA.....	40
3.6. CURADO DE LOS ESPECÍMENES EN EL LABORATORIO	40
3.6.1 EQUIPO	40
3.6.2 METODOLOGÍA.....	41
3.7. PRUEBA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN	41
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.....	42
4.2. DISEÑO DE MEZCLAS.	44
4.2.1 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL DISEÑO DE MEZCLAS POR EL MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS	44

4.2.2	RESUMEN DE DOSIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE MESCLAS PARA $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON ADICIONES DE CCA DE 05%, 10%, 15% y 20% ..	47
4.3.	ESFUERZOS A COMPRESIÓN	49
4.3.1	TIPOD DE MUESTRAS.....	49
4.3.2	RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE ESFUERZOS A COMPRESION.....	50
4.3.3	PROMEDIO DE LOS ESFUERZOS A COMPRESION	51
4.3.4	RESUMEN ESTADISTICO	51
4.3.5	RESUMEN COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS AL ESFUERZO A COMPRESIÓN	53
4.3.6	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		56
5.1.	CONCLUSIONES.....	56
5.2.	RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		57
ANEXOS.....		58
A.)	TABLAS.....	58
B.)	DISEÑO DE MEZCLAS CON ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA) EN 05%, 10%, 15% Y 20%.....	66
C.)	PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS AGREGADOS.....	82
C.1.	AGREGADO FINO.....	82
C.2.	AGREGADO GRUESO.....	87
D.)	PROPIEDADES DE LA CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA)	88
E.)	GRAFICAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN	89
F.)	PANEL FOTOGRÁFICO	104

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 01. HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO	58
TABLA 02. HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO	59
TABLA 03. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DEL CEMENTO PACASMAYO TIPO I	60
TABLA 04. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CEMENTO PACASMAYO TIPO I.....	60
TABLA 05. EFECTO DE LAS CONDICIONES DE COMBUSTIÓN EN LAS PROPIEDADES QUE PRESENTA LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ.....	61
TABLA 06. TIPO DE GRADACIÓN SEGÚN PESO RETENIDO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE ESFERAS	61
TABLA 07. NÚMERO DE ESFERAS SEGÚN EL TIPO DE GRADACIÓN DEL MATERIAL	62
TABLA 08. PRINCIPALES COMPONENTES DEL CEMENTO PORTLAND.....	62
TABLA 09. PRINCIPALES COMPONENTES DEL CEMENTO PORTLAND.....	62
TABLA 10. CONSISTENCIA Y ASENTAMIENTOS	63
TABLA 11. REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y DE CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADO	63
TABLA 12. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA DE MEZCLADO, PARA ASENTAMIENTOS Y TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL.....	64
TABLA 13. RELACIÓN AGUA / CEMENTO POR RESISTENCIA.....	64
TABLA 14. MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	65
TABLA 15. VALORES DE DISPERSIÓN EN EL CONTROL DEL CONCRETO.....	65

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 01. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PUZOLÁNICOS.....	18
FIGURA 02. HORNO DE LADRILLO PARA LA CALCINACIÓN DE CÁSCARA DE ARROZ.....	25
FIGURA 03. CALCINADOR DE LECHO FLUIDO PARA CÁSCARA DE ARROZ	26
FIGURA 04. UBICACIÓN DE LA CANTERA JOSÉ ERNESTO ACOSTA GÁLVEZ (RIO CHONTA)	37
FIGURA 05. UBICACIÓN DEL MOLINO VALLE DORADO DONDE SE OBTUVIERON LAS CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ	38
FIGURA 06. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES A LOS 07 DÍAS DE CURADO CON DISTINTAS DOSIFICACIONES DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA)	52
FIGURA 07. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES A LOS 14 DÍAS DE CURADO CON DISTINTAS DOSIFICACIONES DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA)	52
FIGURA 08. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES A LOS 28 DÍAS DE CURADO CON DISTINTAS DOSIFICACIONES DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA)	53

RESUMEN

En la presente investigación se muestra el efecto que genera la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal, con la adición del 05%, 10%, 15% y 20% del peso del cemento. La experimentación se realizó entre agosto y diciembre del 2014, mediante la elaboración de especímenes de concreto, los cuales fueron sometidos a ensayos de compresión, a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados demuestran que la ceniza de cáscara de arroz aumenta la resistencia a compresión en relación al concreto patrón a los 28 días en 57.64 Kg/cm^2 , 77.29 Kg/cm^2 , 96.68 Kg/cm^2 y 76.20 Kg/cm^2 cuando se adicionan 05%, 10%, 15%, y 20% respectivamente. En conclusión el concreto adicionado con CCA obtiene resistencias superiores con respecto al concreto patrón en sus diferentes edades de curado, siendo el 15% el porcentaje óptimo de adición.

Palabras clave: Concreto, ceniza de cáscara de arroz, resistencia a la compresión,

ABSTRACT

In this research the effect generated by rice husk ash on the compressive strength of normal concrete with the addition of 05%, 10%, 15% and 20% by weight of cement is shown. The experiment was conducted between August and December 2014, by developing concrete specimens, which were subjected to compression tests at 7, 14 and 28 days of curing. The results demonstrate that the rice hull ash increase the compressive strength in relation to the specific pattern 28 days in 57.64Kg / cm², 77.29 Kg / cm², 96.68 kg / cm² and 76.20 kg / cm² when 05% is added, 10%, 15% and 20% respectively. In conclusion the concrete added with CCA gets higher strengths with respect to particular pattern at different curing ages, with 15% as the optimum level of addition.

Keywords: Concrete, rice husk ash, compressive strength.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

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

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

Esta investigación resuelve la siguiente interrogante ¿cómo afecta la adición de ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal?; para lo cual se propuso la siguiente hipótesis: la adición de ceniza de cáscara de arroz incrementa la resistencia a la compresión del concreto normal en un 20%.

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

El alcance de la presente investigación es para un concreto normal $f'c=210$ Kg/cm², utilizando como materiales cementantes cemento portland tipo I y ceniza de cáscara de arroz.

En ese sentido; se planteó como objetivo general: determinar el efecto de la adición de ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal; y cómo objetivos específicos: Realizar un análisis comparativo del concreto patrón versus un concreto con la adición de ceniza

de cáscara de arroz en 05%, 10%, 15% y 20%; y Determinar el porcentaje óptimo de adición de ceniza de cáscara de arroz a la mezcla de concreto que garantice la máxima resistencia.

La presente investigación comprende de 5 capítulos:

En el capítulo I, se muestra la Introducción que describe un panorama general de la investigación.

En el capítulo II, denominado Marco teórico; se exponen los antecedentes teóricos de la investigación, un marco conceptual en el que se argumentan aspectos esenciales de los componentes del concreto.

El Capítulo III. Materiales y Métodos; se describe la ubicación geográfica de los componentes del concreto utilizados en la presente investigación, el procedimiento y la metodología de los diferentes procesos realizados en el experimento.

En el capítulo IV, se presenta el análisis y discusión de resultados de acuerdo a los objetivos planteados.

El Capítulo V, presenta las conclusiones y recomendaciones más pertinentes derivadas de los resultados del presente trabajo de investigación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

En setiembre del 207 se presentó el artículo científico **“Efecto del modo de obtención de la sílice amorfa a partir de la cascarilla de arroz en las propiedades de durabilidad del concreto armado”**, por Surguey solarte y Michel Ospina de la Universidad Tecnológica de Pereira – Colombia, en el que demuestran que la ceniza de cascara de arroz tienen la capacidad de mejorar la resistencia a compresión del concreto a diferentes edades de curado en 9% y 18% cuando se reemplaza en 10% y 20% del peso del cemento respectivamente, además es importante el efecto que tiene la granulometría de la ceniza debido a que la ceniza de mayor finura genera mayores incrementos en resistencia a compresión a los 28 días de curado con respecto al patrón.

En agosto del 2012 se realizó la tesis **“La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados”**, por belcky maría de los ángeles Juárez Quevedo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala. Llegando a la siguiente conclusión: La resistencia a compresión del desarrollo de la fuerza cal puzolana a las edades de 7, 14 y 28 días, presentan un aumento del 35 por ciento en su resistencia a 28 días, mientras que la fuerza cemento puzolana a las edades de 8 y 28 días presenta un aumento del 45 por ciento en su resistencia a 28 días.

La adición de cenizas de cascara de arroz provocan incrementos en la resistencia a compresión del concreto en un 40%, siendo el porcentaje ideal de sustitución de ceniza de cascara de arroz en un 20% (Águila, I. 2008).

En el año 2012 se realizó la tesis **“las cenizas de cáscara de arroz, adición puzolánica en cemento y concreto”**, por la Bach. En ing. Civil Patricia Vigil de la Universidad de Piura. Llegando a las conclusiones siguientes: Que

mediante la calcinación controlada de la cáscara de arroz, a baja temperatura (400°C), se ha obtenido una ceniza que consiste esencialmente en sílice amorfa, con un alto contenido de SiO₂ (93%), de gran área superficial (22600 cm²/g) y que, en consecuencia, posee gran actividad puzolánica, además demuestra que los cementos portland adicionados presentan mayores resistencias a la compresión que el cemento portland sin adición a los 28 días de curado en 66 Kg/cm², 58 Kg/cm², 55 Kg/cm² y 41 Kg/cm² con porcentajes de adición en 10%, 15%, 20% y 30% respectivamente.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 COMPONENTES DEL CONCRETO

A.) AGREGADOS

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros.

La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto.

Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena resistencia y durabilidad, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puede debilitar el enlace con la pasta de cemento.

a.) Clasificación de los agregados

Se clasifican en agregado fino (arena fina y arena gruesa)

Agregado grueso (grava y piedra).

Agregado fino

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 0.074 mm

(N°200) y que cumplen con los límites establecidos en la NTP 400.011.

Arena

Se define la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidas por fenómenos mecánicos, naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales y médanos o que se forman in situ por descomposición; o el conjunto de piedras producidas por acción mecánica artificial, las primeras son las arenas naturales; y las segundas, las arenas artificiales.

Se clasifican según la “Comisión de Normalización” de la Sociedad de Ingenieros del Perú como sigue:

Arena fina: 0.05 a 0.5mm

Arena media: 0.5 a 2.0mm

Arena gruesa: 2.0 a 5.0mm

Volviendo a la granulometría, en general el agregado fino debe estar gradado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037.Tabla N° 01.

Agregado grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N ° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. El agregado grueso podrá ser grava, piedra chancada, etc.

Deberá cumplir con los requerimientos establecidos en NTP 400.011

Volviendo a la granulometría, en general el agregado grueso debe estar gradado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037 Tabla N° 02.

Agregado global

Es un material compuesto de grava y arena empleado en forma natural de extracción.

Su granulometría deberá estar comprendida entre la malla de 2" como máximo y la malla N°100 como mínimo.

Deberá ser manejado, transportado y almacenado de manera tal de garantizar la ausencia de contaminación con materiales que podrían reaccionar con el concreto.

Deberá emplearse únicamente en la elaboración de concretos con resistencias en compresión, hasta de 100 kg/cm² a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será 255 kg/m³.

b.) Propiedades químicas de los agregados

Reacción álcali - sílice (NTP 334.067)

Los agregados cuando poseen óxidos de silicio en sus formas inestables reaccionan con los óxidos alcalinos del cemento, produciendo un gel que aumenta el volumen a medida que absorbe agua con lo que origina presiones internas en el concreto con la siguiente expansión, agrietamiento y ruptura de la pasta de cemento; normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

Reacción álcali - carbonatos

Se da en concretos que tienen rocas carbonatadas como áridos, hay dos clases de reacción álcali – carbonatos:

Las rocas carbonatadas reaccionan con los álcalis presentes en los poros del concreto produciendo expansiones y fisuraciones nocivas.

Las zonas periféricas de las partículas de árido en contacto con la pasta de cemento, se modifican, desarrollándose bordes sobresalientes entre la partícula y la pasta que la rodea.

c.) Propiedades físicas de los agregados

Análisis granulométrico (NTP 400.011)

Se define como el estudio de la manera como se encuentran distribuidos los tamaños de las partículas del agregado.

Módulo de finura (NTP 334.045)

Es el indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado. Puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que no representa la distribución de las partículas. El módulo de finura esta en relación inversa a las áreas superficiales; por lo que la cantidad de agua por área superficial será menor, mientras mayor sea el módulo de finura.

Para el caso del agregado fino, se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N^o4, N^o8, N^o16, N^o30, N^o50, N^o100; y dividiendo dicha suma entre 100.

$$M.F = \frac{\% \text{ Ret. Acum. Tamices}(N_4, N_8, N_{16}, N_{30}, N_{50}, N_{100})}{100}$$

Para el caso del agregado grueso, se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 1", ¾", 3/8", N^o4, más el valor de 500; y dividiendo dicha suma entre 100.

$$M.G = \frac{\% \text{ Ret. Acum. Tamices}(1", 3/4", 3/8", N_4) + 500}{100}$$

Peso específico y absorción (NTP 400.021 - 400.022)

Peso específico de masa

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.m = \frac{Wms}{S - Va}$$

Wms: Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

S: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

Va: Volumen de agua añadida.

Para el Agregado Grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.m = \frac{Wms}{S - Wma}$$

Wms: Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

S: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

Wma: Peso en el agua de la muestra saturada.

Peso específico de masa saturada superficialmente seca

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.m(S.S.S) = \frac{S}{S - Va}$$

Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

Va: Volumen de agua añadida.

Para el Agregado Grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.m(S.S.S) = \frac{S}{S - Wma}$$

S: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

Wma: Peso en el agua de la muestra saturada.

Peso específico nominal o aparente

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.a = \frac{Wms}{[(S - Va) - (S - Wms)]}$$

Wms: Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

S: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

Va: Volumen de agua añadida.

Para el Agregado Grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe.a = \frac{Wms}{Wms - Wma}$$

Wms: Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

Wma: Peso en el agua de la muestra saturada.

Absorción

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta. La relación del incremento en peso al peso de la muestra seca expresado en porcentaje, se denomina porcentaje de Absorción.

La absorción, depende de la porosidad, y es importante para las correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto.

La absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Abs} = \frac{S - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100$$

S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

Wms: Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C

Contenido de humedad (NTP 339.185)

Es el total de agua que contiene el agregado en un momento dado. Si se expresa como porcentaje de la muestra seca, se le denomina Porcentaje de Humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

El contenido de humedad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W\% = \frac{A - B}{B} \times 100$$

A: Peso de la muestra húmeda

B: Peso de la muestra seca

Peso unitario (NTP 400.017)

Es el peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplean en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa.

El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

Peso unitario seco suelto

Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa.

Peso unitario seco compactado.

Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactando el material en capas dentro del molde, éste se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute.

Según la American Concrete Institute (ACI), existen dos procedimientos para determinar el peso unitario seco compactado, el Método del Apisonado, para agregados cuyo tamaño máximo no sea mayor de 3.8 cm, y el Método de Vibrado, para agregados cuyo tamaño máximo está comprendido entre 3.8 cm y 10 cm:

Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018).

Son materiales muy finos del agregado, se presentan en forma de recubrimientos superficiales (arcillas), o en forma de partículas sueltas (limo). La primera interfiere en la adherencia entre el

agregado y el cemento, y la segunda incrementa la cantidad de agua de mezclado, logrando disminuir la resistencia.

Las partículas muy finas como la arcilla, el limo y el polvo de trituración pueden ser eliminadas de los agregados mediante el lavado de los mismos con agua potable o su similar.

El porcentaje que pasa el tamiz N° 200, se calcula mediante tamizado por lavado en la malla N° 200. A la pérdida en peso debido al lavado, calculado en porcentaje en peso de la muestra original.

Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (sin lavado previo).

Se realizó el cálculo del porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 tal cual se obtuvo de la cantera, utilizándose la siguiente expresión:

$$\% \text{pasa tamiz N}^\circ 200 = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Wi: Peso seco de la muestra original

Wf: Peso seco de la muestra después del lavado

Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (con lavado previo).

Debido a la excesiva presencia de material fino en los agregados, se realizó un lavado previo de los mismos con agua potable de la red, utilizándose la siguiente expresión:

$$\% \text{pasa tamiz N}^\circ 200 = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Wi: Peso seco de la muestra original

Wf: Peso seco de la muestra después del lavado

Resistencia a la abrasión (NTP 400.019).

Es la fuerza que presentan los agregados al ser sometidos a fuerzas de impacto, al desgaste por abrasión y frotamiento.

Cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste.

El método de prueba usado es el de la Máquina los Ángeles, por su rapidez y porque se puede aplicar a cualquier agregado. La resistencia a la abrasión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \cdot 100$$

Wo: Peso Original de la muestra

Wf: Peso final de la muestra

Para el cálculo de la Resistencia a la Abrasión, se escogerá una de las 4 gradaciones (A, B, C, D); establecidas por las aberturas de los tamices de la norma ITINTEC 350.001; y dependiendo el tipo de gradación se procederá al ensayo con un número determinado de esferas.

El número de esferas para el ensayo, deberán ser de fierro fundido, con un diámetro de 48 mm y entre 390 y 445 gr de masa. Las gradaciones de las muestras de ensayo y la carga abrasiva se muestran en las tablas N° 06 y N°07 respectivamente.

B.) AGUA

El agua cobra importancia en la fabricación del concreto como: agua de mezclado, agua de curado y agua de lavado de los agregados.

a.) Agua de mezclado (NTP 339.088)

Tiene las siguientes funciones:

Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación

Actuar como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla.

Asegurar el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación, la hidratación completa del cemento requiere del 22-25%, del agua de mezclado.

Las impurezas del agua pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión y pueden ser: carbonatos o bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, materia orgánica, aceites, o sedimentos y pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras. (Ver Tabla N° 18 Límites de sustancia permisibles en el agua de mezcla o curado).

b.) Agua de curado (NTP 339.088).

Tiene las siguientes funciones:

El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el concreto es sumamente permeable; no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el concreto para evitar la aparición de fisuras.

c.) Agua de lavado.

El agua para lavado de los agregados, no debe contener materiales, en cantidades tales que produzcan una película o revestimiento dañino sobre las partículas de los agregados.

d.) Relación de agua material cementante.

De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia.

También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida.

$$R = a/c$$

R: Relación agua/ material cementante

a: masa de agua del concreto fresco

c: masa del material cementante del concreto fresco

Cuanto más baja es la relación agua / material cementante tanto más favorables son las propiedades de la pasta de cemento endurecida, si en cambio esta relación es mayor, habrá mayor cantidad de poros capilares en la pasta de cemento, logrando el incremento de la permeabilidad y reduciendo la resistencia.

Según Enrique Pasquel C. (2011):

Para A/C alta sobra agua de hidratación y todo el cemento se hidrata.

Para A/c = 0.42 no sobra agua de hidratación

Para A/C < 0.42 queda cemento sin hidratar

C.) CEMENTO.

El cemento es una sustancia conglomerante que, mezclado con agregados pétreos (árido grueso o grava, más árido fino o arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica; la misma que fragua y se endurece al reaccionar con el agua, adquiriendo consistencia pétreo, denominado concreto.

Son materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. (Rivva, L. 2000).

a.) Cemento Portland (ASTM C - 150)

Es un aglomerante hidráulico producido mediante la pulverización del Clínker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de

las formas de sulfato de calcio con una adición de yeso u otro material durante la molienda. (NTP 334.009).

b.) Propiedades *principales* del cemento portland.

Los óxidos principales (C= CaO, S= SiO₂, A= Al₂O₃, F= FeO₃) constituyen prácticamente más del 90% en peso del Clínker. De los cuatro óxidos principales la cal es de carácter básico y los otros tres de carácter ácido, de ellos la sílice y la cal son componentes activos, y la alúmina y el hierro actúan como fundentes.

c.) Tipos de *cemento portland* (NTP 334.009)

Los cementos portland por lo general, se fabrican en cinco tipos, cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de las especificaciones de la norma ASTM C 150.

- **Cemento portland tipo I**
Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **Cemento portland tipo II:**
Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- **Cemento portland tipo III**
Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- **Cemento portland tipo IV**
Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- **Cemento portland tipo V**
Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

d.) Control de calidad del cemento.

Las empresas de cemento han incorporado criterios de control de calidad. Que permiten obtener productos de elevadas cualidades. Dichas plantas cuentan con modernos laboratorios para ensayos y análisis de las materias primas. Los ensayos de rutina de carácter químico, físico y mecánico se ejecuta paralelamente a técnicas modernas como: Difracción de rayos X, absorción atómica, la espectrofotometría, los rayos láser, entre otros.

e.) Almacenamiento del cemento

El cemento puede conservarse indefinidamente, sin deteriorarse, en la medida que esté protegido de la humedad, incluyendo la existente en el aire (Rivva, 2000). En las plantas de hormigón, en las obras y en el transporte de larga duración, el cemento tiende a deteriorarse, por lo que deben observarse ciertas precauciones para su almacenamiento.

f.) Cemento utilizado en la investigación.

Para la ejecución de la presente investigación, se utilizara Cemento Portland Tipo I Marca Pacasmayo.

Las características físico- mecánicas y químicas del Cemento Pacasmayo Tipo I se dan a conocer en las tablas N° 03 y N°04 respectivamente.

D.) PUZOLANAS

Las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice reactiva y/o aluminio, que tienen poca o ninguna calidad aglomerante, que mezcladas con cal en presencia de agua, fraguan y endurecen como un cemento. Asimismo, son ingredientes importantes en la producción de materiales alternativos al cemento Portland.

a.) Clasificación de las puzolanas

Los materiales puzolánicos o adiciones activas de mayor interés en la industria del cemento pueden dividirse en dos grandes grupos: naturales y artificiales (subproductos industriales).

Al primer grupo pertenecen las verdaderas puzolanas y las tobas volcánicas, así como una serie de otros productos naturales, que tienen en común un comportamiento similar frente a la cal.

En el segundo grupo, están, principalmente, las escorias de horno alto, las cenizas volantes y las arcillas calcinadas. En la figura N° 01, puede verse una clasificación de dichos materiales.

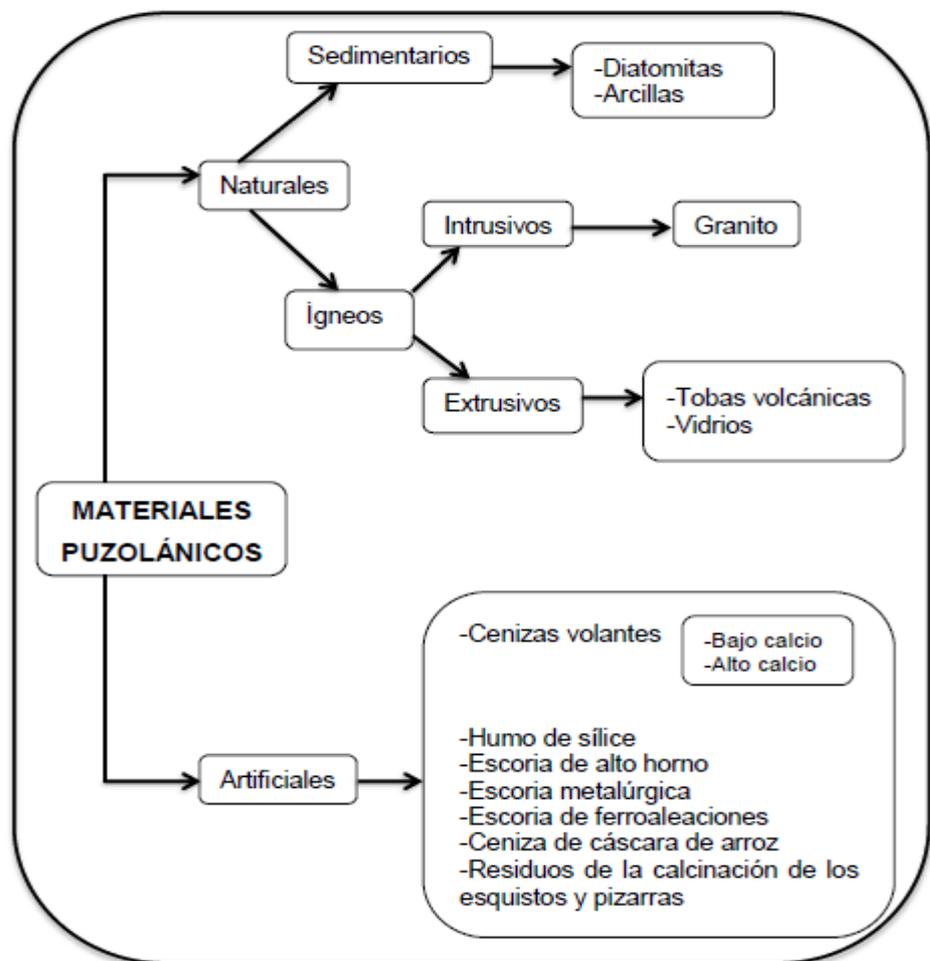


Figura 01. Clasificación de materiales puzolánicos

Puzolanas naturales

Este grupo pertenecen las verdaderas puzolanas y las tobas volcánicas, así como una serie de otros productos naturales,

que tienen en común un comportamiento similar frente a la cal. Las puzolanas naturales son productos sialíticos, este nombre se debe al alto contenido en silicio y aluminio que contienen.

Las puzolanas naturales esencialmente son cenizas volcánicas de actividades volcánicas geológicamente recientes. El proceso de los materiales puzolánicos naturales incluye, usualmente, trituración, molienda y clasificación por tamaños, en algunos casos también se realiza una activación térmica, exceptuando las diatomitas todas las puzolanas naturales se derivan de rocas y minerales volcánicos.

Puzolanas artificiales

Las puzolanas artificiales son el resultado de diversos procesos industriales y agrícolas, generalmente como subproductos y materiales tratados térmicamente. Por ende se presenta un problema de almacenamiento produciendo un importante impacto medioambiental. De aquí el interés en que se utilicen como materia prima en otras industrias incrementando su consumo, lo que aporta las siguientes ventajas adicionales:

Alargan la vida de los recursos naturales

Rentabilización del residuo, mejorando el balance económico de la empresa generadora.

Propiedades de las puzolanas

Las propiedades técnicas de los materiales con adiciones puzolánicas, se derivan, principalmente, de tres características de la reacción puzolánica:

La primera: es una reacción lenta, al contrario que la reacción de hidratación del cemento que es rápida, por tanto, la velocidad de liberación del calor y el desarrollo de resistencias serán procesos más lentos.

La segunda: es una reacción que consume hidróxido de calcio en vez de generarlo, lo que es importante para la durabilidad de las pastas hidratadas en ambientes ácidos.

La tercera: es que al producirse en un tiempo posterior los productos de reacción rellenan, de forma muy eficiente, los espacios capilares que quedan después de la hidratación de los componentes del cemento, así se mejora la impermeabilidad y la resistencia mecánicas del sistema (menor porosidad).

Todas las puzolanas naturales y algunos subproductos industriales como todas las cenizas volantes de bajo contenido en calcio se adaptan a la definición dada de puzolana.

Uso de las puzolanas

El deterioro de nuestro planeta por la contaminación de la atmosfera y la no planeación de procesos o productos sustentables ha impulsado a que la industria cementera y producción de concreto o mortero a la búsqueda de una mejora continua, utilizando complementos cementantes ya sean naturales o artificiales.

E.) CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA)

Es el residuo de la calcinación de la cáscara de arroz; para hacerla altamente puzolánica es necesario tener control en la quema de la misma. La temperatura no debe pasar de 700 grados centígrados, si no la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad.

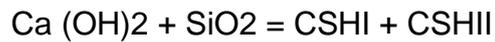
a.) Cemento y concreto adicionado con CCA

Reacciones de hidratación

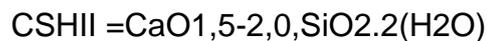
En los cementos y concretos con adición de ceniza de cáscara de arroz, la sílice amorfa de la ceniza reacciona con el hidróxido

de calcio liberado en la hidratación del cemento para formar silicatos de calcio hidratados del tipo CSHI y CSHII, principales compuestos responsables de la resistencia.

La reacción se ilustra como:



Dónde:



Resistencia a la compresión

La adición de cenizas de cáscara de arroz, con un alto contenido de sílice amorfa, contribuye a la resistencia del cemento y el concreto a edades tempranas y en un periodo intermedio, pero tiene relativamente poco efecto a largo plazo.

Con excepción de la ceniza de cáscara de arroz ningún otro material puzolánico, incluyendo la microsílíce (silica fume), tiene la capacidad de contribuir a la resistencia del cemento a edades tempranas de 1 a 3 días.

Por lo tanto, se puede aprovechar el carácter altamente puzolánico de la ceniza de cáscara de arroz para contrarrestar las pérdidas en las resistencias tempranas que son usualmente asociadas con la incorporación de otros tipos de puzolanas.

Resistencia química

La adición de ceniza de cáscara de arroz mejora en gran medida la durabilidad del cemento y el concreto.

Se ha demostrado que la ceniza de cáscara de arroz ayuda a reducir sustancialmente la pérdida de masa del concreto expuesto en una solución de ácido clorhídrico, y disminuye

considerablemente la expansión debido al ataque de sulfatos y a la reacción álcali-sílice.

b.) composición química de la CCA

Tabla 16. Composición química de la ceniza de CCA

Composición (%)	Ceniza Calcinada		
	350°C	400°C	900°C
Al ₂ O ₃	0.08	0.07	0.2
Ca	0.2	0.23	0.26
Fe ₂ O ₃	0.09	0.08	0.08
MgO	0.28	0.28	0.32
K ₂ O	3.09	3.08	2.8
Na ₂ O	0.29	0.29	0.39
SiO ₃	91.78	92.92	93.8
Carbón	5.69	4.72	0.39

Fuente: Tesis Universidad de Piura

Tabla 17. Características físicas CCA

MUESTRA	Densidad g/cm ³	Blaine cm ² /g	RPM 325 (%)
CCA	2.16	22600	14.58

Fuente: Tesis Universidad de Piura

c.) Actividad puzolánica de la CCA

Consiste en la capacidad de la adición para combinarse con el hidróxido de calcio producido durante la hidratación del clinker de cemento Portland, formando compuestos que son también cementantes.

Aquí radica una de sus principales características: una adición (o puzolana) necesita de la presencia del hidróxido de calcio (es decir de clinker de cemento hidratado), para

desarrollar sus propiedades cementantes; por sí sola no puede desarrollar esa actividad puzolánica o lo hará a unas velocidades irrelevantes desde el punto de vista práctico.

La mayoría tienen como característica tener un alto contenido de sílice (SiO_2) y una estructura interna vítrea amorfa (cristales en desorden, en contraste con la cristalina donde los cristales se encuentran en orden), como también estar finamente molidos, lo que les confiere una gran superficie específica.

d.) Tipos de CCA

La cascarilla de arroz luego de la combustión puede tener como resultado, cenizas totalmente quemada, puede ser gris, morada o blanca, dependiendo de las impurezas presentes y las condiciones de combustión.

En la quema al aire libre o en ambientes de combustión no controlada, las cenizas se mantendrán en su mayoría no reactivas debido a la composición mineralógica desfavorable.

La ceniza de cascarilla de arroz parcialmente quemada contiene carbono, y por lo tanto es negra.

La ceniza reactiva es de color gris oscura a blanca, dependiendo del carbón residual en ella.

Para mejorar su reactividad, la ceniza puede ser pulverizada en un molino de bolas por aproximadamente una hora, o más si contiene sílice cristalina. La ceniza puede reemplazar hasta 30 por ciento del cemento en un concreto. Alternativamente, puede ser mezclada con 30 a 50 por ciento de cal hidratada para ser empleada como cemento en morteros, enlucidos y concreto en masa.

e.) Métodos de elaboración de la CCA

Los diferentes estudios experimentales han mostrado que cuando la temperatura de calcinación de la cáscara de arroz es baja y la duración de la exposición a esta temperatura se mantiene en un tiempo relativamente corto, la sílice en las cenizas retenidas muestra un carácter amorfo, como se muestra en la tabla 05.

La ceniza de cáscara de arroz puede ser obtenida a través de diferentes técnicas de calcinación, entre las cuales tenemos:

- Calcinación a campo abierto (o en pilas)
- Calcinación en hornos (circulares o cuadrados)
- Calcinación en lecho fluido

A continuación se describe brevemente cada una de las técnicas de calcinación señaladas:

✓ Calcinación a campo abierto (o en pilas)

Es una técnica sencilla de reducción de cáscara a ceniza. La calcinación a campo abierto se realiza en recintos circulares de ladrillo de hasta 16 metros de diámetro, con pilas de cara de 2,5 metros de altura. La cáscara calcinada es extraída cada cierto tiempo obteniéndose una ceniza de color blanco a blanco- negro.

Durante esta técnica de calcinación la temperatura no puede ser controlada. Asimismo, debido a la alta temperatura alcanzada y a la formación resultante de estructuras silíceas altamente cristalinas (cristobalita y tridimita), la calcinación a campo abierto es asociada con puzolanas de bajo índice de reactividad.

✓ Calcinación en hornos (circulares o cuadrados)

Esta técnica ha sido utilizada en plantas piloto e industriales en la India, Pakistán y Nepal. Los hornos tienen paredes de

ladrillos los cuales se disponen alternadamente de tal manera que se permita el acceso del aire hacia el interior.

La chimenea se extiende hasta la base del horno y está elaborada con una malla fina de alambre que permite que el aire fluya y evita el ingreso de ceniza. Asimismo, las paredes interiores están revestidas con una malla de alambre con la finalidad de retener la cáscara, la cual se carga por la cubierta del horno y se descarga por la base, como se muestra en la figura 02.

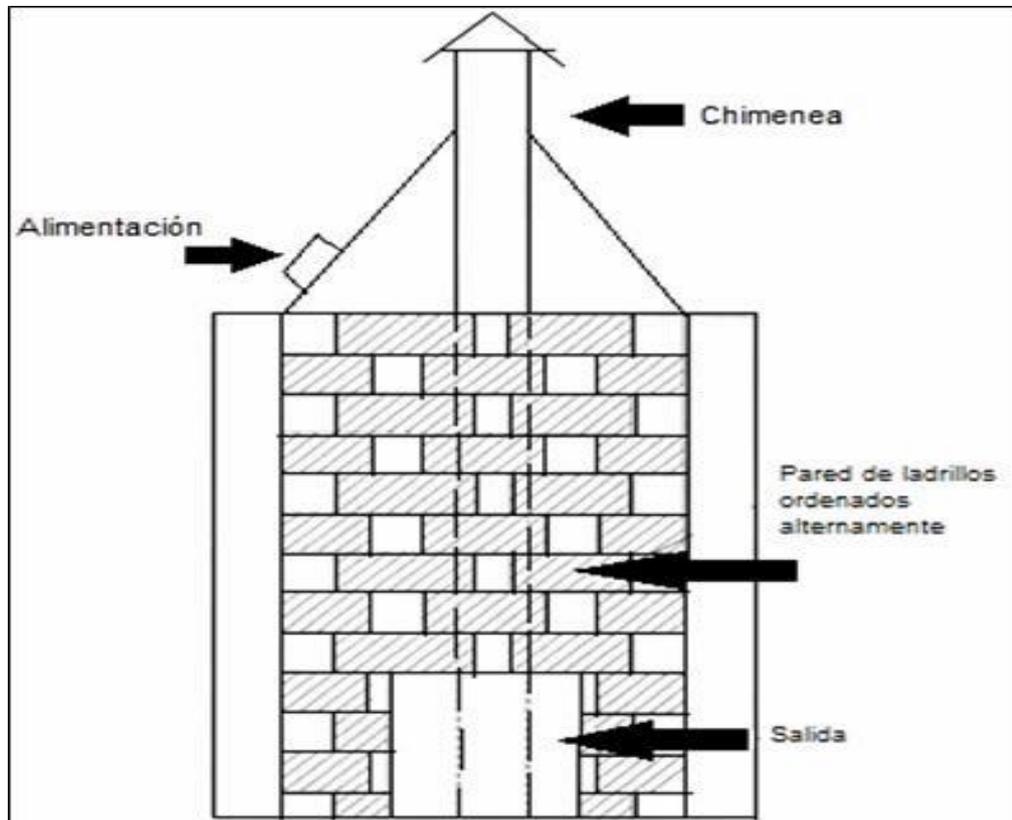


Figura 02. Horno de ladrillo para la calcinación de cáscara de arroz

Esta técnica de calcinación produce una ceniza de color blanco, altamente activa, de naturaleza amorfa y con presencia minoritaria de cuarzo cristalino.

✓ Calcinación en lecho fluido

La cámara de combustión es de acero inoxidable y para el lecho fluidizado (partículas no combustibles) se emplea arena con tamaño de partícula de 297 a 590 micras.

El aire es suministrado a través de un plato perforado ubicado en la base de la cámara de combustión.

El lecho fluido es precalentado a 500 grados centígrados por medio de un dispositivo eléctrico y posteriormente se inicia la alimentación de la cáscara a través de un alimentador de tornillo.

Una vez obtenida la ceniza cesa el calentamiento por medio del dispositivo eléctrico. La temperatura de combustión que es monitoreada en el lecho fluido se controla mediante la velocidad de alimentación de la cáscara de arroz. El suministro de aire se fija a una velocidad de 15 centímetros sobre segundo. El tiempo de retención de la ceniza en la cámara de combustión es de sólo unos pocos segundos y posteriormente ésta es colectada a través de un ciclón, en la figura 03, se muestra el esquema de un horno de lecho fluido.

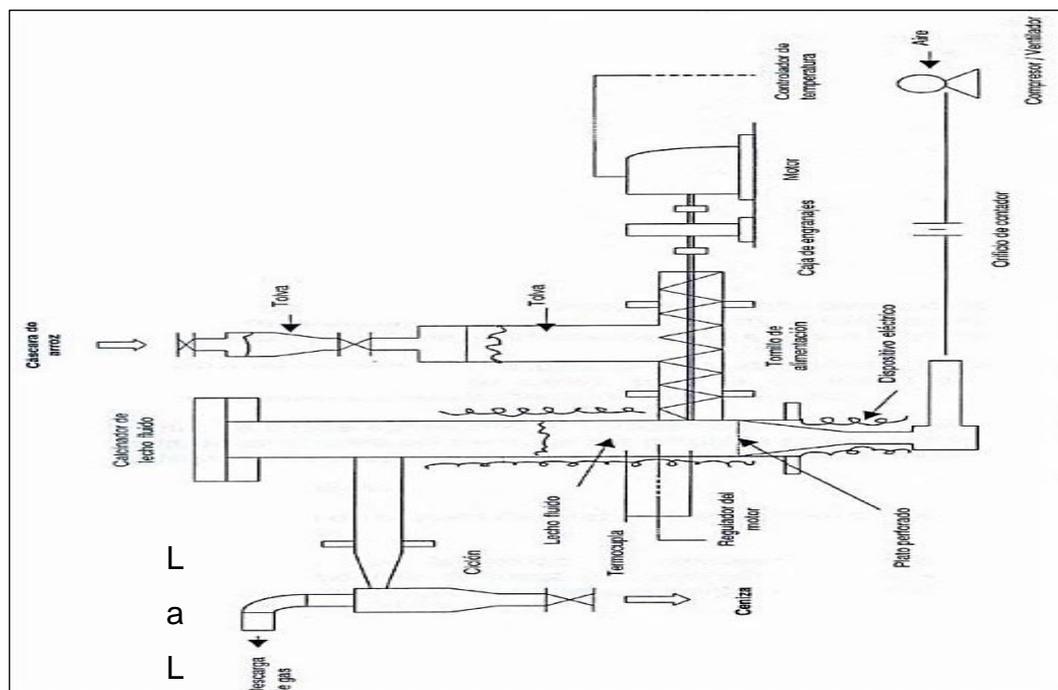


Figura 03. Calcinador de lecho fluido para cáscara de arroz

La calcinación controlada de la cáscara de arroz por medio de este tipo de calcinador proporciona una ceniza consistente en sílice amorfa con un alto contenido de SiO₂ y una elevada área superficial.

La actividad puzolánica de la ceniza es excelente y proporciona una buena resistencia a la compresión.

Por otra parte, la cáscara de arroz representa una fuente valiosa de energía. El valor energético de la cáscara de arroz es aproximadamente 14 Mega Joules sobre kilogramo lo cual significa que una tonelada de cáscara de arroz es equivalente a 0,5 toneladas de carbón o 0,35 toneladas de petróleo.

La sílice en las cenizas de cáscara de arroz puede ser amorfa o cristalina, dependiendo de la forma en que se quema y se enfría. Si la ceniza se forma en la quema al aire libre o en ambientes de combustión no controlada, mantendrá una gran proporción de sílice reactivo en forma de cristobalita y tridimita, y requeriría una molienda fina para desarrollar la actividad puzolánica (Metha, 1986).

Los estudios han demostrado que la quema de cáscara de arroz a 600 grados centígrados produce una ceniza con la composición óptima de material puzolánico (Mazlum y Uyan, 1992).

Mehta (1986) estima que cada tonelada de cáscara de arroz produce 40 kilogramos de ceniza de cáscara de arroz.

2.2.2 CONCRETO.

material artificial compuesto, el cual consiste en un medio ligante, denominado pasta, dentro del que se encuentran embebidas partículas de un medio denominado agregado (Rivva, 1998).

La pasta es el resultado de la combinación química del cemento y el agua. Se le considera la fase continua del concreto, ya que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto, mientras que el agregado es la fase discontinua del concreto, dado que sus diversas partículas no están unidas o en contacto unas con otras, sino se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecidas.

A.) NATURALEZA FÍSICA DEL CONCRETO.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: Agregado y pasta. La pasta, compuesta de Cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua.

La pasta está compuesta de cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. La pasta constituye del 25 al 40 % del volumen total del concreto. El Cemento está comprendido entre el 7 y el 15 %, el agua entre el 14 y el 21 %, el aire y concretos con aire incluido pueden llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.

Los agregados deben tener resistencia adecuada, granulometría continua de tamaños de partículas y no contener materiales dañinos al concreto, ya que constituyen aproximadamente del 60 al 75 % del volumen total del concreto.

a.) Porosidad.

Sistema de vacíos presente en la estructura interna del concreto endurecido, determina la conducta posterior del concreto para absorber líquidos y también su permeabilidad o capacidad de flujo a través de él.

La porosidad, permeabilidad y capilaridad comprenden fenómenos físicos que tienen interdependencia, un concreto será más permeable y tendrá más absorción capilar cuanto más poroso sea. La porosidad se encuentra bajo dos formas:

La porosidad cerrada

Cuando los poros no se comunican entre ellos ni con el exterior; formada por parte de la porosidad de agregados y por el aire atrapado en el concreto.

La porosidad abierta

Cuando los poros se comunican entre sí y con el medio exterior al concreto; formada por la porosidad de agregados y por los micro canales dejados al evaporarse parte del agua de mezclado (poros capilares), y es aquella que debe preocupar a los expertos en concreto. Es la que favorece más o menos:

- El camino de los agentes agresivos hacia las armaduras.
- La contracción hidráulica.
- La acción de la helada.
- La permeabilidad.
- Las resistencias bajas.

La suma de las dos porosidades constituye la porosidad total o denominada simplemente Porosidad.

La porosidad de acuerdo al lugar como se encuentran, podemos clasificarnos como: la porosidad de la pasta y de la porosidad de los agregados.

Porosidad de la pasta

Son cantidades variables de espacios vacíos, denominados poros, los cuales no contienen materia sólida aunque, bajo determinadas circunstancias, algunos de ellos podrían estar parcial o totalmente llenos de agua, además clasifica en cuatro

categorías especificadas por el origen, tamaño promedio o ubicación, estas cuatro categorías son:

- Poros por aire atrapado.
- Poros por aire incorporado.
- Poros capilares.
- Poros gel.

Poros por Aire Atrapado

Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire (1%) aportado por los materiales queda atrapada en la mezcla de concreto, no siendo eliminada en el mezclado, colocación o compactación. Son inevitables en el concreto, varían en tamaño son no visibles o pueden llegar hasta 1 cm. o más de diámetro, de perfil irregular y no siempre están conectados.

Poros por Aire Incorporado

Esencialmente es por el incremento de la durabilidad del concreto, por la protección de la pasta contra la congelación del agua en el interior, se incorporan intencionalmente mediante aditivos químicos que tienen minúsculas burbujas de aire y se las conocen como poros de aire incorporado.

El principal problema de aire incorporado, es que éstas al incrementar la porosidad, disminuyen la resistencia mecánica en un 5% por cada 1% de aire incorporado.

Poros Capilares

Son espacios inicialmente de agua en el concreto fresco, que en la hidratación del cemento no se han ocupado por el gel.

Dependen de la relación A/C, del grado de hidratación de la pasta; son de tamaño sub microscópico, contienen agua que puede congelarse.

Conforme aumenta el número de poros capilares, la resistencia es menor, tendiendo a aumentar la porosidad, permeabilidad y absorción del concreto.

Poros Gel

Durante la formación del gel quedan atrapados dentro de este, aislados unos de otros y del exterior. Se presentan en el gel independientemente de la relación A/C y del grado de hidratación, ocupando el 28% aprox. de la pasta.

La porosidad del agregado.

En el agregado son vacíos porosos y permeables, varían de acuerdo a los diferentes tipos de rocas, entre el 0.3% y el 20%. Rivva (2000), considera que el problema se presenta en partículas de agregado grueso con altos valores de porosidad o absorción, causados principalmente por poros de tamaño medio en el rango de 0.1 a 5 μm , los cuales son los fácilmente saturados y contribuyen al deterioro del concreto.

B.) PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.

El concreto fresco es aquel recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable en el cual no se produce el fraguado ni el endurecimiento y adopta la forma del encofrado.

a.) Trabajabilidad

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

Esta definición involucra conceptos tales como: capacidad de moldeo, cohesividad y capacidad de compactación. Igualmente la trabajabilidad involucra el concepto de fluidez, con énfasis en la plasticidad y uniformidad dado que ambas tienen marcada

influencia en el comportamiento y apariencia final de la estructura

La trabajabilidad se puede definir como la cantidad de trabajo interno útil que se requiere para producir una compactación total.

b.) Consistencia o Fluidéz.

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, por el grado de fluidéz de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia, se refiere a la firmeza de la forma de una sustancia o a la facilidad con que fluye.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede ser muy consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica.

c.) Segregación

Es la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero, lo que es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior del mismo fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación.

d.) Exudación

Es la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los

sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas.

e.) Cohesividad

Es aquella propiedad del concreto fresco gracias a la cual es posible controlar el peligro de segregación durante la etapa de colocación de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto.

C.) PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO.

a.) Resistencia.

Es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse. La resistencia en compresión se utiliza como un índice de calidad de concreto. En pavimentos suele utilizarse la resistencia en flexión.

b.) Módulo de Elasticidad.

Afirma que conforme el módulo de elasticidad del agregado se incrementa ocurre lo mismo con el del concreto, por lo que conforme el volumen de agregado se incrementa el módulo de elasticidad del concreto deberá aproximarse al del agregado. (Rivva, 2000).

2.2.3 DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.

Como consecuencia de las investigaciones realizadas se ha podido establecer una ecuación que relaciona el módulo de fineza del agregado fino y grueso, así como su participación porcentual en el volumen absoluto total del agregado. Dicha ecuación es:

$$m_c = r_f * m_f + r_g * m_g$$

Dónde:

m_c : Módulo de fineza de la combinación de agregados.

m_f : Módulo de fineza del agregado fino.

m_g : Módulo de fineza del agregado grueso.

r_f : Porcentaje del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

r_g : Porcentaje del agregado grueso en relación al volumen absoluto total de agregado.

Y conociendo que $r_f + r_g = 100\%$; se tiene la siguiente

$$\text{ecuación: } r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100$$

A.) RESISTENCIA REQUERIDA.

Teniendo en cuenta la condición de la ejecución de la obra (excelente, intermedia y corriente) ver tabla 09.

B.) ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP)

Según Laura (2008) si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la Tabla 10.

C.) SELECCIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO.

La Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- a) 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- b) 1/3 del peralte de la losa; o
- c) 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

D.) ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

La Tabla 12, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado, consistencia y el perfil del mismo, y el contenido de aire de la Tabla 11.

E.) ELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Por resistencia ver Tabla 13.

F.) ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO.

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias. Ver Tabla 14.

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos que se utilizaron en esta investigación están separadas en: Cantera, obtención de las cenizas de la cascara de arroz , determinación de las características físicas y mecánicas de los agregados, Diseño de mezclas, Elaboración de los especímenes, Curado de los especímenes elaborados y Prueba de los especímenes a compresión; en cada ítem se describen tanto los materiales, equipo y metodología (método de experimentación y procedimiento); para obtener los datos necesarios para el procesamiento de resultados.

3.1. CANTERA

3.1.1 ELECCIÓN DE LA CANTERA PARA EL PRESENTE TRABAJO

Teniendo en cuenta a las normas técnicas peruanas; el material que se utilizara para la elaboración de los especímenes; los materiales empleados en este trabajo serán de origen pluvial, tanto el agregado fino (arena gruesa) como el agregado grueso (piedra chancada); provenientes de la cantera del Río Chonta, denunciada y explotada por el Sr. José Ernesto Acosta Gálvez.

3.1.2 UBICACIÓN

Está ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia Cajamarca, distrito de Baños del Inca, a 7°09'43.6"S Y 78°20'05.0"w y una altitud promedio de 2708 m.s.n.m

CANTERA RIO CHONTA (JOSE ERNESTO ACOSTA GALVEZ)



Figura 04. Ubicación de la Cantera José Ernesto Acosta Gálvez (Rio Chonta)

Fuente: Google earth 2013

3.2. OBTENCIÓN DE LAS CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ (CCA)

Todas las cenizas fueron obtenidas por calcinación en auto-combustión a campo abierto del molino Valle Dorado

3.2.1 UBICACIÓN.

El molino Valle dorado donde se obtuvieron las cenizas de cascara de arroz se encuentra ubicada en el Departamento de Cajamarca, Provincia Jaén, Carretera Jaén-San Ignacio a $5^{\circ}39'44.9''S$ y $78^{\circ}46'02.4''W$ y a una altitud de 750 m.s.n.m



Figura 05. Ubicación del Molino Valle Dorado donde se obtuvieron las cenizas de cáscara de arroz

Fuente: Google earth 2013

3.2.2 METODOLOGÍA.

Una vez obtenidas las cenizas de cascara de arroz por auto-combustión a campo abierto fueron sometidas a un proceso de molienda en la máquina de los Ángeles a un promedio de 6000 revoluciones y de esta manera lograr su actividad puzolánica, y posteriormente fueron tamizadas de tal modo que sus partículas sean menores que la malla N° 200 (75um).

3.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

3.3.1 MATERIALES

Agregado fino de la cantera del Rio Chonta

Agregado grueso del Rio Chonta

Agua potable de la Ciudad Universitaria UNC.

3.3.2 EQUIPO

Juego de tamices conformados por: N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2" y 4".

Estufa a temperatura constante de 110 ° C ± 5 °C.

Balanza, con sensibilidad de 0.5 gr. y capacidad no menor de 5Kg.

Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm.

Depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua.

Termómetro con aproximación de 0.5 °c.

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7 cm. diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445 g.

Barra compactadora de acero, circular, recta, de 5/8" de diámetro y 60 cm. de largo, con un extremo redondeado.

Recipiente cilíndrico y de metal, suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo.

La Máquina de los Ángeles.

3.3.3 METODOLOGÍA

Cada ensayo que se realizó para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, siguieron el procedimiento dado en las especificaciones de las siguientes normas.

NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.

NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

NTP 339.185: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

NTP 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar el peso unitario de los agregados.

NTP 400.018: Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz 75um (N°200) por lavado en agregados.

NTP 400.019: método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la abrasión del agregado grueso.

3.4. DISEÑO DE MEZCLAS

3.4.1 MÉTODO DE EXPERIMENTACIÓN

Se realizó el diseño de mezclas, para un $f'c$ de 210 kg/cm² (concreto patrón).y los diseños de mezclas con los diferentes tipos de dosificaciones de ceniza de la cascara de arroz (05%, 10%, 15% y 20%)

3.4.2 PROCEDIMIENTO

Este diseño se realizó por el método de combinación de agregados descrito en el ítem 2.2.6.

3.5. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES

3.5.1 MATERIALES

Cemento Pacasmayo Tipo I.
Agregado fino de la cantera Rio Chonta.
Agregado grueso de la cantera Rio Chonta
Agua potable de la Ciudad Universitaria
Cenizas de la cascara de arroz (CCA).

3.5.2 EQUIPO

Juego de tamices, Balanza con capacidad apropiada 30Kg, Probeta graduada de 1000cm³, Cono de abrahms, Mezcladora de 2.5pies³ y Recipientes para pesar los materiales.

3.5.3 METODOLOGÍA

Se seguirá el procedimiento dado en las siguientes normas
NTP 339.035 ASTM C143 asentamiento del concreto fresco
NTP 339.033 - ASTM C31 elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra.

3.6. CURADO DE LOS ESPECÍMENES EN EL LABORATORIO

3.6.1 EQUIPO

Pozo de laboratorio UNC.

3.6.2 METODOLOGÍA

Se realizara de acuerdo a las especificaciones de la siguiente norma.
NTP 339.116 Curado de Probetas de Concreto.

3.7. PRUEBA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN

Para realizar la prueba en especímenes de concreto de las diferentes muestras elaboradas, se procederá a de acuerdo a las especificaciones dadas en las normas NTP 339.034 - ASTM C-39.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Las características físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Rio Chonta se obtuvieron del promedio de los datos obtenidos de tres ensayos consecutivos, a continuación se presentan los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 18: Resultado de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Agregados : Características	A. fino	A. grueso
Peso específico de Masa	2.587 gr/cm ³	2.571 gr/cm ³
Peso unitario seco suelto	1596.059 kg/m ³	1358.511 kg/m ³
Peso unitario seco compactado	1729.61 kg/m ³	1527.641 kg/m ³
Peso específico superficialmente seco	2.626 gr/cm ³	2.585 gr/cm ³
Módulo de finura	3.06	7.08
Contenido de Humedad	3.671 %	0.339 %
Absorción	1.50 %	0.543 %
Perfil		Angular
T.M.N	-----	3/4

De los resultados de los ensayos realizados al agregado fino de la cantera Rio Chonta se puede señalar que:

- La granulometría del agregado fino se ajustó a los límites de gradación indicados en la norma NTP 400.012.
- El módulo de finura y el peso específico del agregado fino indicó que es un agregado adecuado para elaborar concretos de alta resistencia.
- El peso unitario del agregado fino se ajustó a los parámetros establecidos en la norma NTP 400.017, lo cual es un indicador de calidad del agregado.
- De los resultados de los ensayos realizados al agregado grueso de la cantera Rio Chonta se puede señalar que:

- El tamaño máximo nominal del agregado grueso fue elegido teniendo en consideración que el concreto elaborado en la presente investigación se utilizará en estructuras altamente reforzadas.
- La granulometría del agregado grueso se ajustó aproximadamente al límite de gradación N° 67 indicado en la norma ASTM C-33, desviándose en la parte superior de la curva hacia la derecha, lo cual es un indicador de que el agregado grueso tiene un exceso de partículas finas.
- El módulo de finura y el peso específico del agregado grueso indica que es un agregado adecuado para elaborar concretos de alta resistencia.
- El peso unitario del agregado grueso se ajusta a los parámetros establecidos en la norma NTP 400.017, lo cual es un indicador de calidad del agregado.

4.2. DISEÑO DE MEZCLAS.

4.2.1 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL DISEÑO DE MEZCLAS POR EL MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Diseño de mezclas (MI), concreto patrón; método módulo de finura de la combinación de agregados

1.- DATOS

Resistencia a compresión = $f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$

Características de los materiales:

Tipo de cemento = **Cemento Pacasmayo Tipo I**

Cemento Peso específico = **3.11 gr/cm³**

Agua Potable de la Ciudad Universitaria

Agregados : Características

	A. FINO	A. GRUESO
Peso específico de Masa =	2.587 gr/cm ³	2.571 gr/cm ³
Peso unitario seco suelto=	1596.059 kg/m ³	1358.511 kg/m ³
Peso unitario seco compactado=	1729.61 kg/m ³	1527.641 kg/m ³
Peso específico superficialmente seco=	2.626 gr/cm ³	2.585 gr/cm ³
Módulo de finura =	3.020	7.080
Contenido de Humedad =	3.67 %	0.34 %
Absorción =	1.50 %	0.54 %
Perfil =		Angular
T.M.N =	-----	3/4

2.- SELECCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA

$$f'_{cr} = 1.22 * f'c \quad (\text{tabla N}^\circ 09)$$

Por lo tanto $f'_{cr} = 256.20 \text{ kg/cm}^2$

3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO

TMN = **3/4** Del ensayo granulométrico

4.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP **3 "** (tabla N° 10)

5.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE MEZCLADO

Agua de mezclado = **204 lt** (tabla N° 12)

Contenido de aire atrapado = **2 %** (tabla N° 11)

Según el TMN y el slump elegido para el diseño

6.- SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

6.1 - POR RESISTENCIA SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

De la (tabla N° 13), se tiene:

$$35.00 \left\{ \begin{array}{l} f'_{cr} \\ 280.00 \\ 256.20 \\ 245.00 \end{array} \right\} 23.80 \quad \left\{ \begin{array}{l} A/C \\ 0.58 \\ A/C \\ 0.62 \end{array} \right\} -0.04 \quad 0.58-A/C$$

$$\frac{35.00}{-0.04} = \frac{23.80}{0.58-A/C}$$

$$0.58-A/C = -0.027$$

$$A/C = 0.607$$

6.2 - SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C =

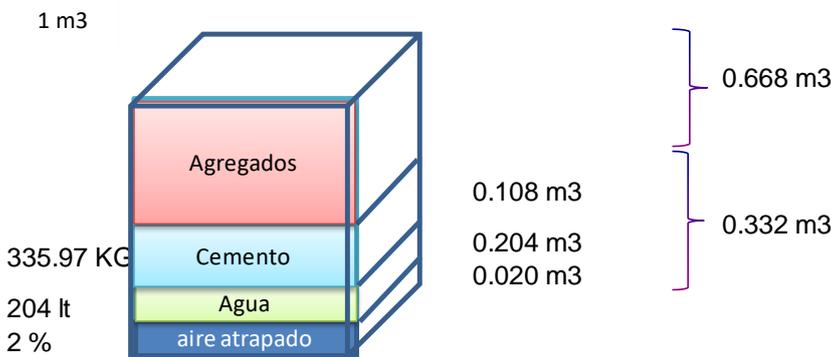
0.61

6.3 - SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

$$A/C = 0.61$$

$$A = 204.00 \text{ lt}$$

$$C = 335.97 \text{ KG}$$



7.- DISEÑO POR MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

$$\text{Módulo de finura A. Fino (mf)} = 3.02$$

$$\text{Módulo de finura A. Grueso (mg)} = 7.08$$

$$\text{Nº Bolsas} = \text{Peso cemento (C)} / 42.5 = 7.91$$

De la tabla N° 14, se tiene:

$$1.00 \left\{ \begin{array}{l} \text{Nº Bolsas} \\ 7.00 \\ 7.91 \\ 8.00 \end{array} \right\} 0.91$$

$$0.07 \left\{ \begin{array}{l} \text{mc} \\ 5.04 \\ \text{mc} \\ 5.11 \end{array} \right\} \text{mc-5.04}$$

$$\frac{1.00}{0.07} = \frac{0.91}{\text{mc-5.04}}$$

$$\text{mc-5.04} = 0.063$$

$$\text{mc} = 5.10$$

$$\% \text{ Volumen absoluto del agregado fino.} = r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} * 100$$

$$\text{Del 100\% de los agregados} \quad r_f = 48.69 \%$$

$$r_f = 48.69 \%$$

➔ Volumen absoluto del A. Fino = 0.325 m³

➔ Volumen abs. del A. Grueso = 0.343 m³

➔ Peso seco absoluto del A. Fino = **841.28 KG**

➔ Peso seco abs. del A. Grueso = **881.14 KG**

8.- DETERMINAR EL AGUA EFECTIVA

$$A.\text{efectiva} = \text{Agua mezcla} - \frac{(W-abs)*P_{saf}}{100} - \frac{(W-abs)*P_{sag}}{100}$$

Aefectiva : Agua efectiva.

W: contenido de humedad del agregado fino ó agregado grueso.

abs: absorción del agregado fino ó agregado grueso.

Psaf : Proporción en peso seco del agregado fino.

P sag : Proporción en peso seco del agregado grueso.

$$A\text{efectiva} = 25.81 - (3.67-1.50)*841.28/100 - (0.34-0.54)*881.14/100$$

$$\begin{aligned} \text{A.efectiva} &= \mathbf{23.72 \text{ lt}} && \text{(en la proporción)} \\ \text{A. efectiva} &= \mathbf{187.50 \text{ lt}} && \text{(mezcla)} \end{aligned}$$

9.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES

9.1- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN PESO

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{P_{af}}{335.97} : \frac{P_{ag}}{335.97}$$

Peso húmedo del agregado:

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \mathbf{872.16 \text{ KG}} : \text{Peso húmedo del A. Fino}$$

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \mathbf{884.12 \text{ KG}} : \text{Peso húmedo del A. Grueso}$$

Proporciones en peso:

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{872.16}{335.97} : \frac{884.12}{335.97}$$

$$\begin{aligned} P_p &= \mathbf{1.00} : \mathbf{2.60} : \mathbf{2.63} && \mathbf{25.81 \text{ lt}} && \text{mezcla} \\ &&& && \mathbf{23.72 \text{ lt}} && \text{efectiva} \end{aligned}$$

9.2.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$P_v = \frac{P_p * 42.5}{P_{ush}}$$

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario seco suelto.

$$P_{ush} = (P_{uss}) \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

$$\text{Push} = 46.85 \text{ kg/pie}^3 \text{ Agregado Fino.}$$

$$\text{Push} = 38.60 \text{ kg/pie}^3 \text{ Agregado Grueso.}$$

$$P_v = \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ pie}^3} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}}$$

$$P_v = \frac{1.00}{1.00} : \frac{110.33}{46.85} : \frac{111.84}{38.60}$$

$$\begin{aligned} P_v &= \mathbf{1.00} : \mathbf{2.35} : \mathbf{2.90} && \mathbf{25.81 \text{ lt}} && \text{mezcla} \\ &&& && \mathbf{23.72 \text{ lt}} && \text{efectiva} \end{aligned}$$

10.- CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

➡	Peso seco absoluto del A. Fino =	841.28 KG
➡	Peso seco abs. del A. Grueso =	881.14 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso agua de mezcla =	204.00 KG

CANTIDAD DE MATERIALES SECOS POR M3 **2262.39 KG**

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

➡	Peso húmedo absoluto del A. Fino =	872.16 KG
➡	Peso húmedo abs. del A. Grueso =	884.12 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso agua Efectiva =	187.50 KG

CANTIDAD DE MATERIALES HÚMEDOS POR M3 **2279.75 KG**

11.- CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN V = 0.02 M3 (3 especímenes estandar)

➡	Peso húmedo del A. Fino =	17.44 kg
➡	Peso húmedo del A. Grueso =	17.68 kg
➡	Peso de cemento =	6.72 kg
➡	Cantidad de agua Efectiva =	3.75 lt

4.2.2 RESUMEN DE DOSIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE MESCLAS PARA $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON ADICIONES DE CCA DE 05%, 10%, 15% y 20%

El procedimiento para hallar las proporciones en peso y volumen del diseño de mezclas con adición de ceniza de cascara de arroz se encuentran en el Anexo B

A.) Concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$; Cemento Pacasmayo Tipo I, sin adición de CCA

Proporciones en peso

1.00 : 2.60 : 2.63 / 25.81 lt mezcla
23.72 lt efectiva

Proporciones en volumen

1.00 : 2.35 : 2.90 / 25.81 lt mezcla
23.72 lt efectiva

B.) Concreto F'c = 210 Kg/cm²; Cemento Pacasmayo Tipo I + adición de 05% de Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)

Proporciones en peso

1.00 : 2.57 : 2.60 / 25.81 lt mezcla
23.29 lt efectiva

Peso ceniza cascara de arroz (CCA) en relacion al del cemento: 05%

Proporciones en volumen

1.00 : 2.33 : 2.87 / 25.81 lt mezcla
23.29 lt efectiva

Por investigaciones anteriores se empleo CCA en el 05% del peso del cemento

C.) Concreto F'c = 210 Kg/cm²; Cemento Pacasmayo Tipo I + 10% de Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)

Proporciones en peso

1.00 : 2.54 : 2.58 / 25.81 lt mezcla
23.32 lt efectiva

Peso ceniza cascara de arroz (CCA) en relacion al del cemento: 10%

Proporciones en volumen

1.00 : 2.31 : 2.84 / 25.81 lt mezcla
23.32 lt efectiva

Por investigaciones anteriores se empleo CCA en el 10% del peso del cemento

D.) Concreto F'c = 210 Kg/cm²; Cemento Pacasmayo Tipo I + 15% de Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)

Proporciones en peso

1.00 : 2.52 : 2.55 / 25.81 lt mezcla
23.34 lt efectiva

Peso ceniza cascara de arroz (CCA) en relacion al del cemento: 15%

Proporciones en volumen

1.00 : 2.28 : 2.81 / 25.81 lt mezcla
23.34 lt efectiva

Por investigaciones anteriores se empleo CCA en el 15% del peso del cemento

E.) Concreto F'c = 210 Kg/cm²; Cemento Pacasmayo Tipo I + 20% de Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)

Proporciones en peso

1.00 : 2.49 : 2.52 / 25.81 lt mezcla
0.00 lt efectiva

Peso ceniza cascara de arroz (CCA) en relacion al del cemento: 20%

Proporciones en volumen

1.00 : 2.26 : 2.78 / 25.81 lt mezcla
23.37 lt efectiva

Por investigaciones anteriores se empleo CCA en el 20% del peso del cemento

4.3. ESFUERZOS A COMPRESIÓN

4.3.1 TIPOD DE MUESTRAS

- MI:** Cemento Pacasmayo Tipo I sin adición de Ceniza de Cascara de Arroz(CCA); Concreto Patrón
- MII:** Cemento Pacasmayo Tipo I con 05% del peso del Cemento en Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)
- MIII :** Cemento Pacasmayo Tipo I con 10% del peso del Cemento en Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)
- MIV:** Cemento Pacasmayo Tipo I con 15% del peso del Cemento en Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)
- MV:** Cemento Pacasmayo Tipo I con 20% del peso del Cemento en Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)

4.3.2 RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE ESFUERZOS A COMPRESION

Tabla 19. Esfuerzo a compresión (kg/cm²), a los 7 días de curado

MI	MII	MIII	MIV	MV
217.68	236.19	249.68	263.75	260.05
201.91	242.48	250.83	276.52	263.80
213.57	255.18	257.10	278.27	243.63
200.49	246.37	246.15	289.22	256.47
209.40	250.15	265.32	271.93	246.95
208.04	252.40	265.95	275.53	251.02

Tabla 20. Esfuerzo a compresión (kg/cm²), a 14 días de curado

MI	MII	MIII	MIV	MV
249.10	283.87	292.10	321.96	310.68
236.60	287.59	303.77	312.75	313.63
241.68	295.10	307.54	320.28	304.80
257.95	296.59	310.28	312.06	298.32
256.47	296.36	313.01	319.23	302.06
253.50	295.10	306.20	325.75	306.50

Tabla 21. Esfuerzo a compresión (kg/cm²), a 28 días de curado

MI	MII	MIII	MIV	MV
279.2	330.07	355.03	372.29	360.16
291	337.28	366.81	365.61	355.86
277.4	333.96	347.65	377.76	354.7
269.1	335.61	350.39	375.02	358.60
267.4	341.68	354.7	380.74	348.1
283.8	335.06	357.03	376.53	347.65

4.3.3 PROMEDIO DE LOS ESFUERZOS A COMPRESION

Tabla 22. Resumen de resultados de esfuerzo a compresión

Muestra	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
MI	208.52	249.22	277.98
MII	247.13	292.44	335.61
MIII	255.84	305.48	355.27
MIV	275.87	318.67	374.66
MV	253.65	306.00	354.18

4.3.4 RESUMEN ESTADISTICO

Tabla 23. Desviación estándar y coeficiente de variación

DESCRIPCION	MI	MII	MIII	MIV	MV
A los 07 días de curado					
DESV. EST. (Kg/cm ²)	6.61	6.98	8.37	8.33	7.80
COEF. VAR. (%)	3.17	2.82	3.27	3.02	3.07
A los 14 días de curado					
DESV. EST. (Kg/cm ²)	8.52	5.36	7.30	5.34	5.59
COEF. VAR. (%)	3.42	1.83	2.39	1.68	1.83
A los 28 días de curado					
DESV. EST. (Kg/cm ²)	8.91	3.83	6.61	5.25	5.25
COEF. VAR. (%)	3.21	1.14	1.86	1.40	1.48

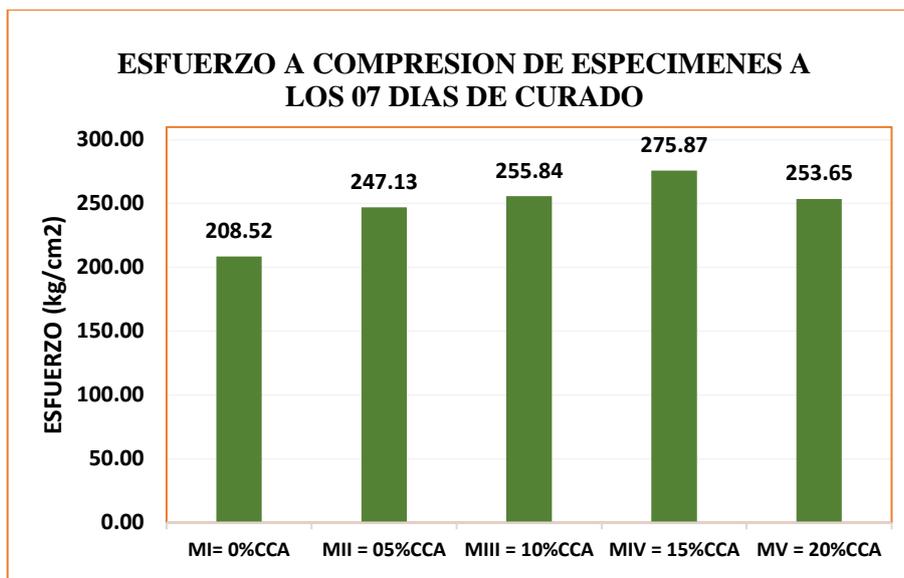


Figura 06. Resistencia a la compresión de especímenes a los 07 días de Curado con distintas dosificaciones de ceniza de cascara de arroz (CCA)

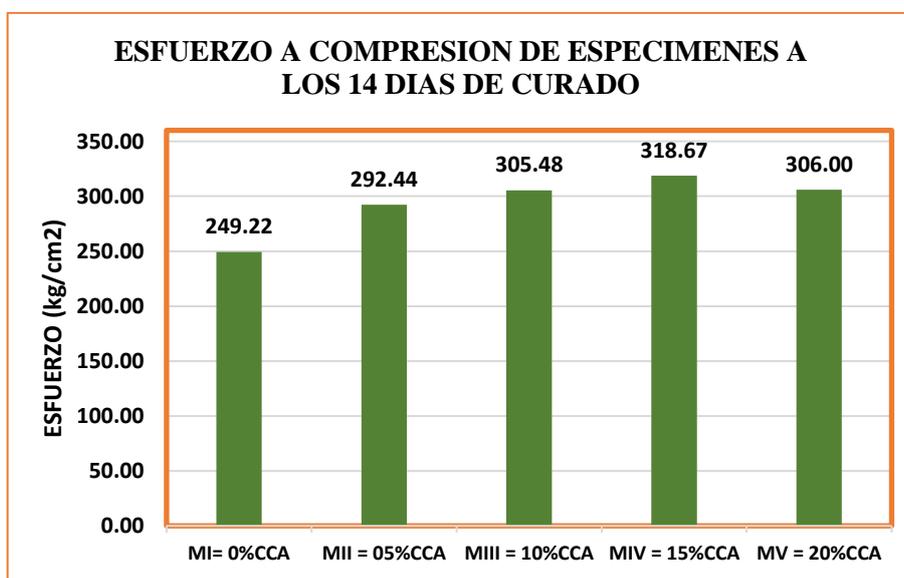


Figura 07. Resistencia a la compresión de especímenes a los 14 días de Curado con distintas dosificaciones de ceniza de cascara de arroz (CCA)

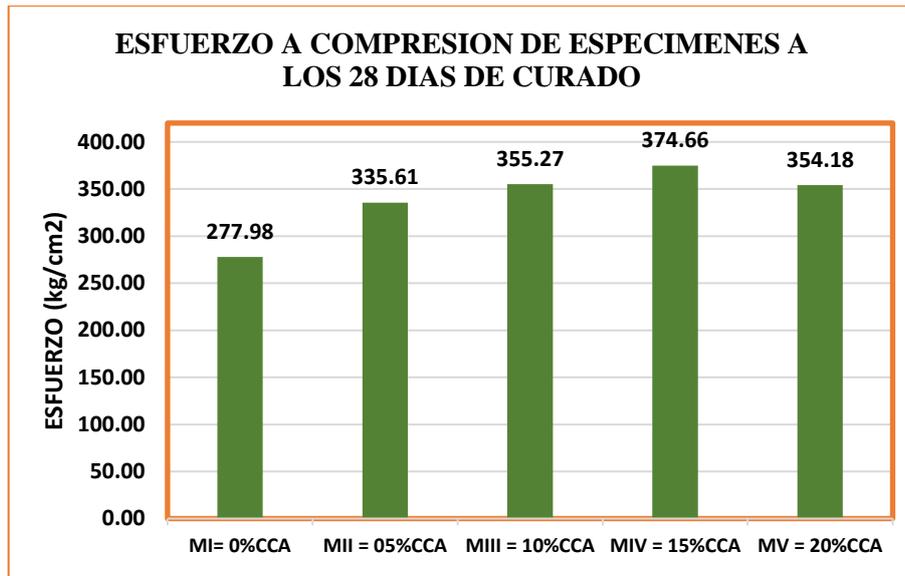


Figura 08. Resistencia a la compresión de especímenes a los 28 días de Curado con distintas dosificaciones de ceniza de cascara de arroz (CCA)

4.3.5 RESUMEN COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS AL ESFUERZO A COMPRESIÓN

Tabla 24. Resumen comparativo de los resultados al esfuerzo a compresión (kg/cm²)

Concreto con adición de CCA	f'c (kg/cm ²) a los días de ensayos						Concreto patrón
	signo	07 días	signo	14 días	signo	28 días	
MII	>	38.61(18.52)	>	43.22	>	57.64	MI
MIII	>	47.32	>	56.27	>	77.29	MI
MIV	>	67.36	>	69.46	>	96.68	MI
MV	>	45.14	>	56.78	>	76.20	MI

4.3.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La tabla N° 23 muestra los resultados de la resistencia a la compresión del concreto patrón y de los concretos adicionados con ceniza de cascara de arroz (CCA) a los 7, 14 y 28 días de curado. De la tabla, se encuentra que para todas las mezclas la resistencia a compresión aumenta con la edad.

De la tabla 25 se puede observar que las muestras ensayadas a los 7, 14 y 28 días de curado presentan diferencias en cuanto a la resistencia a compresión del concreto debido a las diferentes adiciones de ceniza de cascara de arroz (CCA) en los siguientes porcentajes:

A los 07 días de curado

- La muestra de concreto adicionado con 05% de CCA (MII), es mayor en 18.52% que la muestra del concreto patrón (MI)
- La muestra de concreto adicionado con 10% de CCA (MIII); es mayor en 22.69% que la muestra del concreto patrón (MI)
- La muestra de concreto adicionado con 15% de CCA (MIII) ; es mayor en 32.30% que la muestra concreto patrón (MI)
- La muestra de concreto adicionado con 20% de CCA (MIV); es mayor en 21.64% que la muestra MI (concreto patrón).

A los 14 días de curado

- La muestra de concreto adicionado con 05% de CCA (MII); es mayor en 17.34% que la muestra del concreto patrón (MI)
- La muestra de concreto adicionado con 10% de CCA (MIII); es mayor en 22.57% que la muestra del concreto patrón (MI)
- La muestra de concreto adicionado con 15% de CCA (MIII) ; es mayor en 27.77% que la muestra concreto patrón (MI)
- La muestra de concreto adicionado con 15% de CCA (MIV); es mayor en 22.78% que la muestra MI (concreto patrón)

 **A los 28 días de curado**

- La muestra de concreto adicionado con 05% de CCA (MII); es mayor en 20.73% que la muestra del concreto patrón (MI)
- La muestra de concreto adicionado con 10% de CCA (MIII); es mayor en 27.80% que la muestra del concreto patrón(MI)
- La muestra de concreto adicionado con 15% de CCA (MIII) ; es mayor en 34.80% que la muestra concreto patrón (MI)
- La muestra de concreto adicionado con 15% de CCA (MIV); es mayor en 27.41% que la muestra MI (concreto patrón)

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que la ceniza de la cascara de arroz (CCA) tiene la capacidad de mejorar la propiedad de resistencia a la compresión del concreto en sus diferentes edades de curado.
- Los concretos adicionados con ceniza de cáscara de arroz (CCA) obtienen resistencias superiores al concreto patrón en 57.64 Kg/cm², 77.29Kg/cm², 96.68 Kg/cm² y 76.20 Kg/cm² cuando se adicionan 05%, 10%, 15%, y 20% respectivamente.
- El porcentaje óptimo que garantiza la máxima resistencia, es cuando se adiciona el 15% de ceniza de cáscara de arroz (CCA), generando un 34% de incremento de la resistencia a la compresión, representando un 96.68Kg/cm² respecto al concreto patrón.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda complementar la presente investigación con el uso de porcentajes mayores al 20% de adiciones de ceniza de cáscara de arroz y con el empleo de diferentes tipos de cemento.
- Se debe implementar un proceso de molienda que reduzca el tamaño de las partículas de la CCA para obtener la fineza adecuada y similar a la del cemento.
- Es necesario tener control del contenido de carbón en la puzolana debido si este sobrepasara el 10% sería perjudicial en su desempeño como adición en concretos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTICULOS CIENTÍFICOS:

- Águila, E. 2008. Evaluación físico químico de las cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolanicos. Revista de La Facultad de Ingeniería UCV. 23(4): 43-53.
- Delvasto, S. 2013. Comportamiento mecánico de un concreto fluido adicionado con ceniza de cascara de arroz y reforzado con fibras de acero. Revista de la Construcción. 12(2): 139-151.
- Ospina, M. 2007. Efecto del modo de obtención de la sílice amorfa a partir de la cascarilla de arroz en las propiedades de durabilidad del concreto armado. Scientia et Technica. 12(36): 443-447.

TESIS:

- Juárez Quevedo, BA. 2012. Utilización de la cascara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados. San Carlos Guatemala. Tesis Lic. Ing. Civil. Universidad San Carlos de Guatemala. 9p.
- Molina Salinas, ME. 2002. Adición de ceniza de la cascara de arroz en concreto compactado con rodillo. Guayaquil - Ecuador. Tesis Lic. Ing. Civil. Universidad Superior Politécnica del Litoral. 19p

TEXTOS BIBLIOGRÁFICOS:

- Enrique Riva López (2010). Concreto Tomo 2 Diseño de Mezclas. Fondo Editorial ICG.192p.
- Flavio Abanto Castillo. Tecnología Del Concreto. Editorial San Marcos pp. 239.
- Lezama Leiva, JL. 1996. Tecnología del concreto. Cajamarca-Perú, S/E, UNC.
- Rivva López, E. 1998. Tecnología del Concreto. Lima-Perú. Hozlo S.CR.L., 290.
- Rivva López, E. 2000. Naturaleza y materiales del concreto. Lima-Perú. Hozlo S.CR.L., 290.

ANEXOS

A.) TABLAS

Tabla 01. Husos granulométricos del agregado fino

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO QUE PASA			
	LIMITES TOTALES	*C	M	F
9.50 mm 3/8"	100	100	100	100
4.75 mm N°4	95-100	95 – 100	89 – 100	89 – 100
2.36 mm N°8	80-100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.18 mm N°16	50-85	50 – 85	45 – 100	70 – 100
0.60 mm N°30	25-60	25 – 60	25 – 80	55 – 100
0.30 mm N°50	10-30	10 – 30	5 – 48	5 – 70
0.15 mm N°100	2-10	2 – 10	0 - 12*	0 – 12

* incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

Tabla 02. Husos granulométricos del agregado grueso

Nº A.S. T.M	TAMA	% QUE PASA LOS TAMICES NORMALIZADOS													
	ÑO NOMI NAL	100 mm 4"	90 mm 3.5"	75 mm 3"	63 mm 2.5"	50 mm 2"	37.5 mm 1.5"	25 mm 1"	19 mm 3/4"	12.5 mm 1/2"	9.5 mm 3/8"	4.75 mm Nº 04	2.36 mm Nº 08	1.18 mm Nº 16	
1	3 1/2" a	100	90		25		0		0						
	1 1/2"		100		60		15		5						
	2 1/2"			100	90	35	0		0						
2	1 1/2" a				100	70	15		5						
	2" a				100	90	35	0		0					
3	1" a					100	70	15		5					
	2" a				100	95		35		10		0			
357	Nº 04					100		70		30		5			
4	1/2" a				100		90	20	0		0				
	3/4"						100	55	15		5				
	1 1/2"				100		95		35		10	0			
467	a														
	Nº 04						100		70		30	5			
5	1" a						100	90	20	0	0				
	1/2"							100	55	10	5				
56	1" a						100	90	40	10	0	0			
	3/8"							100	85	40	15	5			
57	1" a						100	95		25		0	0		
	Nº 04							100		60		10	5		
6	3/8" a						100		90	20	0	0			
	3/8"								10	55	15	5			
67	3/4" a							100	90		20	0	0		
	Nº 04								100		55	10	5		
7	1/2" a								100	90	40	0	0		
	Nº 04									100	70	15	5		
9	3/8" a								100		85	10	0	0	
	Nº 08										100	30	10	5	

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

Tabla 03. Características físico-mecánicas del cemento Pacasmayo tipo I

Características	Cemento Tipo I
Peso Específico (gr/cm ³)	3.11
Finura: Malla N° 100 (%)	
Finura: Malla N° 200 (%)	
Superficie Específica BLAINE (cm ² /gr)	3200
Contenido de Aire (%)	10.10
Expansión Autoclave (%)	0.80
Fragua Inicial (vicat) (hrs : min)	2 : 40
Fragua Final (vicat) (hrs: min)	5 : 30
Resistencia a Compresión (kg/cm ²)	
f'c = 3 días	150
f'c = 7 días	201
f'c = 28 días	267

Fuente: Alvares Barrantes M. A., 2007

Tabla 04. Características químicas del cemento Pacasmayo tipo I

Elemento	Cemento Tipo I (%)
CaO	62.70
SiO ₂	20.8
Al ₂ O ₃	5.70
Fe ₂ O ₃	3.60
K ₂ O	0.68
Na ₂ O	0.22
SO ₃	2.2
MgO	2.40
C.L	1.10
P.Ign.	1.93
R.I.	0.68

Fuente: Alvares Barrantes M. A., 2007

Tabla 05. Efecto de las condiciones de combustión en las propiedades que presenta la ceniza de cáscara de arroz

Temperatura de	Tiempo de Combustión	Propiedades de entorno	Propiedades de la ceniza	
			Cristalización	Área superficial
500 – 600	1 min	moderadamente oxidante	no cristalina	122
500 – 600	30 min	moderadamente oxidante	no cristalina	97
500 – 600	2 h	moderadamente oxidante	no cristalina	76
700 – 800	15 min – 1 h	moderadamente oxidante	no cristalina	100
700 – 800	15 min – 1 h	altamente oxidante	parcialmente cristalina	6 – 10
> 800	> 1 h	altamente oxidante	cristalina	< 5

Fuente: Mehta, P.K.

Tabla 06. Tipo de gradación según peso retenido para determinar el número de esferas

TAMAÑO DE LOS TAMICES		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37.50 mm (1 1/2")	25.40 mm (1")	1250 ± 25	-----	-----	-----
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	1250 ± 25	-----	-----	-----
19.00 mm (3/4")	12.70 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
12.70 mm (1/2")	9.51 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
9.51 mm (3/8")	6.35 mm (1/4")	-----	-----	2500 ± 10	-----
6.35 mm (1/4")	4.76 mm (Nº 4)	-----	-----	2500 ± 10	-----
4.76 mm (Nº 4)	2.36 mm (Nº 8)	-----	-----	-----	5000 ± 10

Fuente : Norma Técnica Peruana 400.019

Tabla 07. Número de esferas según el tipo de gradación del material

Gradación	Número de esferas	Masa de las esferas (gr)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.019

Tabla 08. Principales componentes del cemento portland

CEMENTO	C3S	C2S	C3A	C3AF	CaSO4	CaO	MGO
						Libre	
Tipo I	59	15	12	8	2.9	.80	2.40
Tipo II	46	29	6-8*	12	2.80	.60	3.0
Tipo III	60	12	12-15*	8	3.90	1.30	2.60
Tipo IV	30-35*	40**-46	5-7*	13	2.90	.30	2.70
Tipo V	43	36	4-5*	12	2.70	.40	1.60

(*) como máximo

Fuente: tecnología del concreto , A.M Neville y J.J. Brocks

(**) como mínimo

Tabla 09. Principales componentes del cemento portland

Condición de la ejecución en obra	Relación aproximada entre la resistencia promedio y la resistencia de diseño f'_{cr}/f'_c
Excelentes	1.15
Intermedias	1.20 a 1.25
Corrientes	1.35 a 1.60

Fuente: Rivva López

Tabla 10. Consistencia y asentamientos

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" a 2"	Poco trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	> 5"	Muy trabajable

Fuente: Diseño de Mezclas Enrique Rivva López

Tabla 11. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregado

ASENTAMIENTO	Agua, en 1/m ³ , para los tamaños máximos nominales del agregado grueso y consistencia indicados								
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	11	
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124	
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----	
Cont. Aire atrapado (%)	3	2.50	2	1.50	1	0.50	0.30	0.20	
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO									
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107	
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119	
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	----	
Promedio recomendable para el contenido total de aire (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3	

Fuente: ACI 211Y ACI 318

Tabla 12. volumen unitario de agua de mezclado, para asentamientos y tamaño máximo nominal

Tamaño nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua (lt/m ³); para asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Diseño de mezclas Enrique Rivva López

Tabla 13. Relación agua / cemento por resistencia

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²) f'cr	Relación agua/cemento en peso para agregado grueso del tamaño máximo nominal indicado		
	3/8	3/4	1 1/2
140	0.87	0.85	0.80
175	0.79	0.76	0.71
210	0.72	0.69	0.64
245	0.66	0.62	0.58
280	0.61	0.58	0.53
315	0.57	0.53	0.49
350	0.53	0.49	0.45

* Esta tabla ha sido confeccionada por un grupo de investigadores de la Nacional Ready Mixed Concrete Association. **

Los valores corresponden a concretos sin aire incorporado. En concretos con aire incorporado, la reacción agua/cemento deberá estimarse sobre la base de la reducción del 5% en la resistencia por cada 1% de aire incorporado

Tabla 14. Módulo de fineza de la combinación de agregados

Tamaño máximo del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados, el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en saco por metro cúbico indicados			
	6	7	8	9
3/8	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4	4.96	5.04	5.11	5.19
1	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2	5.56	5.64	5.71	5.79
2	5.86	5.69	6.01	6.09
3	6.16	6.29	6.31	6.39

Fuente. Rivva López E, 2010

Tabla 15. Valores de dispersión en el control del concreto

DISPERSION TOTAL					
Clase de Operación	Desviación Estándar para diferentes grados de control (Kg/cm ²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
Clase de Operación	Coeficiente de variación V para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> 5.0

B.) DISEÑO DE MEZCLAS CON ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA) EN 05%, 10%, 15% Y 20%.

B) DISEÑO DE MEZCLAS (MII) CONCRETO CON ADICION DEL 05% CCA; METODO DE MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

1.- DATOS

Resistencia a compresión $f_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$
 Peso específico ceniza cascara arroz = 2.45 gr/cm^3
 Tipo de cemento = **Cemento Pacasmayo Tipo I**
 Peso específico Cemento = 3.11 gr/cm^3
 Agua Potable de la Ciudad Universitaria

Agregados : Características	A. FINO	A. GRUESO
Peso específico de Masa =	2.587 gr/cm ³	2.571 gr/cm ³
Peso unitario seco suelto=	1596.059 kg/m ³	1358.511 kg/m ³
Peso unitario seco compactado=	1729.61 kg/m ³	1527.641 kg/m ³
Peso específico superficialmente seco=	2.626 gr/cm ³	2.585 gr/cm ³
Módulo de finura =	3.02	7.08
Contenido de Humedad =	3.67 %	0.34 %
Absorción =	1.495 %	0.543 %
Perfil =		Angular
T.M.N =	-----	3/4

2.- SELECCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA

$$f'_{cr} = 1.22 * f_c \quad (\text{tabla N}^\circ 09)$$

Por lo tanto $f'_{cr} = 256.20 \text{ kg/cm}^2$

3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO

TMN = Del ensayo granulométrico

4.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP (tabla N° 10)

5.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE MEZCLADO

Agua de mezclado (tabla N° 12)

Contenido de aire atrapado = (tabla N° 11)
 Según el TMN y el slump elegido para el diseño

6.- SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

6.1 - POR RESISTENCIA SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

De la (tabla N° 13), se tiene:

$$\begin{array}{r}
 f'_{cr} \\
 35.00 \left\{ \begin{array}{l} 280.00 \\ 256.20 \\ 245.00 \end{array} \right\} 23.80 \\
 \\
 \frac{35.00}{-0.04} = \frac{23.80}{0.58-A/C}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 A/C \\
 -0.04 \left\{ \begin{array}{l} 0.58 \\ A/C \\ 0.62 \end{array} \right\} 0.58-A/C
 \end{array}$$

$$0.58 - A/C = -0.027$$

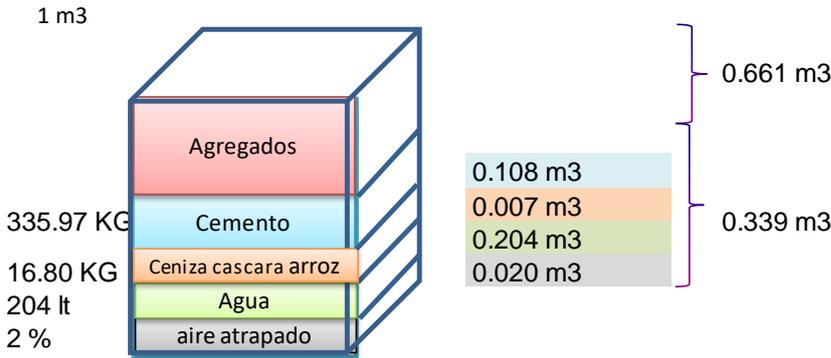
$$A/C = 0.607$$

6.2 - SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C =

0.61

6.3 - SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

$$\begin{aligned} A/C &= 0.61 \\ A &= 204.00 \text{ lt} \\ C &= 335.97 \text{ KG} \end{aligned}$$



7.- DISEÑO POR MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

$$\begin{aligned} \text{Módulo de finura A. Fino (mf)} &= 3.02 \\ \text{Módulo de finura A. Grueso (mg)} &= 7.08 \\ \text{Nº Bolsas} &= \text{Peso cemento (C)} / 42.5 = 7.91 \end{aligned}$$

De la tabla N° 14, se tiene:

$$1.00 \left\{ \begin{array}{l} \text{Nº Bolsas} \\ 7.00 \\ 7.91 \\ 8.00 \end{array} \right\} 0.91$$

$$0.07 \left\{ \begin{array}{l} \text{mc} \\ 5.04 \\ \text{mc} \\ 5.11 \end{array} \right\} \text{mc-5.04}$$

$$\frac{1.00}{0.07} = \frac{0.91}{\text{mc-5.04}}$$

$$\text{mc-5.04} = 0.063$$

$$\text{mc} = 5.10$$

$$\% \text{ Volumen absoluto del agregado fino.} = r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} * 100$$

$$\begin{aligned} \text{Del 100\% de los agregados} \quad r_f &= 48.686 \% \\ r_f &= 48.69 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \longrightarrow \text{Volumen absoluto del A. Fino} &= 0.322 \text{ m}^3 \\ \longrightarrow \text{Volumen abs. del A. Grueso} &= 0.339 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \implies \text{Peso seco absoluto del A. Fino} &= \mathbf{832.65 \text{ KG}} \\ \implies \text{Peso seco abs. del A. Grueso} &= \mathbf{872.09 \text{ KG}} \end{aligned}$$

8.- DETERMINAR EL AGUA EFECTIVA

$$A_{\text{efectiva}} = \text{Agua mezcla} - \frac{(W - \text{abs}) * P_{\text{saf}}}{100} - \frac{(W - \text{abs}) * P_{\text{sag}}}{100}$$

Afectiva : Agua efectiva.

W: contenido de humedad del agregado fino ó agregado grueso.

abs: absorción del agregado fino ó agregado grueso.

Psaf : Proporción en peso seco del agregado fino.

Psag : Proporción en peso seco del agregado grueso.

$$A_{\text{efectiva}} = 25.81 - (3.67 - 1.50) * 832.65 / 100 - (0.34 - 0.54) * 872.09 / 100$$

Afectiva = 23.29 lt (en la proporción)
Afectiva = 184.10 lt (mezcla)

9.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES

9.1- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN PESO

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{P_{\text{af}}}{335.97} : \frac{P_{\text{ag}}}{335.97}$$

Peso húmedo del agregado:

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \mathbf{863.21 \text{ KG}} : \text{Peso húmedo del A. Fino}$$

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \mathbf{875.05 \text{ KG}} : \text{Peso húmedo del A. Grueso}$$

Proporciones en peso:

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{863.21}{335.97} : \frac{875.05}{335.97}$$

$$P_p = \mathbf{1.00} : \mathbf{2.57} : \mathbf{2.60} \quad / \quad \mathbf{25.81 \text{ lt}} \quad \text{mezcla}$$

$$\mathbf{23.29 \text{ lt}} \quad \text{efectiva}$$

9.2.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$P_v = \frac{P_p * 42.5}{P_{\text{ush}}}$$

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario seco suelto.

$$P_{\text{ush}} = (P_{\text{uss}}) \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

$$\text{Push} = 46.85 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Fino.}$$

$$\text{Push} = 38.60 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Grueso.}$$

$$P_v = \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ pie}^3} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}}$$

$$P_v = \frac{1.00}{1.00} : \frac{109.20}{46.85} : \frac{110.69}{38.60}$$

$$P_v = \mathbf{1.00} : \mathbf{2.33} : \mathbf{2.87} \quad / \quad \mathbf{25.81 \text{ lt}} \quad \text{mezcla}$$

$$\mathbf{23.29 \text{ lt}} \quad \text{efectiva}$$

10.- CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

➡	Peso seco absoluto del A. Fino =	832.65 KG
➡	Peso seco abs. del A. Grueso =	872.09 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso de ceniza cascara arroz =	16.80 KG
➡	Peso agua de mezcla =	204.00 KG

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 **2261.51 KG**

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

➡	Peso húmedo absoluto del A. Fino =	863.21 KG
➡	Peso húmedo abs. del A. Grueso =	875.05 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso de ceniza cascara de arroz =	16.80 KG
➡	Peso agua Efectiva =	184.10 KG

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 **2275.13 KG**

11.- CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN V = 0.02 M3 (3 especímenes estandar

➡	Peso húmedo del A. Fino =	17.26 kg
➡	Peso húmedo del A. Grueso =	17.50 kg
➡	Peso de cemento =	6.72 kg
➡	Peso de ceniza de cascara de arroz =	0.34 kg
➡	Cantidad de agua Efectiva =	3.68 lt

C) DISEÑO DE MEZCLAS (MIII) CONCRETO CON ADICION DEL 10% CCA; METODO DE MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

1.- DATOS

Resistencia a compresión = $f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$
 Peso específico ceniza cascara arroz = 2.45 gr/cm^3
 Tipo de cemento = **Cemento Pacasmayo Tipo I**
 Peso específico Cemento = 3.11 gr/cm^3
 Agua Potable de la Ciudad Universitaria

Agregados : Características	<u>A. FINO</u>	<u>A. GRUESO</u>
Peso específico de Masa =	2.587 gr/cm ³	2.571 gr/cm ³
Peso unitario seco suelto=	1596.059 kg/m ³	1358.511 kg/m ³
Peso unitario seco compactado=	1729.61 kg/m ³	1527.641 kg/m ³
Peso específico superficialmente seco=	2.626 gr/cm ³	2.585 gr/cm ³
Módulo de finura =	3.02	7.08
Contenido de Humedad =	3.67 %	0.34 %
Absorción =	1.495 %	0.543 %
Perfil =		Angular
T.M.N =	-----	3/4

2.- SELECCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA

$$f'_{cr} = 1.22 * f'c \quad (\text{tabla N}^\circ 09)$$

Por lo tanto = $f'_{cr} = 256.20 \text{ kg/cm}^2$

3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO

$$TMN = \boxed{3/4} \quad \text{Del ensayo granulométrico}$$

4.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

$$SLUMP \boxed{3''} \quad (\text{tabla N}^\circ 10)$$

5.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE MEZCLADO

$$\text{Agua de mezclado} \quad \boxed{204 \text{ lt}} \quad (\text{tabla N}^\circ 12)$$

$$\text{Contenido de aire atrapado} = \boxed{2\%} \quad (\text{tabla N}^\circ 11)$$

Según el TMN y el slump elegido para el diseño

6.- SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

6.1 - POR RESISTENCIA SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

De la (tabla N° 13), se tiene:

f'_{cr}		A/C	
35.00	{	280.00 256.20 245.00	}
		23.80	
		-0.04	{
		0.58 A/C 0.62	}
		0.58-A/C	
		$\frac{35.00}{-0.04} = \frac{23.80}{0.58-A/C}$	

$$0.58 - A/C = -0.027$$

$$A/C = 0.607$$

6.2 - SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C =

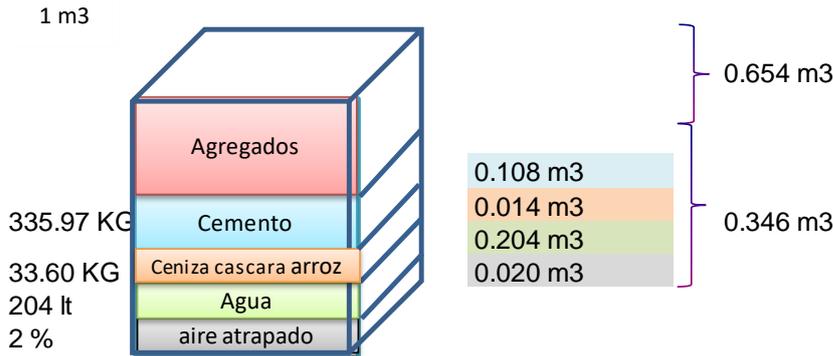
0.61

6.3 - SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

$$A/C = 0.61$$

$$A = 204.00 \text{ lt}$$

$$C = 335.97 \text{ KG}$$



7.- DISEÑO POR MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

$$\text{Módulo de finura A. Fino (mf)} = 3.02$$

$$\text{Módulo de finura A. Grueso (mg)} = 7.08$$

$$\text{Nº Bolsas} = \text{Peso cemento (C)} / 42.5 = 7.91$$

De la tabla N° 14, se tiene:

$$1.00 \left\{ \begin{array}{l} \text{Nº Bolsas} \\ 7.00 \\ 7.91 \\ 8.00 \end{array} \right. 0.91$$

$$0.07 \left\{ \begin{array}{l} \text{mc} \\ 5.04 \\ \text{mc} \\ 5.11 \end{array} \right. \text{mc-5.04}$$

$$\frac{1.00}{0.07} = \frac{0.91}{\text{mc-5.04}}$$

$$\text{mc-5.04} = 0.063$$

$$\text{mc} = 5.10$$

$$\% \text{ Volumen absoluto del agregado fino.} = r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} * 100$$

$$\text{Del 100\% de los agregados} \quad r_f = 48.686 \%$$

$$r_f = 48.69 \%$$

→ Volumen absoluto del A. Fino = 0.319 m³

→ Volumen abs. del A. Grueso = 0.336 m³

→ Peso seco absoluto del A. Fino = **824.01 KG**

→ Peso seco abs. del A. Grueso = **863.05 KG**

8.- DETERMINAR EL AGUA EFECTIVA

$$A_{\text{efectiva}} = \text{Agua mezcla} - \frac{(W - \text{abs}) * P_{\text{saf}}}{100} - \frac{(W - \text{abs}) * P_{\text{sag}}}{100}$$

Afectiva : Agua efectiva.

W: contenido de humedad del agregado fino ó agregado grueso.

abs: absorción del agregado fino ó agregado grueso.

Psaf : Proporción en peso seco del agregado fino.

Psag : Proporción en peso seco del agregado grueso.

$$A_{\text{efectiva}} = 25.81 - (3.67 - 1.50) * 824.01 / 100 - (0.34 - 0.54) * 863.05 / 100$$

Afectiva = 23.32 lt (en la proporción)
Afectiva = 184.31 lt (mezcla)

9.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES

9.1- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN PESO

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{P_{\text{af}}}{335.97} : \frac{P_{\text{ag}}}{335.97}$$

Peso húmedo del agregado:

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \mathbf{854.26 \text{ KG}} : \text{Peso húmedo del A. Fino}$$

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \mathbf{865.97 \text{ KG}} : \text{Peso húmedo del A. Grueso}$$

Proporciones en peso:

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{854.26}{335.97} : \frac{865.97}{335.97}$$

$$P_p = \mathbf{1.00} : \mathbf{2.54} : \mathbf{2.58} \quad / \quad \mathbf{25.81 \text{ lt}} \quad \text{mezcla}$$

$$\mathbf{23.32 \text{ lt}} \quad \text{efectiva}$$

9.2.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$P_v = \frac{P_p * 42.5}{P_{\text{ush}}}$$

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario seco suelto.

$$P_{\text{ush}} = (P_{\text{uss}}) \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

$$\text{Push} = 46.85 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Fino.}$$

$$\text{Push} = 38.60 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Grueso.}$$

$$P_v = \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ pie}^3} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}}$$

$$P_v = \frac{1.00}{1.00} : \frac{108.06}{46.85} : \frac{109.55}{38.60}$$

$$P_v = \mathbf{1.00} : \mathbf{2.31} : \mathbf{2.84} \quad / \quad \mathbf{25.81 \text{ lt}} \quad \text{mezcla}$$

$$\mathbf{23.32 \text{ lt}} \quad \text{efectiva}$$

10.- CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

➡	Peso seco absoluto del A. Fino =	824.01 KG
➡	Peso seco abs. del A. Grueso =	863.05 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso de ceniza cascara arroz =	33.60 KG
➡	Peso agua de mezcla =	204.00 KG

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 **2260.62 KG**

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

➡	Peso húmedo absoluto del A. Fino =	854.26 KG
➡	Peso húmedo abs. del A. Grueso =	865.97 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso de ceniza cascara de arroz =	33.60 KG
➡	Peso agua Efectiva =	184.31 KG

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 **2274.11 KG**

11.- CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN V = 0.02 M3 (3 especímenes estandard)

➡	Peso húmedo del A. Fino =	17.09 kg
➡	Peso húmedo del A. Grueso =	17.32 kg
➡	Peso de cemento =	6.72 kg
➡	Peso de ceniza de cascara de arroz =	0.67 kg
➡	Cantidad de agua Efectiva =	3.69 lt

D) DISEÑO DE MEZCLAS (MIV) CONCRETO CON ADICION DEL 15% CCA; METODO DE MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

1.- DATOS

Resistencia a compresión = $f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$
 Peso específico ceniza cascara arroz = 2.45 gr/cm^3
 Tipo de cemento = **Cemento Pacasmayo Tipo I**
 Peso específico Cemento = 3.11 gr/cm^3
 Agua Potable de la Ciudad Universitaria

Agregados : Características	<u>A. FINO</u>	<u>A. GRUESO</u>
Peso específico de Masa =	2.587 gr/cm ³	2.571 gr/cm ³
Peso unitario seco suelto=	1596.059 kg/m ³	1358.511 kg/m ³
Peso unitario seco compactado=	1729.61 kg/m ³	1527.641 kg/m ³
Peso específico superficialmente seco=	2.626 gr/cm ³	2.585 gr/cm ³
Módulo de finura =	3.02	7.08
Contenido de Humedad =	3.67 %	0.34 %
Absorción =	1.495 %	0.543 %
Perfil =		Angular
T.M.N =	-----	3/4

2.- SELECCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA

$$f'_{cr} = 1.22 * f'c \quad (\text{tabla N}^\circ 09)$$

Por lo tanto = $f'_{cr} = 256.20 \text{ kg/cm}^2$

3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO

TMN = Del ensayo granulométrico

4.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP (tabla N° 10)

5.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE MEZCLADO

Agua de mezclado (tabla N° 12)

Contenido de aire atrapado = (tabla N° 11)
 Según el TMN y el slump elegido para el diseño

6.- SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

6.1 - POR RESISTENCIA SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

De la (tabla N° 13), se tiene:

$$35.00 \left[\begin{array}{l} f'_{cr} \\ 280.00 \\ 256.20 \\ 245.00 \end{array} \right] 23.80 \quad \quad \quad -0.04 \left[\begin{array}{l} A/C \\ 0.58 \\ A/C \\ 0.62 \end{array} \right] 0.58-A/C$$

$$\frac{35.00}{-0.04} = \frac{23.80}{0.58-A/C}$$

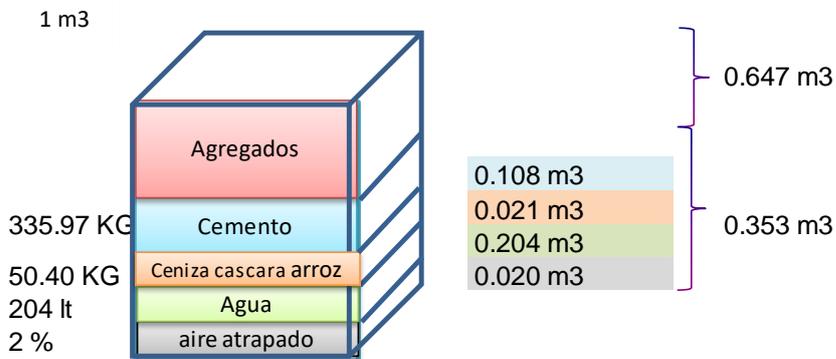
$$0.58-A/C = -0.027$$

6.2 - SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C =

0.61

6.3 - SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

$$\begin{aligned} A/C &= 0.61 \\ A &= 204.00 \text{ lt} \\ C &= 335.97 \text{ KG} \end{aligned}$$



7.- DISEÑO POR MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

$$\begin{aligned} \text{Módulo de finura A. Fino (mf)} &= 3.02 \\ \text{Módulo de finura A. Grueso (mg)} &= 7.08 \\ \text{Nº Bolsas} &= \text{Peso cemento (C)} / 42.5 = 7.91 \end{aligned}$$

De la tabla N° 14, se tiene:

$$1.00 \left\{ \begin{array}{l} \text{Nº Bolsas} \\ 7.00 \\ 7.91 \\ 8.00 \end{array} \right\} 0.91$$

$$0.07 \left\{ \begin{array}{l} \text{mc} \\ 5.04 \\ \text{mc} \\ 5.11 \end{array} \right\} \text{mc-5.04}$$

$$\frac{1.00}{0.07} = \frac{0.91}{\text{mc-5.04}}$$

$$\text{mc-5.04} = 0.063$$

$$\text{mc} = 5.10$$

$$\% \text{ Volumen absoluto del agregado fino.} = r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} * 100$$

$$\begin{aligned} \text{Del 100\% de los agregados} \quad r_f &= 48.686 \% \\ r_f &= 48.69 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \longrightarrow \text{Volumen absoluto del A. Fino} &= 0.315 \text{ m}^3 \\ \longrightarrow \text{Volumen abs. del A. Grueso} &= 0.332 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \implies \text{Peso seco absoluto del A. Fino} &= \mathbf{815.38 \text{ KG}} \\ \implies \text{Peso seco abs. del A. Grueso} &= \mathbf{854.00 \text{ KG}} \end{aligned}$$

8.- DETERMINAR EL AGUA EFECTIVA

$$A_{\text{efectiva}} = \text{Agua mezcla} - \frac{(W - \text{abs}) * P_{\text{saf}}}{100} - \frac{(W - \text{abs}) * P_{\text{sag}}}{100}$$

Afectiva : Agua efectiva.

W: contenido de humedad del agregado fino ó agregado grueso.

abs: absorción del agregado fino ó agregado grueso.

Psaf : Proporción en peso seco del agregado fino.

Psag : Proporción en peso seco del agregado grueso.

$$A_{\text{efectiva}} = 25.81 - (3.67 - 1.50) * 815.38 / 100 - (0.34 - 0.54) * 854.00 / 100$$

Afectiva = 23.34 lt (en la proporción)
Afectiva = 184.52 lt (mezcla)

9.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES

9.1.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN PESO

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{P_{\text{af}}}{335.97} : \frac{P_{\text{ag}}}{335.97}$$

Peso húmedo del agregado:

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \mathbf{845.31 \text{ KG}} : \text{Peso húmedo del A. Fino}$$

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \mathbf{856.90 \text{ KG}} : \text{Peso húmedo del A. Grueso}$$

Proporciones en peso:

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{845.31}{335.97} : \frac{856.90}{335.97}$$

$$P_p = \mathbf{1.00} : \mathbf{2.52} : \mathbf{2.55} \quad / \quad \mathbf{25.81 \text{ lt}} \quad \text{mezcla efectiva}$$

9.2.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$P_v = \frac{P_p * 42.5}{P_{\text{ush}}}$$

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario seco suelto.

$$P_{\text{ush}} = (P_{\text{uss}}) \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

Push = 46.85 kg/pie3 Agregado Fino.

Push = 38.60 kg/pie3 Agregado Grueso.

$$P_v = \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ pie}^3} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}}$$

$$P_v = \frac{1.00}{1.00} : \frac{106.93}{46.85} : \frac{108.40}{38.60}$$

$$P_v = \mathbf{1.00} : \mathbf{2.28} : \mathbf{2.81} \quad / \quad \mathbf{25.81 \text{ lt}} \quad \text{mezcla efectiva}$$

10.- CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

➡	Peso seco absoluto del A. Fino =	815.38 KG
➡	Peso seco abs. del A. Grueso =	854.00 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso de ceniza cascara arroz =	50.40 KG
➡	Peso agua de mezcla =	204.00 KG

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 **2259.74 KG**

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

➡	Peso húmedo absoluto del A. Fino =	845.31 KG
➡	Peso húmedo abs. del A. Grueso =	856.90 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso de ceniza cascara de arroz =	50.40 KG
➡	Peso agua Efectiva =	184.52 KG

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 **2273.08 KG**

11.- CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN V = 0.02 M3 (3 especímenes estandard)

➡	Peso húmedo del A. Fino =	16.91 kg
➡	Peso húmedo del A. Grueso =	17.14 kg
➡	Peso de cemento =	6.72 kg
➡	Peso de ceniza de cascara de arroz =	1.01 kg
➡	Cantidad de agua Efectiva =	3.69 lt

E) DISEÑO DE MEZCLAS (MV) CONCRETO CON ADICION DEL 20% CCA; METODO DE MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

1.- DATOS

Resistencia a compresión = $f'c =$ **210.00 kg/cm²**
 Peso específico ceniza cascara arroz = **2.45 gr/cm³**
 Tipo de cemento = **Cemento Pacasmayo Tipo I**
 Peso específico Cemento = **3.11 gr/cm³**
 Agua Potable de la Ciudad Universitaria

Agregados : Características	A. FINO	A. GRUESO
Peso específico de Masa =	2.587 gr/cm ³	2.571 gr/cm ³
Peso unitario seco suelto=	1596.059 kg/m ³	1358.511 kg/m ³
Peso unitario seco compactado=	1729.61 kg/m ³	1527.641 kg/m ³
Peso específico superficialmente seco=	2.626 gr/cm ³	2.585 gr/cm ³
Módulo de finura =	3.02	7.08
Contenido de Humedad =	3.67 %	0.34 %
Absorción =	1.495 %	0.543 %
Perfil =		Angular
T.M.N =	-----	3/4

2.- SELECCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA

$$f'cr = 1.22 * f'c \quad (\text{tabla N}^\circ 09)$$

Por lo tanto = $f'cr =$ 256.20 kg/cm²

3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO

$$TMN = \boxed{3/4} \quad \text{DEL ENSAYO GRANULOMETRICO}$$

4.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

$$SLUMP \boxed{3''} \quad (\text{tabla N}^\circ 10)$$

5.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE MEZCLADO

$$\text{Agua de mezclado} \quad \boxed{204 \text{ lt}} \quad (\text{tabla N}^\circ 12)$$

$$\text{Contenido de aire atrapado} = \boxed{2\%} \quad (\text{tabla N}^\circ 11)$$

Según el TMN y el slump elegido para el diseño

6.- SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

6.1 - POR RESISTENCIA SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

De la (tabla N° 13), se tiene:

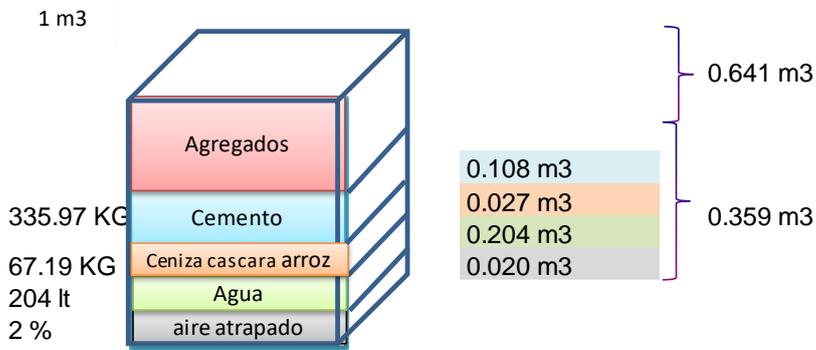
$f'cr$		A/C		
35.00	{	280.00	} 23.80	
		256.20		
		245.00		
		-0.04	{	
		0.58	} 0.58-A/C	
		A/C		
		0.62		
		$\frac{35.00}{-0.04} = \frac{23.80}{0.58-A/C}$		
		0.58-A/C = -0.027		
		<table border="1"><tr><td>A/C = 0.607</td></tr></table>	A/C = 0.607	
A/C = 0.607				

6.2 - SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C =

0.61

6.3 - SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

$$\begin{aligned} A/C &= 0.61 \\ A &= 204.00 \text{ lt} \\ C &= 335.97 \text{ KG} \end{aligned}$$



7.- DISEÑO POR MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

$$\begin{aligned} \text{Módulo de finura A. Fino (mf)} &= 3.02 \\ \text{Módulo de finura A. Gueso (mg)} &= 7.08 \\ \text{N° Bolsas} &= \text{Peso cemento (C)} / 42.5 = 7.91 \end{aligned}$$

De la tabla N° 14, se tiene:

$$\begin{aligned} & \text{N° Bolsas} \\ & \left. \begin{matrix} 7.00 \\ 7.91 \\ 8.00 \end{matrix} \right\} 1.00 \quad 0.91 \\ & \left. \begin{matrix} mc \\ 5.04 \\ mc \\ 5.11 \end{matrix} \right\} 0.07 \quad mc-5.04 \end{aligned}$$

$$\frac{1.00}{0.07} = \frac{0.91}{mc-5.04}$$

$$mc-5.04 = 0.063$$

mc = 5.10

$$\% \text{ Volumen absoluto del agregado fino.} = r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} * 100$$

Del 100% de los agregados $r_f = 48.686 \%$
 $r_f = 48.69 \%$

→ Volumen absoluto del A. Fino = 0.312 m³
 → Volumen abs. del A. Gueso = 0.329 m³

⇒ Peso seco absoluto del A. Fino = **806.74 KG**
 ⇒ Peso seco abs. del A. Gueso = **844.96 KG**

8.- DETERMINAR EL AGUA EFECTIVA

$$A_{\text{efectiva}} = \text{Agua mezcla} - \frac{(W - \text{abs})}{100} * P_{\text{saf}} - \frac{(W - \text{abs})}{100} * P_{\text{sag}}$$

Afectiva : Agua efectiva.

W: contenido de humedad del agregado fino ó agregado grueso.

abs: absorción del agregado fino ó agregado grueso.

P_{saf} : Proporción en peso seco del agregado fino.

P_{sag} : Proporción en peso seco del agregado grueso.

$$A_{\text{efectiva}} = 25.81 - (3.67 - 1.50) * 806.74 / 100 - (0.34 - 0.54) * 844.96 / 100$$

$$\begin{array}{ll} \text{Afectiva} = 23.37 \text{ lt} & \text{(en la proporción)} \\ \text{Afectiva} = 184.72 \text{ lt} & \text{(mezcla)} \end{array}$$

9.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES

9.1.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN PESO

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{P_{\text{af}}}{335.97} : \frac{P_{\text{ag}}}{335.97}$$

Peso húmedo del agregado:

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \quad \mathbf{836.35 \text{ KG}} \quad : \text{Peso húmedo del A. Fino}$$

$$\gamma_h = \gamma_s \left(1 + \frac{w}{100}\right) = \quad \mathbf{847.82 \text{ KG}} \quad : \text{Peso húmedo del A. Grueso}$$

Proporciones en peso:

$$P_p = \frac{335.97}{335.97} : \frac{836.35}{335.97} : \frac{847.82}{335.97}$$

$$P_p = \quad \mathbf{1.00} \quad : \quad \mathbf{2.49} \quad : \quad \mathbf{2.52} \quad / \quad \begin{array}{l} \mathbf{25.81 \text{ lt}} \\ \mathbf{23.37 \text{ lt}} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{mezcla} \\ \text{efectiva} \end{array}$$

9.2.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$P_v = \frac{P_p * 42.5}{P_{\text{ush}}}$$

P_v: Proporción en volumen.

P_p: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

P_{uss}: Peso unitario seco suelto.

$$P_{\text{ush}} = (P_{\text{uss}}) \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

$$\text{Push} = 46.85 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Fino.}$$

$$\text{Push} = 38.60 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Grueso.}$$

$$P_v = \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ pie}^3} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}}$$

$$P_v = \frac{1.00}{1.00} : \frac{105.80}{46.85} : \frac{107.25}{38.60}$$

$$P_v = \quad \mathbf{1.00} \quad : \quad \mathbf{2.26} \quad : \quad \mathbf{2.78} \quad / \quad \begin{array}{l} \mathbf{25.81 \text{ lt}} \\ \mathbf{23.37 \text{ lt}} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{mezcla} \\ \text{efectiva} \end{array}$$

10.- CANTIDAD DE MATERIALES POR M3

➡	Peso seco absoluto del A. Fino =	806.74 KG
➡	Peso seco abs. del A. Grueso =	844.96 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso de ceniza cascara arroz =	67.19 KG
➡	Peso agua de mezcla =	204.00 KG

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 **2258.86 KG**

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

➡	Peso húmedo absoluto del A. Fino =	836.35 KG
➡	Peso húmedo abs. del A. Grueso =	847.82 KG
➡	Peso de cemento =	335.97 KG
➡	Peso de ceniza cascara de arroz =	67.19 KG
➡	Peso agua Efectiva =	184.72 KG

CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 **2272.06 KG**

11.- CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN V = 0.02 M3 (3 especímenes estandard)

➡	Peso húmedo del A. Fino =	16.73 kg
➡	Peso húmedo del A. Grueso =	16.96 kg
➡	Peso de cemento =	6.72 kg
➡	Peso de ceniza de cascara de arroz =	1.34 kg
➡	Cantidad de agua Efectiva =	3.69 lt

C.) PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS AGREGADOS

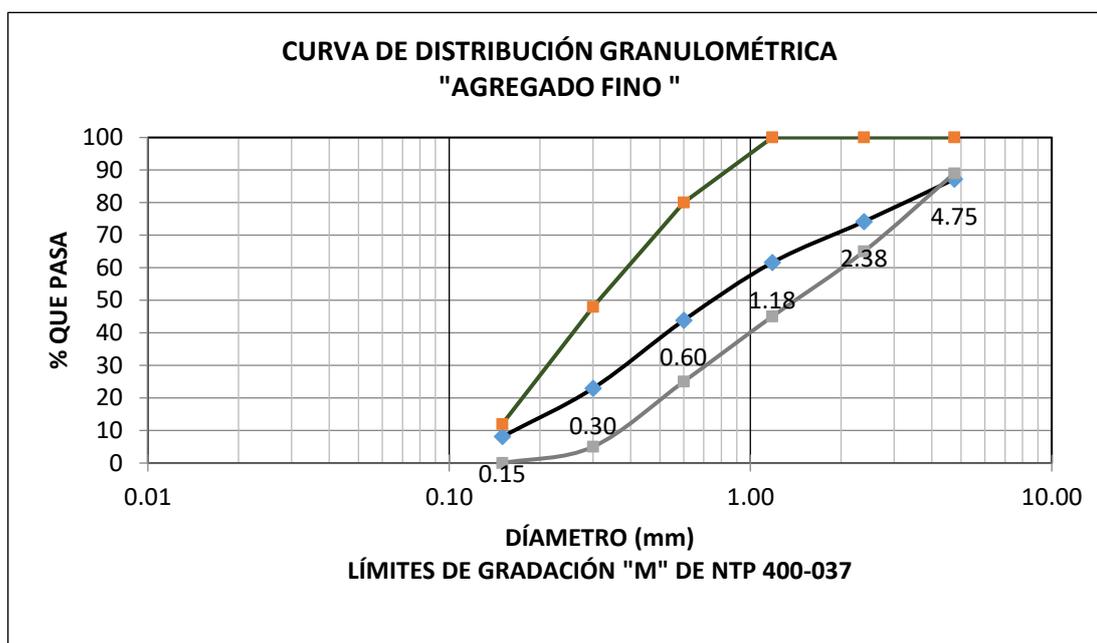
C.1. AGREGADO FINO.

a.) Análisis granulométrico

ENSAYO 01. AGREGADO FINO (NTP 400.011)

Peso muestra secada al horno = **1250.00g**

TAMIZ N°	ABERTUR A (mm)	P. RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET. ACUM	% QUE PASA	USO GRANULOMETRICO M	
4	4.75	160.00	12.80	12.80	87.20	89	100
8	2.38	162.80	13.02	25.82	74.18	65	100
16	1.18	157.70	12.62	38.44	61.56	45	100
30	0.60	221.60	17.73	56.17	43.83	25	80
50	0.30	261.10	20.89	77.06	22.94	5	48
100	0.15	185.50	14.84	91.90	8.10	0	12
200	0.07	44.20	3.54	95.43	4.57	MODULO FINURA MF = 3.02	
Cazoleta		57.10	4.57	100.00	0.00		



% Ret. Acum. Tamices (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)

$$MF = \frac{\quad}{100}$$

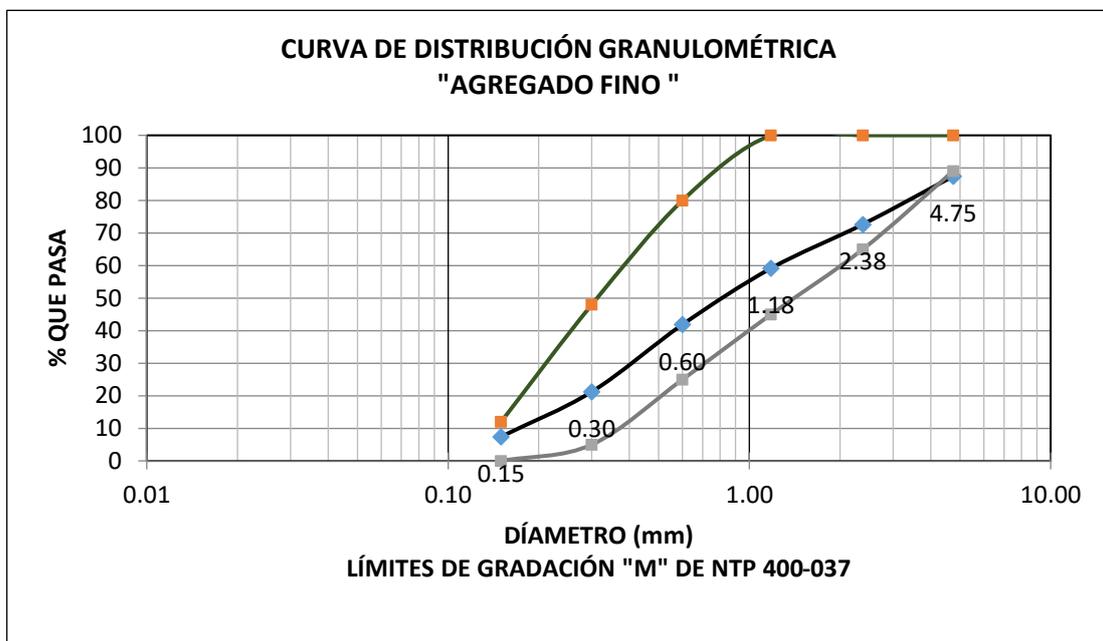
$$MF = \frac{12.8+25.82+38.44+56.17+77.06+91.9}{100}$$

$$MF = \quad \mathbf{3.02}$$

ENSAYO 02. AGREGADO FINO (NTP 400.011)

Peso muestra secada al horno = **1246.00g**

TAMIZ N°	ABERTUR A (mm)	P. RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET. ACUM	% QUE PASA	USO GRANULOMETRICO M	
4	4.75	156.70	12.58	12.58	87.42	89	100
8	2.38	184.00	14.77	27.34	72.66	65	100
16	1.18	168.20	13.50	40.84	59.16	45	100
30	0.60	215.20	17.27	58.11	41.89	25	80
50	0.30	257.20	20.64	78.76	21.24	5	48
100	0.15	172.00	13.80	92.56	7.44	0	12
200	0.07	43.70	3.51	96.07	3.93	MODULO FINURA MF = 3.10	
Cazoleta		49.00	3.93	100.00	0.00		



$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acum. Tamices (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

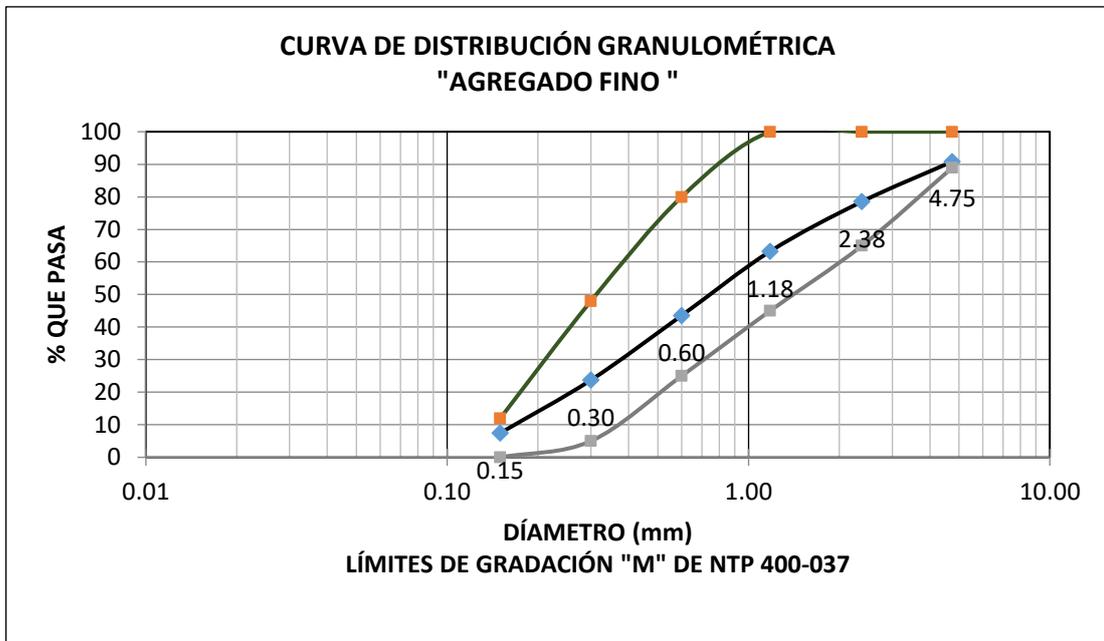
$$MF = \frac{12.58 + 27.34 + 40.84 + 58.11 + 78.76 + 92.56}{100}$$

$$MF = \mathbf{3.10}$$

ENSAYO 03. AGREGADO FINO (NTP 400.011)

Peso muestra secada al horno = **1259.40g**

TAMIZ N°	ABERTUR A (mm)	P. RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET. ACUM	% QUE PASA	USO GRANULOMETRICO M	
4	4.75	115.30	9.16	9.16	90.84	89	100
8	2.38	155.00	12.31	21.46	78.54	65	100
16	1.18	192.40	15.28	36.74	63.26	45	100
30	0.60	248.20	19.71	56.45	43.55	25	80
50	0.30	249.50	19.81	76.26	23.74	5	48
100	0.15	205.00	16.28	92.54	7.46	0	12
200	0.07	51.40	4.08	96.62	3.38	MODULO FINURA	
Cazoleta		42.60	3.38	100.00	0.00		



$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acum. Tamices (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

$$MF = \frac{9.16 + 21.46 + 36.74 + 56.45 + 76.26 + 92.5}{4 \times 100}$$

$$MF = \mathbf{2.93}$$

MF. PROMEDIO = 3.02

b.) Peso específico y absorción

Peso específico y absorción agregado fino (NTP 400.022)

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
Wo <i>Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).</i>	492.60	492.40	492.90	
V <i>Volumen del frasco (cm3)</i>	500.00	500.00	500.00	
Va <i>Peso en (gr). o Volumen (cm3) del agua añadia al frasco</i>	309.70	309.20	309.80	
a. Peso Específico de Masa(gr/cm³): [Pe = Wo/(V-Va)]	2.589	2.581	2.591	2.587
b. Peso específico de Masa Saturada con su Superficie Seca(gr/cm³): [P.e.s.s = 500/(V - Va)]	2.627	2.621	2.629	2.626
c. Peso Específico Aparente(gr/cm³):	2.693	2.688	2.692	2.691
d. Absorción (%): $Ab = \{[(500 - Wo)*100] / Wo\}$	1.502	1.543	1.440	1.495

c.) Peso unitario suelto y compactado

Calculo del factor f.

<i>Peso específico del agua (kg/m³)</i>	1000.00
<i>Peso del Cilindro (kg)</i>	3.885
<i>Peso del Cilindro + Agua (kg)</i>	6.930
<i>Peso Agua (Pagua)=</i>	3.045
>>> f (1/m³) =	328.407

Peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017)

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3
<i>Peso del recipiente (kg.)</i>	3.885	3.885	3.885
<i>Peso del recipiente + material(Kg.)</i>	8.745	8.765	8.725
<i>Peso del material (kg.)</i>	4.86	4.88	4.84
<i>Factor (f)</i>	328.407	328.407	328.407
<i>Peso Unitario Suelto (Kg/m3)</i>	1596.059	1602.627	1589.491
Promedio (Kg/m3)	1596.059		

Peso unitario compactado del agregado fino (NTP 400.017)

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3
<i>Peso del recipiente (kg.)</i>	3.885	3.885	3.885
<i>Peso del recipiente + material(Kg.)</i>	9.150	9.165	9.14
<i>Peso del material (kg.)</i>	5.265	5.28	5.255
<i>Factor (f)</i>	328.407	328.407	328.407
<i>Peso Unitario Suelto (Kg/m3)</i>	1729.064	1733.990	1725.780
Promedio (Kg/m3)	1729.611		

d.) Contenido de humedad**Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185)**

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
<i>Peso recipiente (gr)</i>	83	85	80
<i>Peso de (Muestra Húmeda + recipiente) (gr)</i>	575.17	557.98	562.7
<i>Peso de (Muestra Seca + recipiente) (gr)</i>	557.93	541.06	545.6
<i>Peso del agua (gr)</i>	17.24	16.92	17.10
<i>Peso de la muestra seca (gr)</i>	474.93	456.06	465.6
<i>Contenido de Humedad [%W]</i>	3.630	3.710	3.673
Promedio del Contenido de Humedad [%W]	3.671		

C.2. AGREGADO GRUESO.

a.) Análisis granulométrico

b.) Peso específico y absorción

Peso específico y absorción agregado grueso (NTP 400.021)

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO	
A <i>Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).</i>	3680	3765	3362		
B <i>Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr).</i>	3707	3792	3368		
C <i>Peso en el agua de la muestra saturada (gr)</i>	2278	2325	2060		
a. Peso Específico de Masa(gr/cm³): [Pe = A/(B-C)]	2.575	2.566	2.570		2.571
b. Peso específico de Masa Saturada con su superficie seca(gr/cm³): [P.e.s.s.s = B/(B - C)]	2.594	2.585	2.575		2.585
c. Peso Específico Aparente(gr/cm³): P.e.a = A/(A-C)	2.625	2.615	2.582	2.607	
d. Absorción (%): {Ab = [(B - A)/A]*100}	0.734	0.717	0.178	0.543	

c.) Peso unitario suelto y compactado

Peso unitario suelto del agregado grueso (NTP 400.017)

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3
<i>Peso del recipiente (kg.)</i>	3.885	3.885	3.885
<i>Peso del recipiente + material(Kg.)</i>	7.97	8.010	8.085
<i>Peso del material (kg.)</i>	4.085	4.125	4.2
<i>Factor (f)</i>	328.407	328.407	328.407
<i>Peso Unitario Suelto (Kg/m³)</i>	1341.544	1354.680	1379.310

Promedio (Kg/m3)	1358.511
-------------------------	-----------------

Peso unitario compactado del agregado grueso (NTP 400.017)

DESCRIPCION	M-1	M-2	M-3
<i>Peso del recipiente (kg.)</i>	3.885	3.885	3.885
<i>Peso del recipiente + material(Kg.)</i>	8.520	8.51	8.58
<i>Peso del material (kg.)</i>	4.635	4.625	4.695
<i>Factor (f)</i>	328.407	328.407	328.407
<i>Peso Unitario Suelto (Kg/m3)</i>	1522.167	1518.883	1541.872
Promedio (Kg/m3)		1527.641	

d.) Contenido de humedad

Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185)

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
<i>Peso recipiente (gr)</i>	83	85	80
<i>Peso de (Muestra Húmeda + recipiente) (gr)</i>	1131.9	1183.59	1066.3
<i>Peso de (Muestra Seca + recipiente) (gr)</i>	1128.4	1179.96	1062.86
<i>Peso del agua (gr)</i>	3.50	3.63	3.44
<i>Peso de la muestra seca (gr)</i>	1045.4	1094.96	982.86
<i>Contenido de Humedad [%W]</i>	0.335	0.332	0.350
Promedio del Contenido de Humedad [%W]	0.339		

D.) PROPIEDADES DE LA CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA)

e.) Peso específico de la ceniza de cascara de arroz

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
A: Peso del material seco (gr)	50	50	50
B: Peso del picnómetro lleno de agua (gr)	659.4	673	664
C = A+B (gr)	709.4	723	714
D: Peso del picnómetro + agua + material (gr)	689.2	702.7	693.3
E: Volumen de agua desplazado (gr) (C-D)	20.2	20.3	20.7
Peso específico A/E (gr/cm3)	2.475	2.463	2.415
Peso específico promedio (gr/cm3)	2.45		

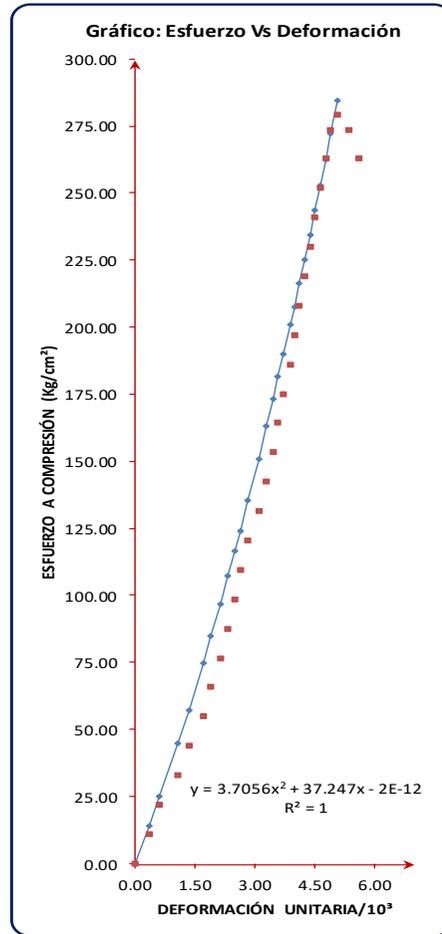
E.) GRAFICAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MI (01) CONCRETO PATRON

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diámetro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 303.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.110	0.36	10.95	13.99
4.00	0.190	0.63	21.90	24.77
6.00	0.330	1.09	32.85	44.88
8.00	0.410	1.35	43.80	57.08
10.00	0.520	1.71	54.75	74.70
12.00	0.580	1.91	65.70	84.71
14.00	0.650	2.14	76.65	96.77
16.00	0.710	2.34	87.60	107.41
18.00	0.760	2.50	98.55	116.51
20.00	0.800	2.64	109.50	123.93
22.00	0.860	2.83	120.45	135.30
24.00	0.940	3.10	131.40	150.91
26.00	1.000	3.29	142.35	162.95
28.00	1.050	3.46	153.29	173.21
30.00	1.090	3.59	164.24	181.57
32.00	1.130	3.72	175.19	190.05
34.00	1.180	3.89	186.14	200.83
36.00	1.210	3.99	197.09	207.40
38.00	1.250	4.12	208.04	216.27
40.00	1.290	4.25	218.99	225.26
42.00	1.330	4.38	229.94	234.39
44.00	1.370	4.51	240.89	243.64
46.00	1.410	4.65	251.84	253.02
48.00	1.450	4.78	262.79	262.53
50.00	1.490	4.91	273.74	272.17
51.00	1.540	5.07	279.22	284.41
50.00	1.630	5.37	273.74	306.93
48.00	1.700	5.60	262.79	324.90

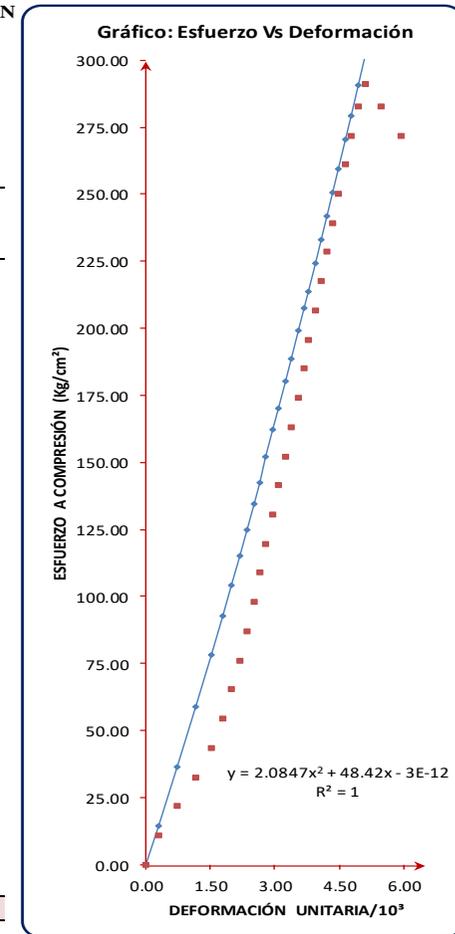


Def. Unitaria * 1000: **5.07**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **279.22**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **252317.13**

ESPECIMEN: MI (02) CONCRETO PATRON

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diámetro (cm): 15.30
 Area (cm²): 183.85
 Altura (mm): 303.00
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.090	0.30	10.88	14.57
4.00	0.220	0.73	21.76	36.26
6.00	0.350	1.16	32.63	58.71
8.00	0.460	1.52	43.51	78.31
10.00	0.540	1.78	54.39	92.91
12.00	0.600	1.98	65.27	104.06
14.00	0.660	2.18	76.15	115.36
16.00	0.710	2.34	87.03	124.91
18.00	0.760	2.51	97.90	134.57
20.00	0.800	2.64	108.78	142.37
22.00	0.850	2.81	119.66	152.24
24.00	0.900	2.97	130.54	162.21
26.00	0.940	3.10	141.42	170.28
28.00	0.990	3.27	152.29	180.46
30.00	1.030	3.40	163.17	188.69
32.00	1.080	3.56	174.05	199.07
34.00	1.120	3.70	184.93	207.46
36.00	1.150	3.80	195.81	213.80
38.00	1.200	3.96	206.69	224.46
40.00	1.240	4.09	217.56	233.07
42.00	1.280	4.22	228.44	241.75
44.00	1.320	4.36	239.32	250.50
46.00	1.360	4.49	250.20	259.33
48.00	1.410	4.65	261.08	270.46
50.00	1.450	4.79	271.95	279.45
52.00	1.500	4.95	282.83	290.79
53.50	1.550	5.12	290.99	302.25
52.00	1.660	5.48	282.83	327.84
50.00	1.800	5.94	271.95	361.21



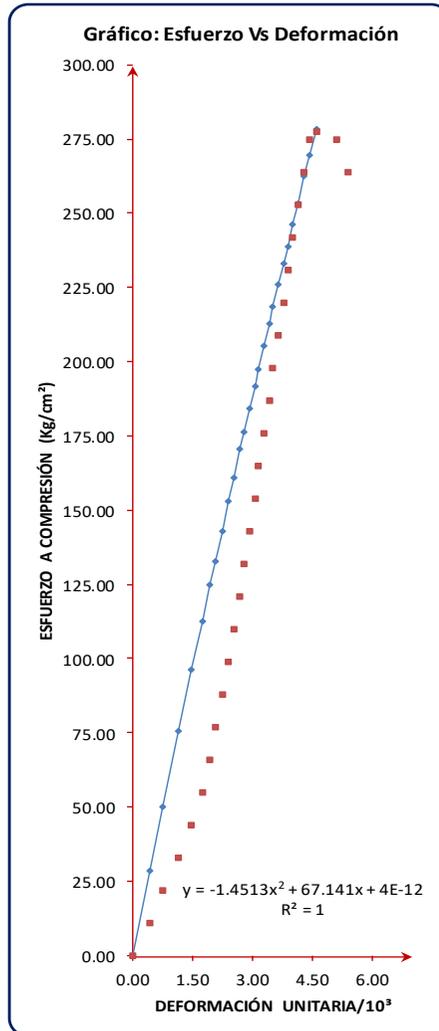
Def. Unitaria * 1000: **5.12**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **290.99**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **257582.86**

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MI (03) CONCRETO PATRON

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.23
 Area (cm²): 182.06
 Altura (mm): 304.00
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.130	0.43	10.99	28.45
4.00	0.230	0.76	21.97	49.97
6.00	0.350	1.15	32.96	75.38
8.00	0.450	1.48	43.94	96.21
10.00	0.530	1.74	54.93	112.64
12.00	0.590	1.94	65.91	124.84
14.00	0.630	2.07	76.90	132.91
16.00	0.680	2.24	87.88	142.92
18.00	0.730	2.40	98.87	152.86
20.00	0.770	2.53	109.86	160.75
22.00	0.820	2.70	120.84	170.55
24.00	0.850	2.80	131.83	176.38
26.00	0.890	2.93	142.81	184.13
28.00	0.930	3.06	153.80	191.82
30.00	0.960	3.16	164.78	197.55
32.00	1.000	3.29	175.77	205.16
34.00	1.040	3.42	186.76	212.71
36.00	1.070	3.52	197.74	218.34
38.00	1.110	3.65	208.73	225.81
40.00	1.150	3.78	219.71	233.22
42.00	1.180	3.88	230.70	238.75
44.00	1.220	4.01	241.68	246.07
46.00	1.260	4.14	252.67	253.35
48.00	1.310	4.31	263.65	262.38
50.00	1.350	4.44	274.64	269.54
50.50	1.400	4.61	277.39	278.42
50.00	1.550	5.10	274.64	304.60
48.00	1.640	5.39	263.65	319.97



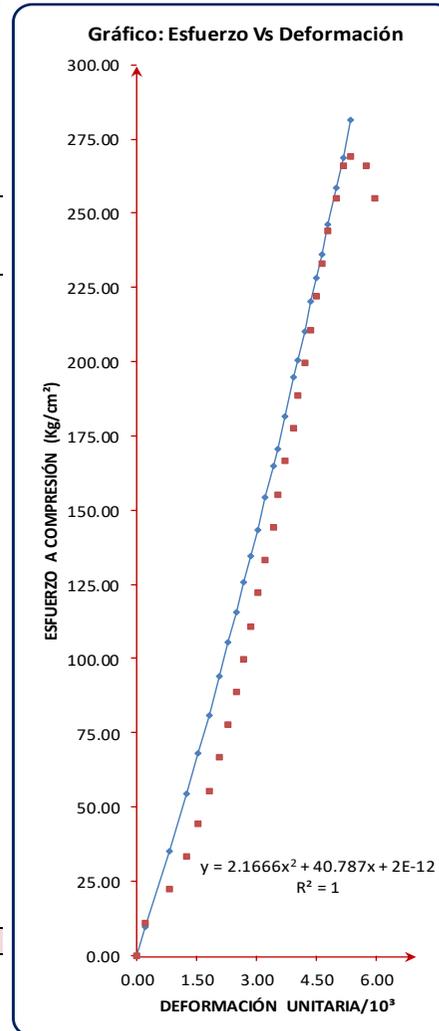
Def. Unitaria * 1000: **4.61**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **277.39**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **251489.52**

Esfuerzo = -1.4513x² + 67.141x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9332

ESPECIMEN: MI (04) CONCRETO PATRON

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.15
 Area (cm²): 180.27
 Altura (mm): 303.75
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.070	0.23	11.09	9.51
4.00	0.250	0.82	22.19	35.04
6.00	0.380	1.25	33.28	54.42
8.00	0.470	1.55	44.38	68.30
10.00	0.550	1.81	55.47	80.96
12.00	0.630	2.07	66.57	93.92
14.00	0.700	2.30	77.66	105.50
16.00	0.760	2.50	88.76	115.62
18.00	0.820	2.70	99.85	125.90
20.00	0.870	2.86	110.95	134.60
22.00	0.920	3.03	122.04	143.41
24.00	0.980	3.23	133.14	154.15
26.00	1.040	3.42	144.23	165.05
28.00	1.070	3.52	155.33	170.56
30.00	1.130	3.72	166.42	181.72
32.00	1.200	3.95	177.51	194.95
34.00	1.230	4.05	188.61	200.69
36.00	1.280	4.21	199.70	210.35
38.00	1.330	4.38	210.80	220.13
40.00	1.370	4.51	221.89	228.04
42.00	1.410	4.64	232.99	236.02
44.00	1.460	4.81	244.08	246.10
46.00	1.520	5.00	255.18	258.36
48.00	1.570	5.17	266.27	268.70
48.50	1.630	5.37	269.05	281.26
48.00	1.750	5.76	266.27	306.90
46.00	1.810	5.96	255.18	319.98



Def. Unitaria * 1000: **5.37**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **269.05**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **247679.31**

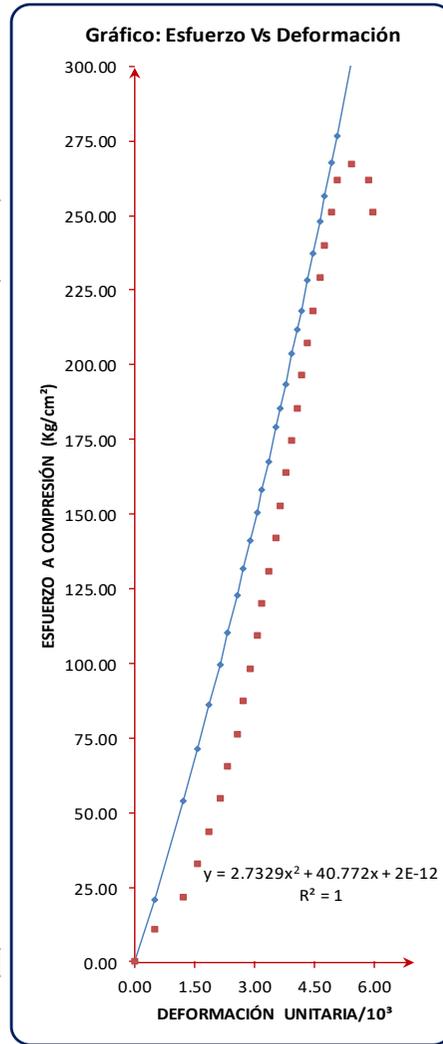
Esfuerzo = 2.1666x² + 40.787x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9753

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MI (05) CONCRETO PATRON

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.28
 Area (cm²): 183.25
 Altura (mm): 304.00
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo correg. (kg/cm²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.150	0.49	10.91	20.78
4.00	0.370	1.22	21.83	53.67
6.00	0.480	1.58	32.74	71.19
8.00	0.570	1.88	43.66	86.06
10.00	0.650	2.14	54.57	99.67
12.00	0.710	2.34	65.48	110.13
14.00	0.780	2.57	76.40	122.60
16.00	0.830	2.73	87.31	131.69
18.00	0.880	2.89	98.22	140.93
20.00	0.930	3.06	109.14	150.31
22.00	0.970	3.19	120.05	157.92
24.00	1.020	3.36	130.97	167.57
26.00	1.080	3.55	141.88	179.34
28.00	1.110	3.65	152.79	185.31
30.00	1.150	3.78	163.71	193.35
32.00	1.200	3.95	174.62	203.53
34.00	1.240	4.08	185.53	211.78
36.00	1.270	4.18	196.45	218.03
38.00	1.320	4.34	207.36	228.56
40.00	1.360	4.47	218.28	237.10
42.00	1.410	4.64	229.19	247.90
44.00	1.450	4.77	240.10	256.65
46.00	1.500	4.93	251.02	267.72
48.00	1.540	5.07	261.93	276.68
49.00	1.650	5.43	267.39	301.81
48.00	1.780	5.86	261.93	332.43
46.00	1.810	5.95	251.02	339.64

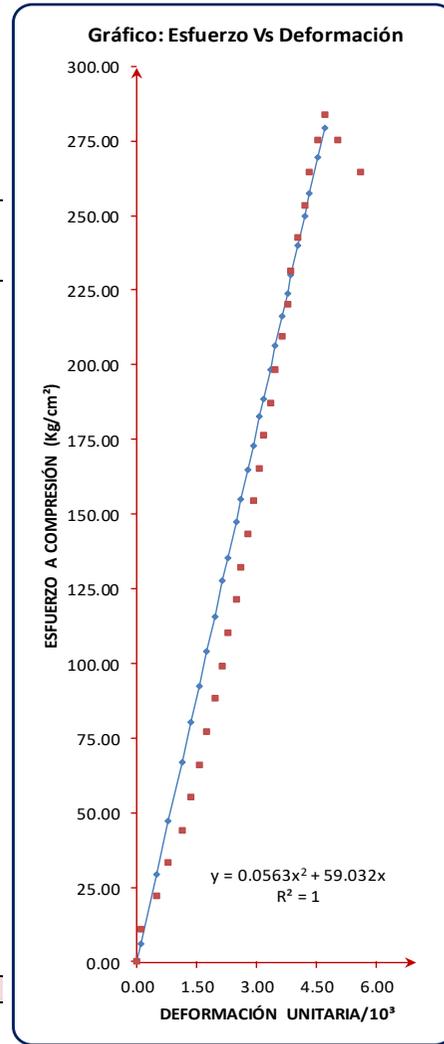


Def. Unitaria * 1000: **5.43**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **267.39**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **246915.48**

ESPECIMEN: MI (06) CONCRETO PATRON

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.20
 Area (cm²): 181.46
 Altura (mm): 301.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo correg. (kg/cm²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.030	0.10	11.02	5.87
4.00	0.150	0.50	22.04	29.38
6.00	0.240	0.80	33.07	47.03
8.00	0.340	1.13	44.09	66.64
10.00	0.410	1.36	55.11	80.38
12.00	0.470	1.56	66.13	92.16
14.00	0.530	1.76	77.15	103.94
16.00	0.590	1.96	88.17	115.73
18.00	0.650	2.16	99.20	127.53
20.00	0.690	2.29	110.22	135.39
22.00	0.750	2.49	121.24	147.19
24.00	0.790	2.62	132.26	155.06
26.00	0.840	2.79	143.28	164.90
28.00	0.880	2.92	154.30	172.78
30.00	0.930	3.08	165.33	182.62
32.00	0.960	3.18	176.35	188.53
34.00	1.010	3.35	187.37	198.38
36.00	1.050	3.48	198.39	206.27
38.00	1.100	3.65	209.41	216.12
40.00	1.140	3.78	220.44	224.01
42.00	1.170	3.88	231.46	229.93
44.00	1.220	4.05	242.48	239.79
46.00	1.270	4.21	253.50	249.66
48.00	1.310	4.34	264.52	257.55
50.00	1.370	4.54	275.54	269.40
51.50	1.420	4.71	283.81	279.28
50.00	1.520	5.04	275.54	299.04
48.00	1.690	5.61	264.52	332.66



Def. Unitaria * 1000: **4.71**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **283.81**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **254385.02**

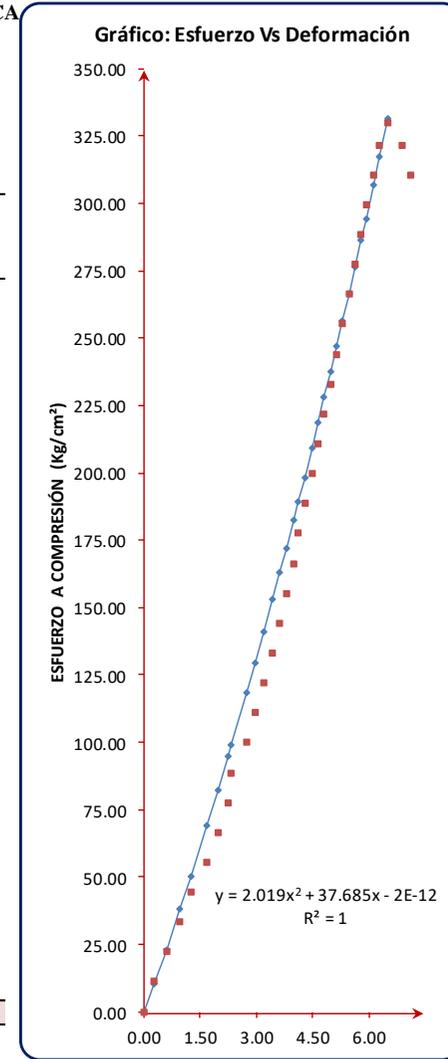
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MII (01) ADICION DE 05% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.15
 Area (cm²): 180.27
 Altura (mm): 303.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.080	0.26	11.09	10.07
4.00	0.180	0.59	22.19	23.06
6.00	0.290	0.96	33.28	37.85
8.00	0.380	1.25	44.38	50.35
10.00	0.510	1.68	55.47	69.03
12.00	0.600	1.98	66.57	82.39
14.00	0.680	2.24	77.66	94.57
16.00	0.710	2.34	88.76	99.21
18.00	0.830	2.73	99.85	118.16
20.00	0.900	2.97	110.95	129.50
22.00	0.970	3.20	122.04	141.07
24.00	1.040	3.43	133.14	152.84
26.00	1.100	3.62	144.23	163.11
28.00	1.150	3.79	155.33	171.78
30.00	1.210	3.99	166.42	182.33
32.00	1.250	4.12	177.51	189.46
34.00	1.300	4.28	188.61	198.46
36.00	1.360	4.48	199.70	209.41
38.00	1.410	4.65	210.80	218.65
40.00	1.460	4.81	221.89	228.01
42.00	1.510	4.98	232.99	237.47
44.00	1.560	5.14	244.08	247.04
46.00	1.610	5.30	255.18	256.73
48.00	1.660	5.47	266.27	266.52
50.00	1.710	5.63	277.37	276.42
52.00	1.760	5.80	288.46	286.43
54.00	1.800	5.93	299.56	294.52
56.00	1.860	6.13	310.65	306.78
58.00	1.910	6.29	321.75	317.12
59.50	1.980	6.52	330.07	331.78
58.00	2.090	6.89	321.75	355.25
56.00	2.160	7.12	310.65	370.47

Def. Unitaria * 1000: **6.52**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **330.07**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **274332.56**



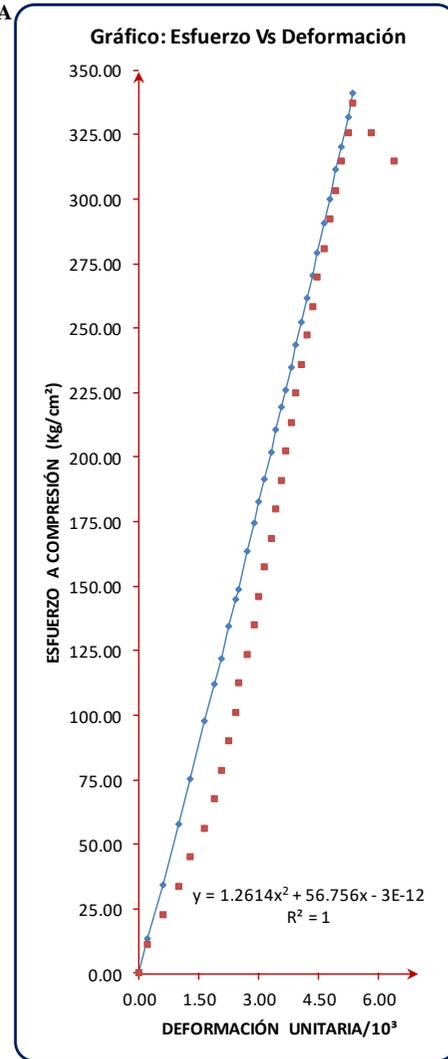
Esfuerzo = 2.019x² + 37.685x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9852

ESPECIMEN: MII (02) ADICION DE 05% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.05
 Area (cm²): 177.90
 Altura (mm): 301.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.070	0.23	11.24	13.25
4.00	0.180	0.60	22.49	34.33
6.00	0.300	1.00	33.73	57.72
8.00	0.390	1.29	44.97	75.53
10.00	0.500	1.66	56.21	97.59
12.00	0.570	1.89	67.46	111.81
14.00	0.620	2.06	78.70	122.05
16.00	0.680	2.26	89.94	134.42
18.00	0.730	2.42	101.18	144.81
20.00	0.750	2.49	112.43	148.99
22.00	0.820	2.72	123.67	163.69
24.00	0.870	2.89	134.91	174.28
26.00	0.910	3.02	146.15	182.79
28.00	0.950	3.15	157.40	191.36
30.00	1.000	3.32	168.64	202.12
32.00	1.040	3.45	179.88	210.78
34.00	1.080	3.58	191.12	219.49
36.00	1.110	3.68	202.37	226.05
38.00	1.150	3.81	213.61	234.83
40.00	1.190	3.95	224.85	243.66
42.00	1.230	4.08	236.09	252.54
44.00	1.270	4.21	247.34	261.45
46.00	1.310	4.34	258.58	270.41
48.00	1.350	4.48	269.82	279.42
50.00	1.400	4.64	281.06	290.74
52.00	1.440	4.78	292.31	299.85
54.00	1.490	4.94	303.55	311.29
56.00	1.530	5.07	314.79	320.50
58.00	1.580	5.24	326.03	332.07
60.00	1.620	5.37	337.28	341.37
58.00	1.760	5.84	326.03	374.30
56.00	1.930	6.40	314.79	415.00

Def. Unitaria * 1000: **5.37**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **337.28**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **277313.25**



Esfuerzo = 1.2614x² + 56.756x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9645

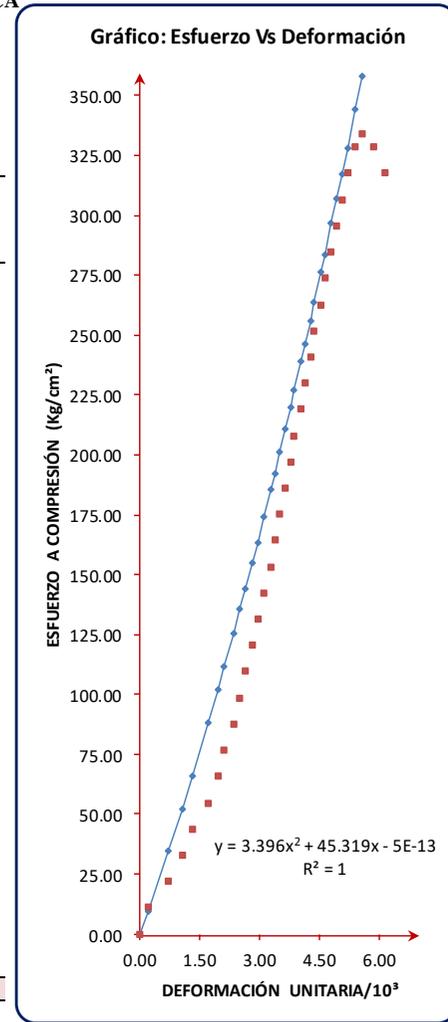
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MII (03) ADICION DE 05% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 301.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.060	0.20	10.95	9.15
4.00	0.220	0.73	21.90	34.88
6.00	0.320	1.06	32.85	51.93
8.00	0.400	1.33	43.80	66.10
10.00	0.520	1.72	54.75	88.26
12.00	0.590	1.96	65.70	101.69
14.00	0.640	2.12	76.65	111.50
16.00	0.710	2.35	87.60	125.55
18.00	0.760	2.52	98.55	135.81
20.00	0.800	2.65	109.50	144.16
22.00	0.850	2.82	120.45	154.76
24.00	0.890	2.95	131.40	163.37
26.00	0.940	3.12	142.35	174.30
28.00	0.990	3.28	153.29	185.42
30.00	1.020	3.38	164.24	192.19
32.00	1.060	3.52	175.19	201.31
34.00	1.100	3.65	186.14	210.55
36.00	1.140	3.78	197.09	219.91
38.00	1.170	3.88	208.04	227.00
40.00	1.220	4.05	218.99	238.98
42.00	1.250	4.15	229.94	246.26
44.00	1.290	4.28	240.89	256.07
46.00	1.320	4.38	251.84	263.50
48.00	1.370	4.54	262.79	276.04
50.00	1.400	4.64	273.74	283.66
52.00	1.450	4.81	284.69	296.50
54.00	1.490	4.94	295.64	306.90
56.00	1.530	5.07	306.59	317.43
58.00	1.570	5.21	317.54	328.07
60.00	1.630	5.41	328.49	344.27
61.00	1.680	5.57	333.96	357.96
60.00	1.770	5.87	328.49	383.09
58.00	1.860	6.17	317.54	408.82

Def. Unitaria * 1000: **5.57**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **333.96**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **275947.57**

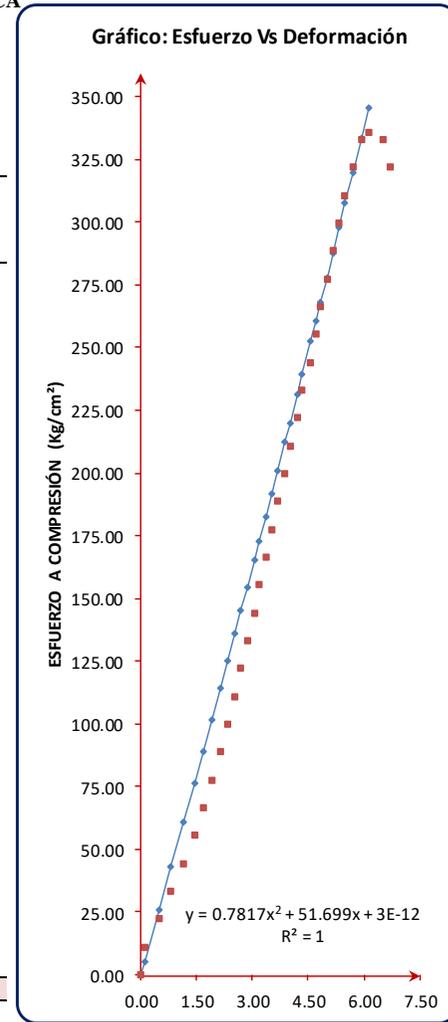


ESPECIMEN: MII (04) ADICION DE 05% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.15
 Area (cm²): 180.27
 Altura (mm): 304.00
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.030	0.10	11.09	5.11
4.00	0.150	0.49	22.19	25.70
6.00	0.250	0.82	33.28	43.04
8.00	0.350	1.15	44.38	60.56
10.00	0.440	1.45	55.47	76.47
12.00	0.510	1.68	66.57	88.93
14.00	0.580	1.91	77.66	101.48
16.00	0.650	2.14	88.76	114.11
18.00	0.710	2.34	99.85	125.01
20.00	0.770	2.53	110.95	135.96
22.00	0.820	2.70	122.04	145.14
24.00	0.870	2.86	133.14	154.36
26.00	0.930	3.06	144.23	165.47
28.00	0.970	3.19	155.33	172.92
30.00	1.020	3.36	166.42	182.26
32.00	1.070	3.52	177.51	191.65
34.00	1.120	3.68	188.61	201.08
36.00	1.180	3.88	199.70	212.45
38.00	1.220	4.01	210.80	220.07
40.00	1.280	4.21	221.89	231.54
42.00	1.320	4.34	232.99	239.22
44.00	1.390	4.57	244.08	252.73
46.00	1.430	4.70	255.18	260.49
48.00	1.470	4.84	266.27	268.27
50.00	1.520	5.00	277.37	278.04
52.00	1.570	5.16	288.46	287.85
54.00	1.620	5.33	299.56	297.70
56.00	1.670	5.49	310.65	307.60
58.00	1.730	5.69	321.75	319.52
60.00	1.800	5.92	332.84	333.52
60.50	1.860	6.12	335.61	345.58
60.00	1.980	6.51	332.84	369.89
58.00	2.040	6.71	321.75	382.13

Def. Unitaria * 1000: **6.12**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **335.61**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **276628.27**



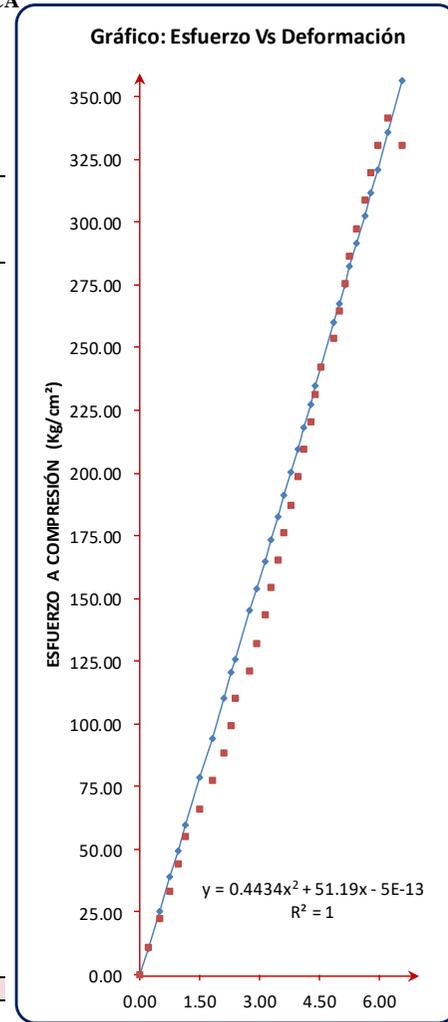
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MII (05) ADICION DE 05% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.20
 Area (cm²): 181.46
 Altura (mm): 303.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.060	0.20	11.02	10.14
4.00	0.150	0.49	22.04	25.41
6.00	0.230	0.76	33.07	39.05
8.00	0.290	0.96	44.09	49.32
10.00	0.350	1.15	55.11	59.62
12.00	0.460	1.52	66.13	78.60
14.00	0.550	1.81	77.15	94.22
16.00	0.640	2.11	88.17	109.92
18.00	0.700	2.31	99.20	120.42
20.00	0.730	2.41	110.22	125.69
22.00	0.840	2.77	121.24	145.08
24.00	0.890	2.93	132.26	153.93
26.00	0.950	3.13	143.28	164.58
28.00	1.000	3.29	154.30	173.48
30.00	1.050	3.46	165.33	182.41
32.00	1.100	3.62	176.35	191.36
34.00	1.150	3.79	187.37	200.33
36.00	1.200	3.95	198.39	209.33
38.00	1.250	4.12	209.41	218.35
40.00	1.300	4.28	220.44	227.40
42.00	1.340	4.42	231.46	234.66
44.00	1.380	4.55	242.48	241.93
46.00	1.480	4.88	253.50	260.17
48.00	1.520	5.01	264.52	267.49
50.00	1.560	5.14	275.54	274.83
52.00	1.600	5.27	286.57	282.19
54.00	1.650	5.44	297.59	291.40
56.00	1.710	5.63	308.61	302.49
58.00	1.760	5.80	319.63	311.76
60.00	1.810	5.96	330.65	321.05
62.00	1.890	6.23	341.68	335.97
60.00	2.000	6.59	330.65	356.59
58.00	2.140	7.05	319.63	382.99

Def. Unitaria * 1000: **6.23**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **341.68**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **279115.37**

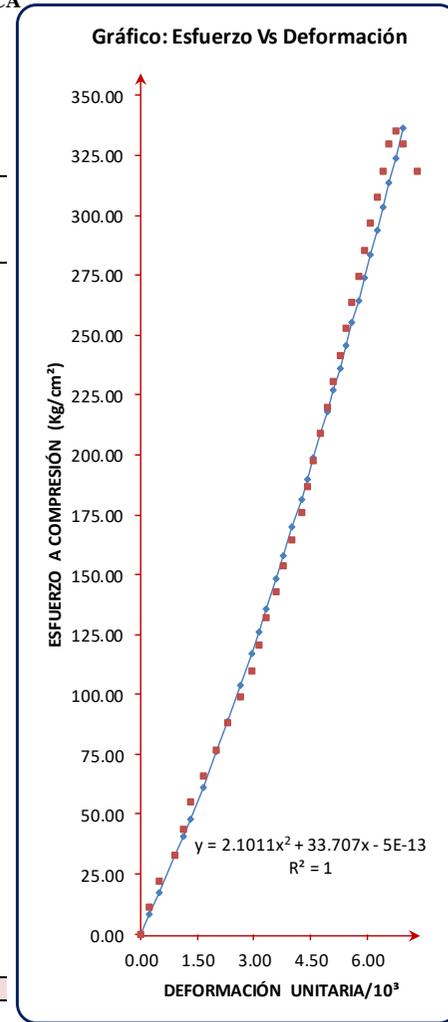


ESPECIMEN: MII (06) ADICION DE 05% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.23
 Area (cm²): 182.06
 Altura (mm): 303.25
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.070	0.23	10.99	7.89
4.00	0.150	0.49	21.97	17.19
6.00	0.280	0.92	32.96	32.91
8.00	0.340	1.12	43.94	40.43
10.00	0.400	1.32	54.93	48.12
12.00	0.500	1.65	65.91	61.29
14.00	0.610	2.01	76.90	76.31
16.00	0.700	2.31	87.88	89.00
18.00	0.800	2.64	98.87	103.55
20.00	0.890	2.93	109.86	117.02
22.00	0.950	3.13	120.84	126.22
24.00	1.010	3.33	131.83	135.57
26.00	1.090	3.59	142.81	148.30
28.00	1.150	3.79	153.80	158.04
30.00	1.220	4.02	164.78	169.61
32.00	1.290	4.25	175.77	181.41
34.00	1.340	4.42	186.76	189.97
36.00	1.390	4.58	197.74	198.65
38.00	1.450	4.78	208.73	209.21
40.00	1.500	4.95	219.71	218.14
42.00	1.550	5.11	230.70	227.18
44.00	1.600	5.28	241.68	236.34
46.00	1.650	5.44	252.67	245.61
48.00	1.700	5.61	263.65	254.99
50.00	1.750	5.77	274.64	264.49
52.00	1.800	5.94	285.63	274.10
54.00	1.850	6.10	296.61	283.83
56.00	1.900	6.27	307.60	293.67
58.00	1.950	6.43	318.58	303.63
60.00	2.000	6.60	329.57	313.70
61.00	2.050	6.76	335.06	323.88
60.00	2.110	6.96	329.57	336.26
58.00	2.230	7.35	318.58	361.49

Def. Unitaria * 1000: **6.76**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **335.06**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **276400.69**

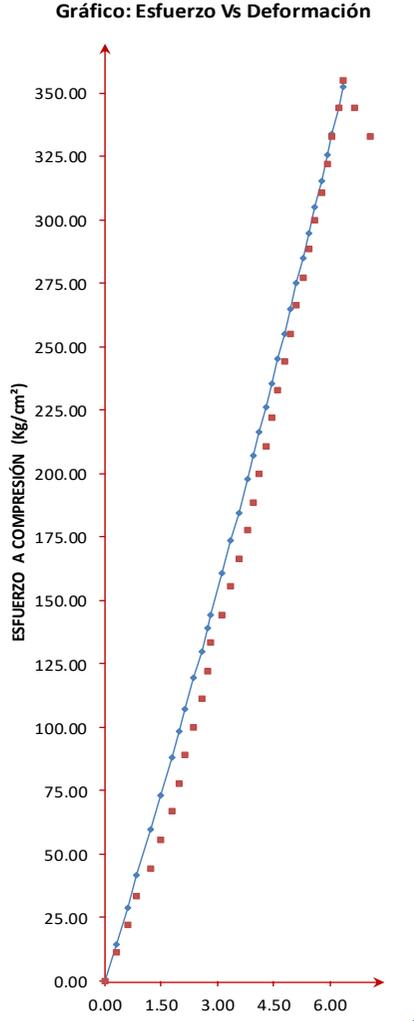


ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MIII (01) ADICION DE 10% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.15
 Area (cm²): 180.27
 Altura (mm): 303.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo correg. (kg/cm²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.090	0.30	11.09	14.12
4.00	0.180	0.59	22.19	28.47
6.00	0.260	0.86	33.28	41.42
8.00	0.370	1.22	44.38	59.51
10.00	0.450	1.48	55.47	72.87
12.00	0.540	1.78	66.57	88.13
14.00	0.600	1.98	77.66	98.42
16.00	0.650	2.14	88.76	107.08
18.00	0.720	2.37	99.85	119.32
20.00	0.780	2.57	110.95	129.91
22.00	0.830	2.73	122.04	138.82
24.00	0.860	2.83	133.14	144.20
26.00	0.950	3.13	144.23	160.48
28.00	1.020	3.36	155.33	173.31
30.00	1.080	3.56	166.42	184.41
32.00	1.150	3.79	177.51	197.48
34.00	1.200	3.95	188.61	206.91
36.00	1.250	4.12	199.70	216.40
38.00	1.300	4.28	210.80	225.97
40.00	1.350	4.45	221.89	235.60
42.00	1.400	4.61	232.99	245.31
44.00	1.450	4.78	244.08	255.08
46.00	1.500	4.94	255.18	264.92
48.00	1.550	5.11	266.27	274.84
50.00	1.600	5.27	277.37	284.82
52.00	1.650	5.44	288.46	294.87
54.00	1.700	5.60	299.56	305.00
56.00	1.750	5.77	310.65	315.19
58.00	1.800	5.93	321.75	325.45
60.00	1.840	6.06	332.84	333.72
62.00	1.890	6.23	343.93	344.10
64.00	1.930	6.36	355.03	352.47
62.00	2.020	6.66	343.93	371.44
60.00	2.150	7.08	332.84	399.25



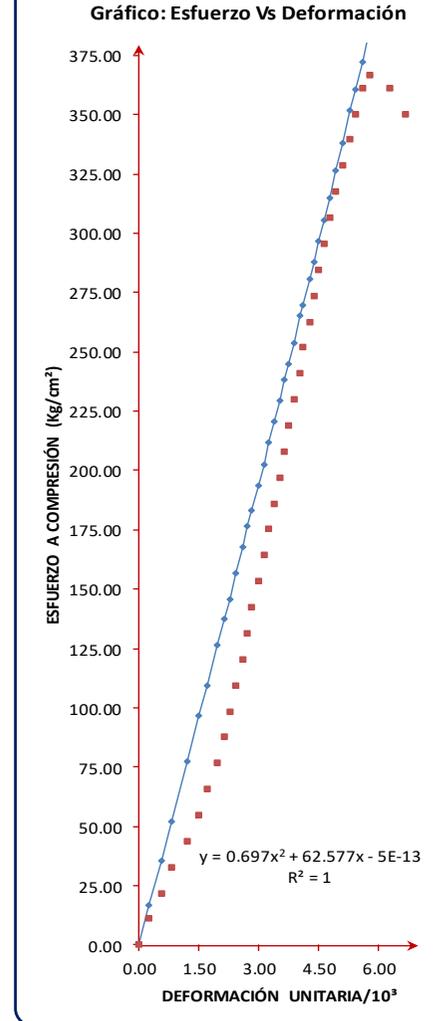
Def. Unitaria * 1000: **6.36**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **355.03**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **284517.41**

Esfuerzo = 1.2871x² + 47.242x + 0
 Coeficiente de Correlación(R²): 0.9888

ESPECIMEN: MIII (02) ADICION DE 10% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 303.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo correg. (kg/cm²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.080	0.26	10.95	16.54
4.00	0.170	0.56	21.90	35.27
6.00	0.250	0.82	32.85	52.02
8.00	0.370	1.22	43.80	77.32
10.00	0.460	1.52	54.75	96.45
12.00	0.520	1.71	65.70	109.26
14.00	0.600	1.98	76.65	126.43
16.00	0.650	2.14	87.60	137.22
18.00	0.690	2.27	98.55	145.87
20.00	0.740	2.44	109.50	156.72
22.00	0.790	2.60	120.45	167.61
24.00	0.830	2.73	131.40	176.35
26.00	0.860	2.83	142.35	182.91
28.00	0.910	3.00	153.29	193.89
30.00	0.950	3.13	164.24	202.70
32.00	0.990	3.26	175.19	211.54
34.00	1.030	3.39	186.14	220.40
36.00	1.070	3.53	197.09	229.28
38.00	1.110	3.66	208.04	238.19
40.00	1.140	3.76	218.99	244.88
42.00	1.180	3.89	229.94	253.83
44.00	1.230	4.05	240.89	265.05
46.00	1.250	4.12	251.84	269.55
48.00	1.300	4.28	262.79	280.83
50.00	1.330	4.38	273.74	287.61
52.00	1.370	4.51	284.69	296.67
54.00	1.410	4.65	295.64	305.76
56.00	1.450	4.78	306.59	314.88
58.00	1.500	4.94	317.54	326.30
60.00	1.550	5.11	328.49	337.76
62.00	1.610	5.30	339.44	351.57
64.00	1.650	5.44	350.39	360.80
66.00	1.700	5.60	361.34	372.38
67.00	1.760	5.80	366.81	386.32
66.00	1.910	6.29	361.34	421.42
64.00	2.030	6.69	350.39	449.74



Def. Unitaria * 1000: **5.80**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **366.81**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **289200.51**

Esfuerzo = 0.697x² + 62.577x + 0
 Coeficiente de Correlación(R²): 0.9709

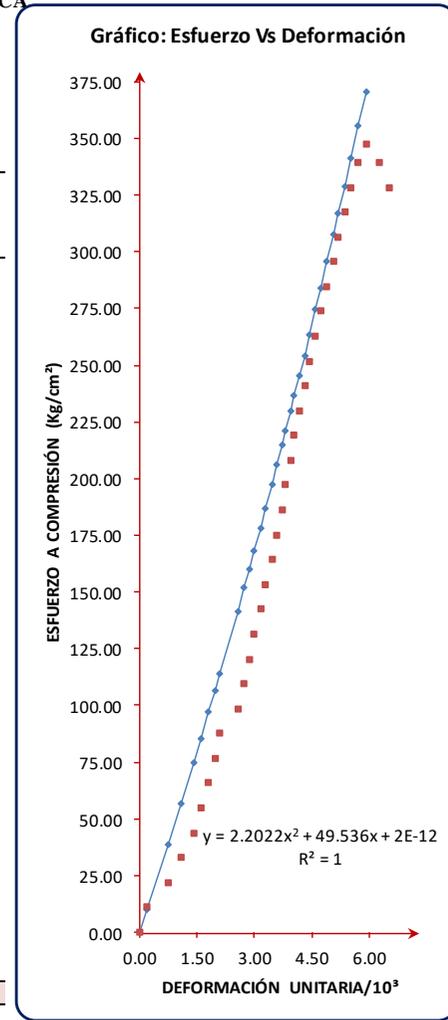
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MIII (03) ADICION DE 10% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 304.00
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.060	0.20	10.95	9.86
4.00	0.230	0.76	21.90	38.74
6.00	0.330	1.09	32.85	56.37
8.00	0.430	1.41	43.80	74.47
10.00	0.490	1.61	54.75	85.57
12.00	0.550	1.81	65.70	96.83
14.00	0.600	1.97	76.65	106.35
16.00	0.640	2.11	87.60	114.05
18.00	0.780	2.57	98.55	141.60
20.00	0.830	2.73	109.50	151.66
22.00	0.870	2.86	120.45	159.80
24.00	0.910	2.99	131.40	168.02
26.00	0.960	3.16	142.35	178.39
28.00	1.000	3.29	153.29	186.78
30.00	1.050	3.45	164.24	197.37
32.00	1.090	3.59	175.19	205.93
34.00	1.130	3.72	186.14	214.56
36.00	1.160	3.82	197.09	221.09
38.00	1.200	3.95	208.04	229.85
40.00	1.230	4.05	218.99	236.48
42.00	1.270	4.18	229.94	245.38
44.00	1.310	4.31	240.89	254.36
46.00	1.350	4.44	251.84	263.41
48.00	1.400	4.61	262.79	274.83
50.00	1.440	4.74	273.74	284.06
52.00	1.490	4.90	284.69	295.70
54.00	1.540	5.07	295.64	307.45
56.00	1.580	5.20	306.59	316.95
58.00	1.630	5.36	317.54	328.92
60.00	1.680	5.53	328.49	341.01
62.00	1.740	5.72	339.44	355.68
63.50	1.800	5.92	347.65	370.51
62.00	1.900	6.25	339.44	395.63
60.00	1.980	6.51	328.49	416.06

Def. Unitaria * 1000: **5.92**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **347.65**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **281545.45**



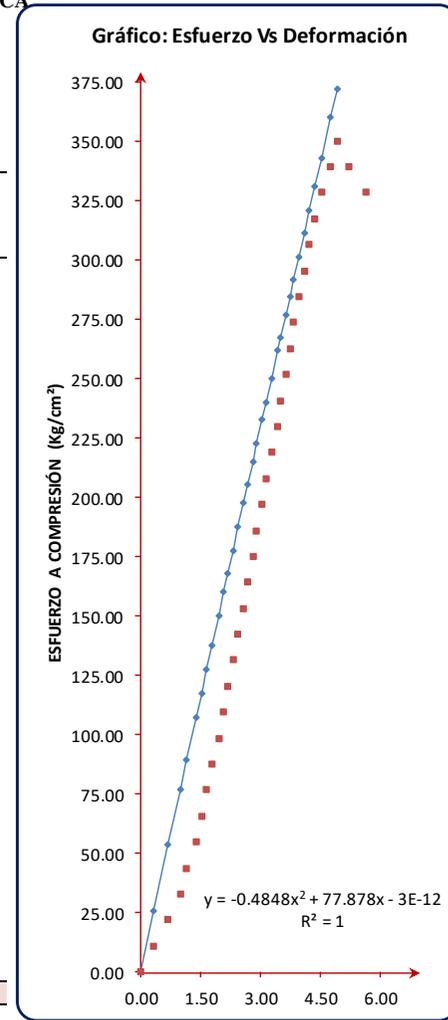
Esfuerzo = 2.2022x² + 49.536x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9773

ESPECIMEN: MIII (04) ADICION DE 10% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 302.20
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.100	0.33	10.95	25.72
4.00	0.210	0.69	21.90	53.88
6.00	0.300	0.99	32.85	76.83
8.00	0.350	1.16	43.80	89.55
10.00	0.420	1.39	54.75	107.30
12.00	0.460	1.52	65.70	117.42
14.00	0.500	1.65	76.65	127.53
16.00	0.540	1.79	87.60	137.61
18.00	0.590	1.95	98.55	150.20
20.00	0.630	2.08	109.50	160.25
22.00	0.660	2.18	120.45	167.77
24.00	0.700	2.32	131.40	177.79
26.00	0.740	2.45	142.35	187.79
28.00	0.780	2.58	153.29	197.78
30.00	0.810	2.68	164.24	205.26
32.00	0.850	2.81	175.19	215.21
34.00	0.880	2.91	186.14	222.67
36.00	0.920	3.04	197.09	232.60
38.00	0.950	3.14	208.04	240.03
40.00	0.990	3.28	218.99	249.92
42.00	1.040	3.44	229.94	262.27
44.00	1.060	3.51	240.89	267.20
46.00	1.100	3.64	251.84	277.05
48.00	1.130	3.74	262.79	284.43
50.00	1.160	3.84	273.74	291.79
52.00	1.200	3.97	284.69	301.60
54.00	1.240	4.10	295.64	311.39
56.00	1.280	4.24	306.59	321.16
58.00	1.320	4.37	317.54	330.92
60.00	1.370	4.53	328.49	343.09
62.00	1.440	4.77	339.44	360.09
64.00	1.490	4.93	350.39	372.19
62.00	1.580	5.23	339.44	393.92
60.00	1.710	5.66	328.49	425.15

Def. Unitaria * 1000: **4.93**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **350.39**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **282651.73**



Esfuerzo = -0.4848x² + 77.878x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9725

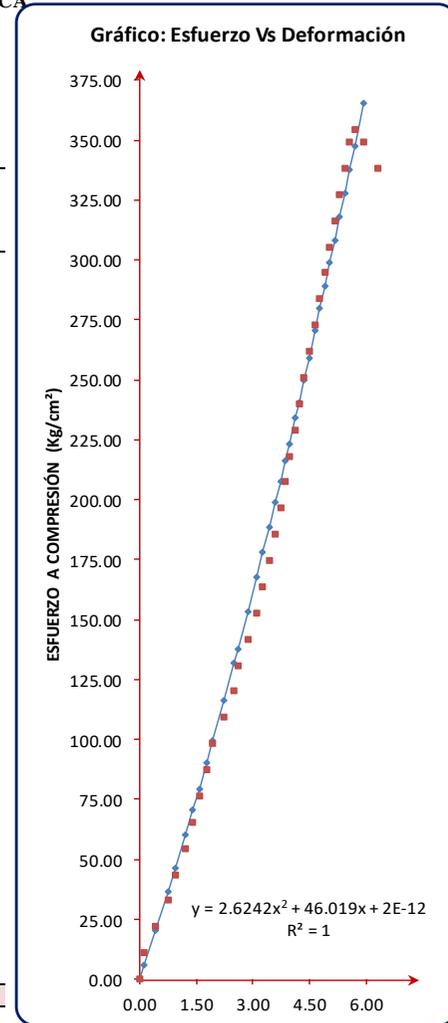
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MIII (05) ADICION DE 10% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.28
 Area (cm²): 183.25
 Altura (mm): 303.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.040	0.13	10.91	6.11
4.00	0.130	0.43	21.83	20.19
6.00	0.230	0.76	32.74	36.38
8.00	0.290	0.96	43.66	46.37
10.00	0.370	1.22	54.57	60.00
12.00	0.430	1.42	65.48	70.47
14.00	0.480	1.58	76.40	79.35
16.00	0.540	1.78	87.31	90.19
18.00	0.590	1.94	98.22	99.38
20.00	0.680	2.24	109.14	116.28
22.00	0.760	2.50	120.05	131.69
24.00	0.790	2.60	130.97	137.57
26.00	0.870	2.87	141.88	153.48
28.00	0.940	3.10	152.79	167.70
30.00	0.990	3.26	163.71	178.04
32.00	1.040	3.43	174.62	188.51
34.00	1.090	3.59	185.53	199.12
36.00	1.130	3.72	196.45	207.72
38.00	1.170	3.86	207.36	216.41
40.00	1.200	3.95	218.28	222.98
42.00	1.250	4.12	229.19	234.05
44.00	1.280	4.22	240.10	240.76
46.00	1.320	4.35	251.02	249.79
48.00	1.360	4.48	261.93	258.91
50.00	1.410	4.65	272.85	270.44
52.00	1.450	4.78	283.76	279.76
54.00	1.490	4.91	294.67	289.18
56.00	1.530	5.04	305.59	298.68
58.00	1.570	5.17	316.50	308.28
60.00	1.610	5.30	327.41	317.97
62.00	1.650	5.44	338.33	327.75
64.00	1.690	5.57	349.24	337.62
65.00	1.730	5.70	354.70	347.58
64.00	1.800	5.93	349.24	365.24
62.00	1.920	6.33	338.33	396.15

Def. Unitaria * 1000: **5.70**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **354.70**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **284385.18**



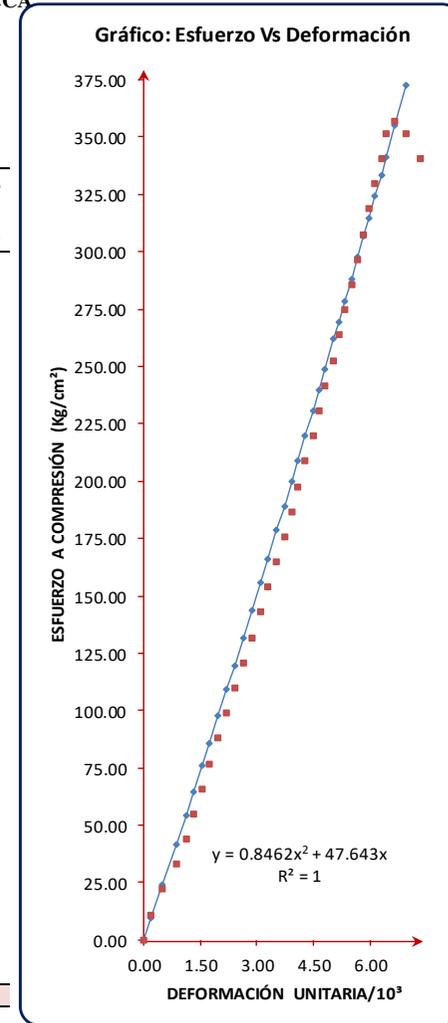
Esfuerzo = 2.6242x² + 46.019x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9884

ESPECIMEN: MIII (06) ADICION DE 10% CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.23
 Area (cm²): 182.06
 Altura (mm): 303.25
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.060	0.20	10.99	9.46
4.00	0.150	0.49	21.97	23.77
6.00	0.260	0.86	32.96	41.47
8.00	0.340	1.12	43.94	54.48
10.00	0.400	1.32	54.93	64.32
12.00	0.470	1.55	65.91	75.87
14.00	0.530	1.75	76.90	85.85
16.00	0.600	1.98	87.88	97.58
18.00	0.670	2.21	98.87	109.39
20.00	0.730	2.41	109.86	119.59
22.00	0.800	2.64	120.84	131.58
24.00	0.870	2.87	131.83	143.65
26.00	0.940	3.10	142.81	155.81
28.00	1.000	3.30	153.80	166.31
30.00	1.070	3.53	164.78	178.64
32.00	1.130	3.73	175.77	189.28
34.00	1.190	3.92	186.76	199.99
36.00	1.240	4.09	197.74	208.96
38.00	1.300	4.29	208.73	219.79
40.00	1.360	4.48	219.71	230.69
42.00	1.410	4.65	230.70	239.82
44.00	1.460	4.81	241.68	248.99
46.00	1.530	5.05	252.67	261.92
48.00	1.570	5.18	263.65	269.34
50.00	1.620	5.34	274.64	278.67
52.00	1.670	5.51	285.63	288.03
54.00	1.720	5.67	296.61	297.45
56.00	1.770	5.84	307.60	306.91
58.00	1.810	5.97	318.58	314.51
60.00	1.860	6.13	329.57	324.06
62.00	1.910	6.30	340.55	333.65
64.00	1.950	6.43	351.54	341.35
65.00	2.020	6.66	357.03	354.91
64.00	2.110	6.96	351.54	372.47
62.00	2.230	7.35	340.55	396.11

Def. Unitaria * 1000: **6.66**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **357.03**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **285319.12**



Esfuerzo = 0.8462x² + 47.643x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.991

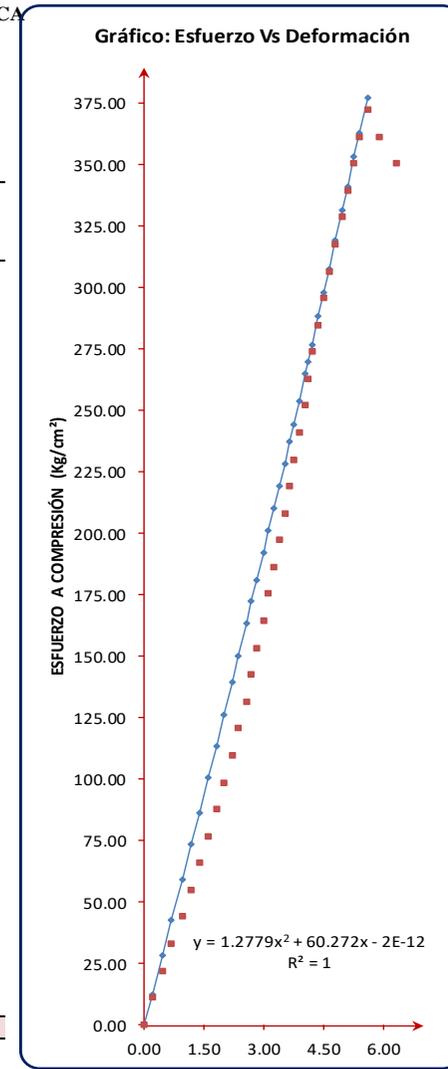
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MIV (01) ADICION DE 15%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 303.75
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo correg. (kg/cm²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.060	0.20	10.95	11.96
4.00	0.140	0.46	21.90	28.05
6.00	0.210	0.69	32.85	42.28
8.00	0.290	0.95	43.80	58.71
10.00	0.360	1.19	54.75	73.23
12.00	0.420	1.38	65.70	85.78
14.00	0.490	1.61	76.65	100.56
16.00	0.550	1.81	87.60	113.33
18.00	0.610	2.01	98.55	126.19
20.00	0.670	2.21	109.50	139.16
22.00	0.720	2.37	120.45	150.05
24.00	0.780	2.57	131.40	163.20
26.00	0.820	2.70	142.35	172.02
28.00	0.860	2.83	153.29	180.89
30.00	0.910	3.00	164.24	192.04
32.00	0.950	3.13	175.19	201.01
34.00	0.990	3.26	186.14	210.02
36.00	1.030	3.39	197.09	219.07
38.00	1.070	3.52	208.04	228.18
40.00	1.110	3.65	218.99	237.32
42.00	1.140	3.75	229.94	244.21
44.00	1.180	3.88	240.89	253.43
46.00	1.230	4.05	251.84	265.02
48.00	1.250	4.12	262.79	269.68
50.00	1.280	4.21	273.74	276.68
52.00	1.330	4.38	284.69	288.41
54.00	1.370	4.51	295.64	297.84
56.00	1.410	4.64	306.59	307.32
58.00	1.460	4.81	317.54	319.23
60.00	1.510	4.97	328.49	331.21
62.00	1.550	5.10	339.44	340.84
64.00	1.600	5.27	350.39	352.94
66.00	1.640	5.40	361.34	362.67
68.00	1.700	5.60	372.29	377.35
66.00	1.790	5.89	361.34	399.56
64.00	1.920	6.32	350.39	432.04

Def. Unitaria * 1000: **5.60**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **372.29**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **291350.73**



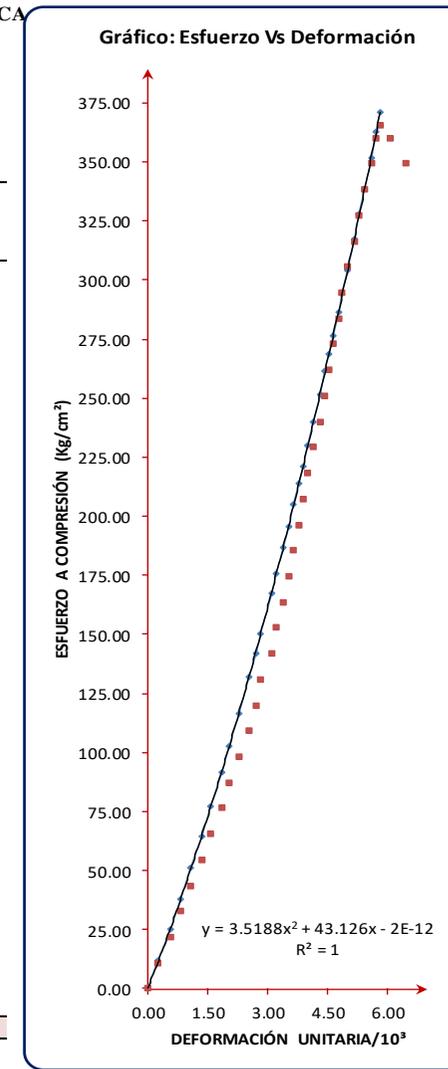
Esfuerzo = $1.2779x^2 + 60.272x + 0$
 Coeficiente de Correlación(R²): 0.9815

ESPECIMEN: MIV (02) ADICION DE 15%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.28
 Area (cm²): 183.25
 Altura (mm): 303.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo correg. (kg/cm²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.080	0.26	10.91	11.61
4.00	0.170	0.56	21.83	25.26
6.00	0.250	0.82	32.74	37.91
8.00	0.330	1.09	43.66	51.05
10.00	0.410	1.35	54.57	64.68
12.00	0.480	1.58	65.48	77.01
14.00	0.560	1.85	76.40	91.55
16.00	0.620	2.04	87.31	102.78
18.00	0.690	2.27	98.22	116.23
20.00	0.770	2.54	109.14	132.06
22.00	0.820	2.70	120.05	142.20
24.00	0.860	2.83	130.97	150.45
26.00	0.940	3.10	141.88	167.32
28.00	0.980	3.23	152.79	175.94
30.00	1.030	3.39	163.71	186.88
32.00	1.070	3.53	174.62	195.78
34.00	1.110	3.66	185.53	204.79
36.00	1.150	3.79	196.45	213.93
38.00	1.180	3.89	207.36	220.86
40.00	1.220	4.02	218.28	230.21
42.00	1.260	4.15	229.19	239.69
44.00	1.310	4.32	240.10	251.70
46.00	1.350	4.45	251.02	261.45
48.00	1.380	4.55	261.93	268.84
50.00	1.410	4.65	272.85	276.30
52.00	1.450	4.78	283.76	286.35
54.00	1.480	4.88	294.67	293.98
56.00	1.520	5.01	305.59	304.24
58.00	1.570	5.17	316.50	316.25
60.00	1.610	5.30	327.41	327.79
62.00	1.650	5.44	338.33	338.46
64.00	1.700	5.60	349.24	351.96
66.00	1.740	5.73	360.16	362.90
67.00	1.770	5.83	365.61	371.19
66.00	1.850	6.10	360.16	393.62
64.00	1.960	6.46	349.24	425.26

Def. Unitaria * 1000: **5.83**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **365.61**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **288727.19**



Esfuerzo = $3.5188x^2 + 43.126x + 0$
 Coeficiente de Correlación(R²): 0.9857

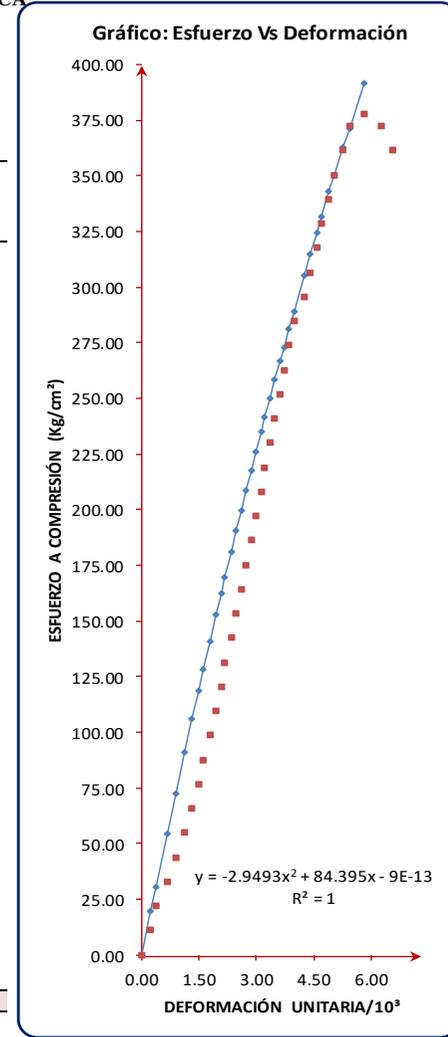
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MIV (03) ADICION DE 15%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 304.00
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.070	0.23	10.95	19.28
4.00	0.110	0.36	21.90	30.15
6.00	0.200	0.66	32.85	54.25
8.00	0.270	0.89	43.80	72.63
10.00	0.340	1.12	54.75	90.70
12.00	0.400	1.32	65.70	105.94
14.00	0.450	1.48	76.65	118.46
16.00	0.490	1.61	87.60	128.37
18.00	0.540	1.78	98.55	140.61
20.00	0.590	1.94	109.50	152.68
22.00	0.630	2.07	120.45	162.23
24.00	0.660	2.17	131.40	169.32
26.00	0.710	2.34	142.35	181.02
28.00	0.750	2.47	153.29	190.26
30.00	0.790	2.60	164.24	199.40
32.00	0.830	2.73	175.19	208.44
34.00	0.870	2.86	186.14	217.37
36.00	0.910	2.99	197.09	226.20
38.00	0.950	3.13	208.04	234.93
40.00	0.980	3.22	218.99	241.41
42.00	1.020	3.36	229.94	249.96
44.00	1.060	3.49	240.89	258.41
46.00	1.100	3.62	251.84	266.76
48.00	1.130	3.72	262.79	272.95
50.00	1.170	3.85	273.74	281.12
52.00	1.210	3.98	284.69	289.19
54.00	1.290	4.24	295.64	305.02
56.00	1.340	4.41	306.59	314.70
58.00	1.390	4.57	317.54	324.22
60.00	1.430	4.70	328.49	331.73
62.00	1.490	4.90	339.44	342.80
64.00	1.530	5.03	350.39	350.04
66.00	1.600	5.26	361.34	362.49
68.00	1.650	5.43	372.29	371.18
69.00	1.770	5.82	377.76	391.40
68.00	1.900	6.25	372.29	412.26
66.00	2.000	6.58	361.34	427.58

Def. Unitaria * 1000: **5.82**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **377.76**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **293485.20**



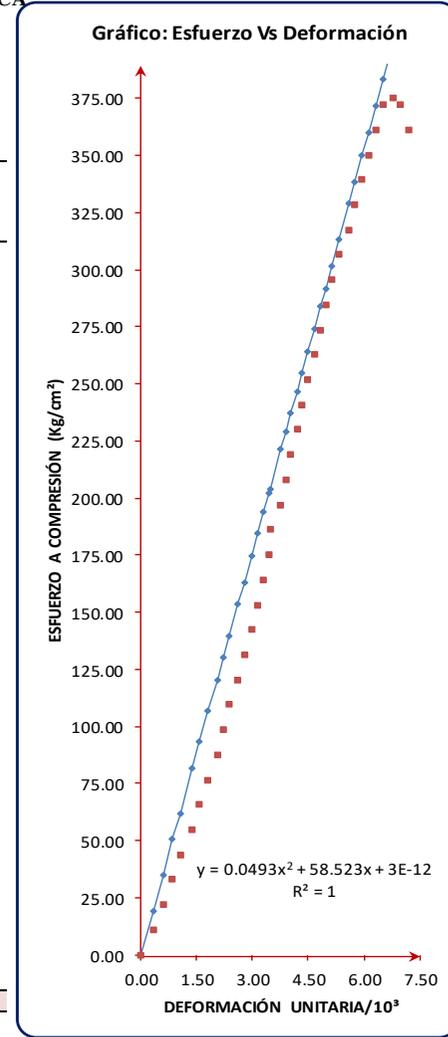
Esfuerzo = -2.9493x² + 84.395 x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9808

ESPECIMEN: MIV (04) ADICION DE 15%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 302.20
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.100	0.33	10.95	19.37
4.00	0.180	0.60	21.90	34.88
6.00	0.260	0.86	32.85	50.39
8.00	0.320	1.06	43.80	62.03
10.00	0.420	1.39	54.75	81.43
12.00	0.480	1.59	65.70	93.08
14.00	0.550	1.82	76.65	106.67
16.00	0.620	2.05	87.60	120.27
18.00	0.670	2.22	98.55	129.99
20.00	0.720	2.38	109.50	139.71
22.00	0.790	2.61	120.45	153.33
24.00	0.840	2.78	131.40	163.05
26.00	0.900	2.98	142.35	174.73
28.00	0.950	3.14	153.29	184.46
30.00	1.000	3.31	164.24	194.20
32.00	1.040	3.44	175.19	201.99
34.00	1.050	3.47	186.14	203.94
36.00	1.140	3.77	197.09	221.47
38.00	1.180	3.90	208.04	229.27
40.00	1.220	4.04	218.99	237.07
42.00	1.270	4.20	229.94	246.82
44.00	1.310	4.33	240.89	254.62
46.00	1.360	4.50	251.84	264.37
48.00	1.410	4.67	262.79	274.13
50.00	1.460	4.83	273.74	283.89
52.00	1.500	4.96	284.69	291.70
54.00	1.550	5.13	295.64	301.47
56.00	1.610	5.33	306.59	313.19
58.00	1.690	5.59	317.54	328.82
60.00	1.740	5.76	328.49	338.60
62.00	1.800	5.96	339.44	350.33
64.00	1.850	6.12	350.39	360.11
66.00	1.910	6.32	361.34	371.85
68.00	1.970	6.52	372.29	383.60
68.50	2.050	6.78	375.02	399.27
68.00	2.110	6.98	372.29	411.02
66.00	2.180	7.21	361.34	424.74

Def. Unitaria * 1000: **6.78**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **375.02**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **292419.91**



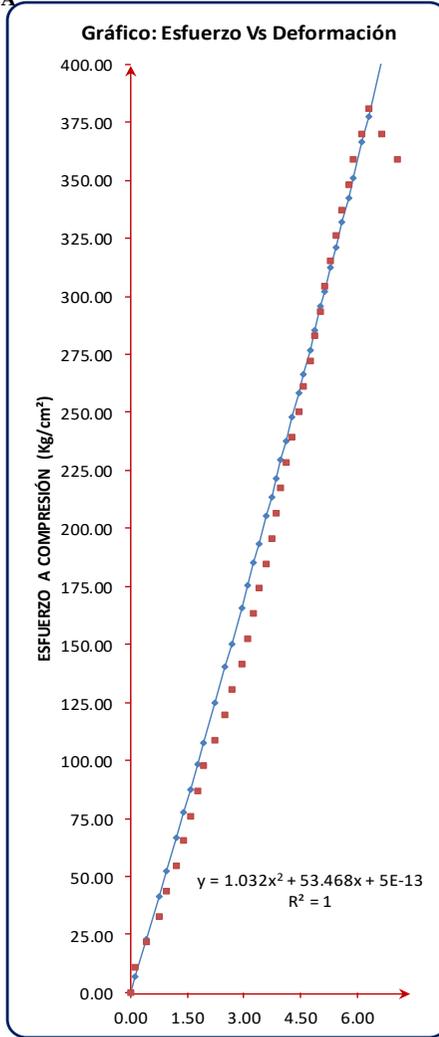
Esfuerzo = -0.0493x² + 58.523x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9894

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MIV (05) ADICION DE 15%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: **02/12/2013**
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): **15.30**
 Area (cm²): **183.85**
 Altura (mm): **303.50**
 Cemento: **Pacasmayo Tipo I**

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.040	0.13	10.88	7.06
4.00	0.130	0.43	21.76	23.09
6.00	0.230	0.76	32.63	41.11
8.00	0.290	0.96	43.51	52.03
10.00	0.370	1.22	54.39	66.72
12.00	0.430	1.42	65.27	77.83
14.00	0.480	1.58	76.15	87.14
16.00	0.540	1.78	87.03	98.40
18.00	0.590	1.94	97.90	107.84
20.00	0.680	2.24	108.78	124.98
22.00	0.760	2.50	119.66	140.36
24.00	0.810	2.67	130.54	150.05
26.00	0.890	2.93	141.42	165.67
28.00	0.940	3.10	152.29	175.50
30.00	0.990	3.26	163.17	185.39
32.00	1.030	3.39	174.05	193.34
34.00	1.090	3.59	184.93	205.34
36.00	1.130	3.72	195.81	213.38
38.00	1.170	3.86	206.69	221.46
40.00	1.210	3.99	217.56	229.57
42.00	1.250	4.12	228.44	237.72
44.00	1.300	4.28	239.32	247.96
46.00	1.350	4.45	250.20	258.25
48.00	1.390	4.58	261.08	266.53
50.00	1.440	4.74	271.95	276.92
52.00	1.480	4.88	282.83	285.27
54.00	1.530	5.04	293.71	295.77
56.00	1.560	5.14	304.59	302.09
58.00	1.610	5.30	315.47	312.68
60.00	1.650	5.44	326.35	321.19
62.00	1.700	5.60	337.22	331.87
64.00	1.750	5.77	348.10	342.61
66.00	1.790	5.90	358.98	351.24
68.00	1.860	6.13	369.86	366.44
70.00	1.910	6.29	380.74	377.36
68.00	2.020	6.66	369.86	401.58
66.00	2.140	7.05	358.98	428.32



Esfuerzo = 1.032x² + 53.468x + 0

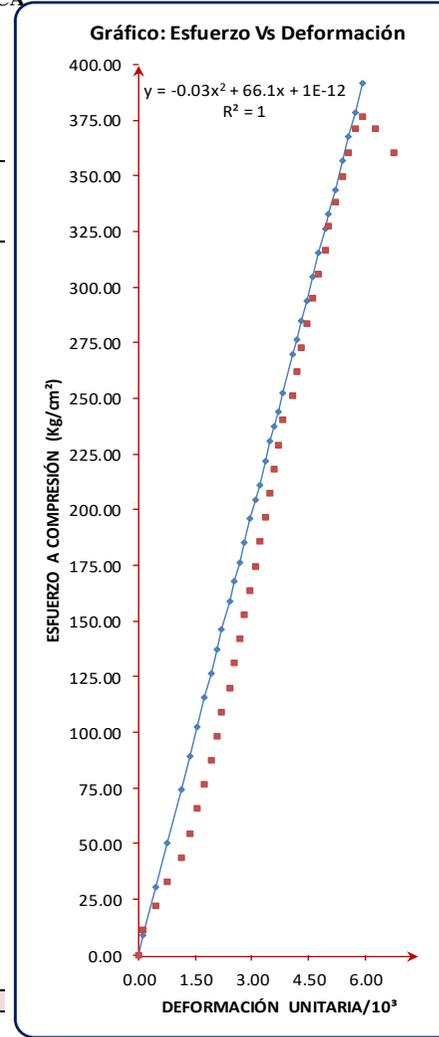
Coefficiente de Correlacion(R²): 0.9859

Def. Unitaria * 1000: **6.29**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **380.74**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **294638.22**

ESPECIMEN: MIV (06) ADICION DE 15%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: **02/12/2013**
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): **15.28**
 Area (cm²): **183.25**
 Altura (mm): **303.25**
 Cemento: **Pacasmayo Tipo I**

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.040	0.13	10.91	8.72
4.00	0.140	0.46	21.83	30.51
6.00	0.230	0.76	32.74	50.12
8.00	0.340	1.12	43.66	74.07
10.00	0.410	1.35	54.57	89.31
12.00	0.470	1.55	65.48	102.38
14.00	0.530	1.75	76.40	115.43
16.00	0.580	1.91	87.31	126.31
18.00	0.630	2.08	98.22	137.19
20.00	0.670	2.21	109.14	145.90
22.00	0.730	2.41	120.05	158.95
24.00	0.770	2.54	130.97	167.65
26.00	0.810	2.67	141.88	176.34
28.00	0.850	2.80	152.79	185.04
30.00	0.900	2.97	163.71	195.91
32.00	0.940	3.10	174.62	204.61
34.00	0.970	3.20	185.53	211.13
36.00	1.020	3.36	196.45	221.99
38.00	1.060	3.50	207.36	230.68
40.00	1.090	3.59	218.28	237.20
42.00	1.120	3.69	229.19	243.72
44.00	1.160	3.83	240.10	252.41
46.00	1.240	4.09	251.02	269.78
48.00	1.270	4.19	261.93	276.30
50.00	1.310	4.32	272.85	284.98
52.00	1.350	4.45	283.76	293.67
54.00	1.400	4.62	294.67	304.52
56.00	1.450	4.78	305.59	315.37
58.00	1.500	4.95	316.50	326.23
60.00	1.530	5.05	327.41	332.74
62.00	1.580	5.21	338.33	343.58
64.00	1.640	5.41	349.24	356.60
66.00	1.690	5.57	360.16	367.44
68.00	1.740	5.74	371.07	378.29
69.00	1.800	5.94	376.53	391.29
68.00	1.900	6.27	371.07	412.97
66.00	2.050	6.76	360.16	445.47



Esfuerzo = 0.5061x² + 68.64x + 0

Coefficiente de Correlacion(R²): 0.9801

Def. Unitaria * 1000: **5.94**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **376.53**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **293004.86**

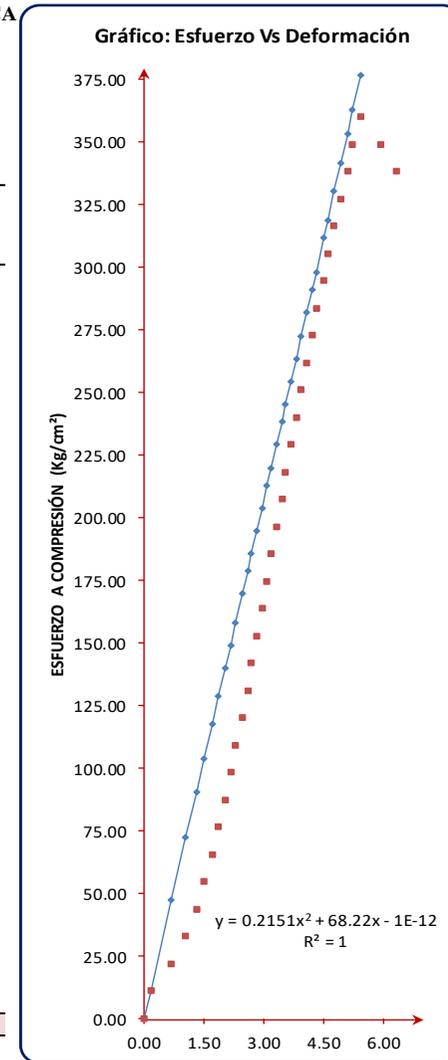
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MV (01) ADICION DE 20%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.28
 Area (cm²): 183.25
 Altura (mm): 304.00
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.050	0.16	10.91	11.23
4.00	0.210	0.69	21.83	47.23
6.00	0.320	1.05	32.74	72.05
8.00	0.400	1.32	43.66	90.14
10.00	0.460	1.51	54.57	103.72
12.00	0.520	1.71	65.48	117.32
14.00	0.570	1.88	76.40	128.67
16.00	0.620	2.04	87.31	140.03
18.00	0.660	2.17	98.22	149.12
20.00	0.700	2.30	109.14	158.23
22.00	0.750	2.47	120.05	169.62
24.00	0.790	2.60	130.97	178.74
26.00	0.820	2.70	141.88	185.58
28.00	0.860	2.83	152.79	194.71
30.00	0.900	2.96	163.71	203.85
32.00	0.940	3.09	174.62	213.00
34.00	0.970	3.19	185.53	219.87
36.00	1.010	3.32	196.45	229.03
38.00	1.050	3.45	207.36	238.19
40.00	1.080	3.55	218.28	245.08
42.00	1.120	3.68	229.19	254.26
44.00	1.160	3.82	240.10	263.45
46.00	1.200	3.95	251.02	272.64
48.00	1.240	4.08	261.93	281.84
50.00	1.280	4.21	272.85	291.06
52.00	1.310	4.31	283.76	297.97
54.00	1.370	4.51	294.67	311.81
56.00	1.400	4.61	305.59	318.73
58.00	1.450	4.77	316.50	330.29
60.00	1.500	4.93	327.41	341.85
62.00	1.550	5.10	338.33	353.42
64.00	1.590	5.23	349.24	362.69
66.00	1.650	5.43	360.16	376.61
64.00	1.800	5.92	349.24	411.48
62.00	1.920	6.32	338.33	439.44

Def. Unitaria * 1000: **5.43**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **360.16**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **286564.41**



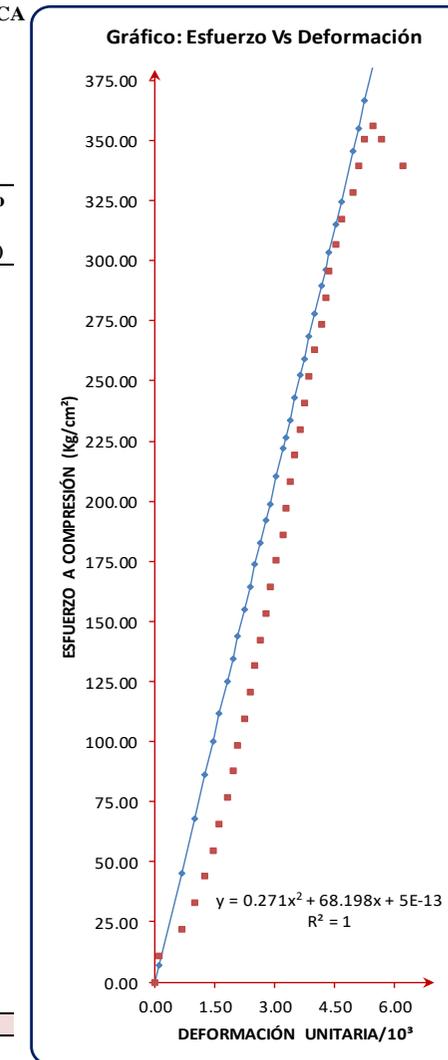
Esfuerzo = 0.2151x² + 68.22x + 0
 Coeficiente de Correlación(R²): 0.9681

ESPECIMEN: MV (02) ADICION DE 20%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 301.75
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.030	0.10	10.95	6.78
4.00	0.200	0.66	21.90	45.32
6.00	0.300	0.99	32.85	68.07
8.00	0.380	1.26	43.80	86.31
10.00	0.440	1.46	54.75	100.02
12.00	0.490	1.62	65.70	111.46
14.00	0.550	1.82	76.65	125.20
16.00	0.590	1.96	87.60	134.38
18.00	0.630	2.09	98.55	143.57
20.00	0.680	2.25	109.50	155.06
22.00	0.720	2.39	120.45	164.27
24.00	0.760	2.52	131.40	173.48
26.00	0.800	2.65	142.35	182.71
28.00	0.840	2.78	153.29	191.95
30.00	0.870	2.88	164.24	198.88
32.00	0.920	3.05	175.19	210.45
34.00	0.970	3.21	186.14	222.03
36.00	0.990	3.28	197.09	226.66
38.00	1.020	3.38	208.04	233.62
40.00	1.060	3.51	218.99	242.91
42.00	1.100	3.65	229.94	252.21
44.00	1.130	3.74	240.89	259.19
46.00	1.170	3.88	251.84	268.50
48.00	1.210	4.01	262.79	277.83
50.00	1.260	4.18	273.74	289.49
52.00	1.290	4.28	284.69	296.50
54.00	1.320	4.37	295.64	303.52
56.00	1.370	4.54	306.59	315.22
58.00	1.410	4.67	317.54	324.59
60.00	1.500	4.97	328.49	345.71
62.00	1.540	5.10	339.44	355.11
64.00	1.590	5.27	350.39	366.88
65.00	1.650	5.47	355.86	381.01
64.00	1.720	5.70	350.39	397.54
62.00	1.880	6.23	339.44	435.41

Def. Unitaria * 1000: **5.47**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **355.86**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **284851.38**



Esfuerzo = 0.271x² + 68.198x + 0
 Coeficiente de Correlación(R²): 0.972

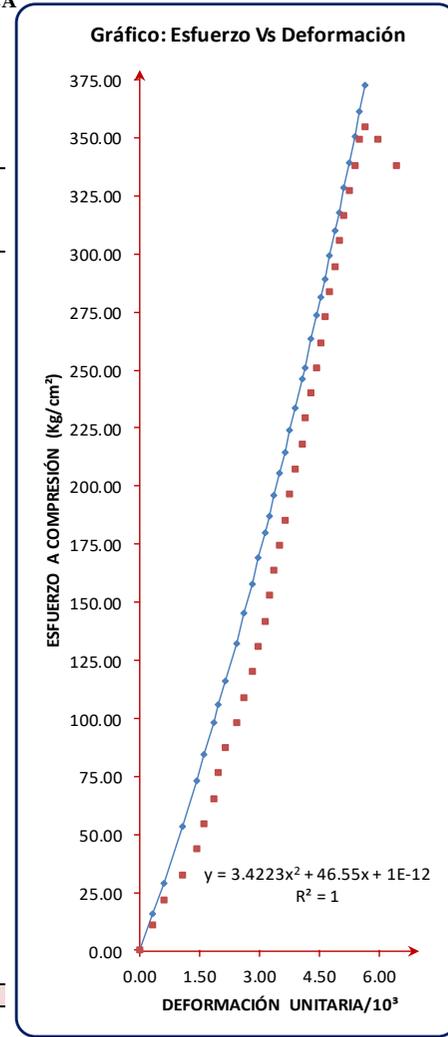
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MV (03) ADICION DE 20%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.28
 Area (cm²): 183.25
 Altura (mm): 302.25
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.100	0.33	10.91	15.78
4.00	0.180	0.60	21.83	28.94
6.00	0.320	1.06	32.74	53.12
8.00	0.430	1.42	43.66	73.15
10.00	0.490	1.62	54.57	84.46
12.00	0.560	1.85	65.48	97.99
14.00	0.600	1.99	76.40	105.89
16.00	0.650	2.15	87.31	115.93
18.00	0.730	2.42	98.22	132.39
20.00	0.790	2.61	109.14	145.05
22.00	0.850	2.81	120.05	157.97
24.00	0.900	2.98	130.97	168.95
26.00	0.950	3.14	141.88	180.12
28.00	0.980	3.24	152.79	186.91
30.00	1.020	3.37	163.71	196.07
32.00	1.060	3.51	174.62	205.34
34.00	1.100	3.64	185.53	214.74
36.00	1.140	3.77	196.45	224.26
38.00	1.180	3.90	207.36	233.89
40.00	1.230	4.07	218.28	246.11
42.00	1.250	4.14	229.19	251.05
44.00	1.300	4.30	240.10	263.52
46.00	1.340	4.43	251.02	273.64
48.00	1.370	4.53	261.93	281.31
50.00	1.400	4.63	272.85	289.04
52.00	1.440	4.76	283.76	299.46
54.00	1.480	4.90	294.67	309.99
56.00	1.510	5.00	305.59	317.97
58.00	1.550	5.13	316.50	328.72
60.00	1.590	5.26	327.41	339.58
62.00	1.630	5.39	338.33	350.57
64.00	1.670	5.53	349.24	361.67
65.00	1.710	5.66	354.70	372.90
64.00	1.800	5.96	349.24	398.59
62.00	1.950	6.45	338.33	442.77

Def. Unitaria * 1000: **5.66**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **354.70**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **284385.18**



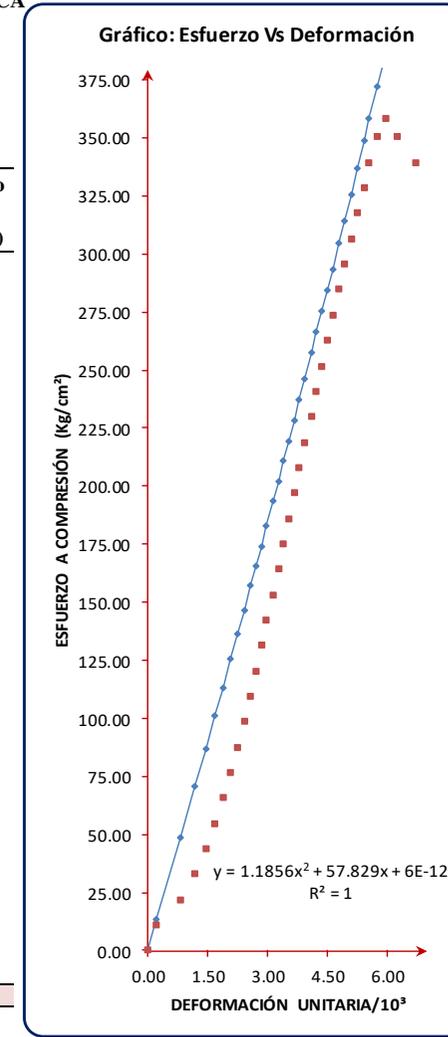
Esfuerzo = 3.4223x² + 46.25x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9777

ESPECIMEN: MV (04) ADICION DE 20%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 302.20
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.070	0.23	10.95	13.46
4.00	0.250	0.83	21.90	48.65
6.00	0.360	1.19	32.85	70.57
8.00	0.440	1.46	43.80	86.71
10.00	0.510	1.69	54.75	100.97
12.00	0.570	1.89	65.70	113.29
14.00	0.630	2.08	76.65	125.71
16.00	0.680	2.25	87.60	136.13
18.00	0.730	2.42	98.55	146.61
20.00	0.780	2.58	109.50	157.16
22.00	0.820	2.71	120.45	165.64
24.00	0.860	2.85	131.40	174.17
26.00	0.900	2.98	142.35	182.74
28.00	0.950	3.14	153.29	193.51
30.00	0.990	3.28	164.24	202.17
32.00	1.030	3.41	175.19	210.87
34.00	1.070	3.54	186.14	219.62
36.00	1.110	3.67	197.09	228.40
38.00	1.150	3.81	208.04	237.23
40.00	1.190	3.94	218.99	246.10
42.00	1.240	4.10	229.94	257.25
44.00	1.280	4.24	240.89	266.21
46.00	1.320	4.37	251.84	275.21
48.00	1.360	4.50	262.79	284.26
50.00	1.400	4.63	273.74	293.35
52.00	1.450	4.80	284.69	304.76
54.00	1.490	4.93	295.64	313.95
56.00	1.540	5.10	306.59	325.48
58.00	1.590	5.26	317.54	337.08
60.00	1.640	5.43	328.49	348.74
62.00	1.680	5.56	339.44	358.12
64.00	1.740	5.76	350.39	372.27
65.50	1.800	5.96	358.60	386.51
64.00	1.890	6.25	350.39	408.04
62.00	2.030	6.72	339.44	441.96

Def. Unitaria * 1000: **5.96**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **358.60**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **285944.87**



Esfuerzo = 1.1856x² + 57.829x + 0
 Coeficiente de Correlacion(R²): 0.9751

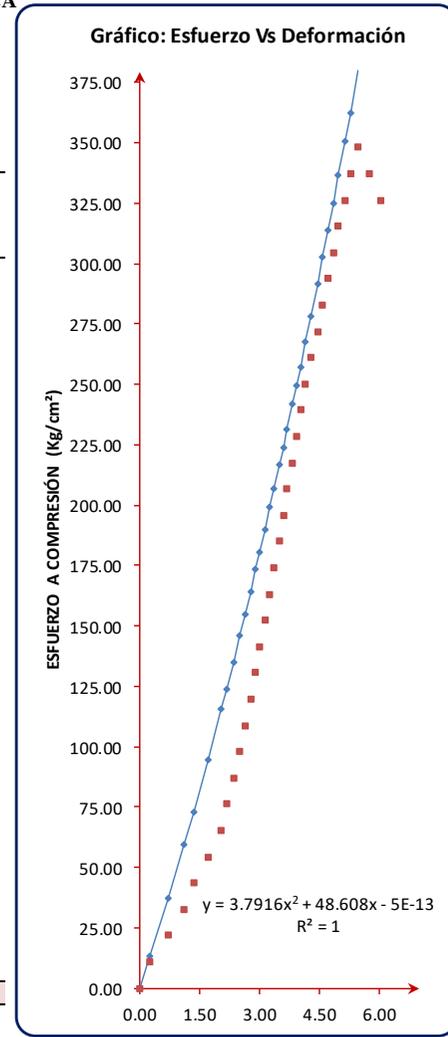
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS

ESPECIMEN: MV (05) ADICION DE 20%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.30
 Area (cm²): 183.85
 Altura (mm): 303.00
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.080	0.26	10.88	13.10
4.00	0.220	0.73	21.76	37.29
6.00	0.340	1.12	32.63	59.32
8.00	0.410	1.35	43.51	72.72
10.00	0.520	1.72	54.39	94.59
12.00	0.620	2.05	65.27	115.34
14.00	0.660	2.18	76.15	123.87
16.00	0.710	2.34	87.03	134.72
18.00	0.760	2.51	97.90	145.77
20.00	0.800	2.64	108.78	154.77
22.00	0.840	2.77	119.66	163.89
24.00	0.880	2.90	130.54	173.15
26.00	0.910	3.00	141.42	180.18
28.00	0.950	3.14	152.29	189.67
30.00	0.990	3.27	163.17	199.29
32.00	1.020	3.37	174.05	206.60
34.00	1.060	3.50	184.93	216.45
36.00	1.090	3.60	195.81	223.93
38.00	1.120	3.70	206.69	231.48
40.00	1.160	3.83	217.56	241.66
42.00	1.190	3.93	228.44	249.38
44.00	1.220	4.03	239.32	257.18
46.00	1.260	4.16	250.20	267.70
48.00	1.300	4.29	261.08	278.34
50.00	1.350	4.46	271.95	291.84
52.00	1.390	4.59	282.83	302.78
54.00	1.430	4.72	293.71	313.85
56.00	1.470	4.85	304.59	325.06
58.00	1.510	4.98	315.47	336.40
60.00	1.560	5.15	326.35	350.76
62.00	1.600	5.28	337.22	362.40
64.00	1.660	5.48	348.10	380.10
62.00	1.740	5.74	337.22	404.17
60.00	1.830	6.04	326.35	431.88

Def. Unitaria * 1000: **5.48**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **348.10**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **281728.03**

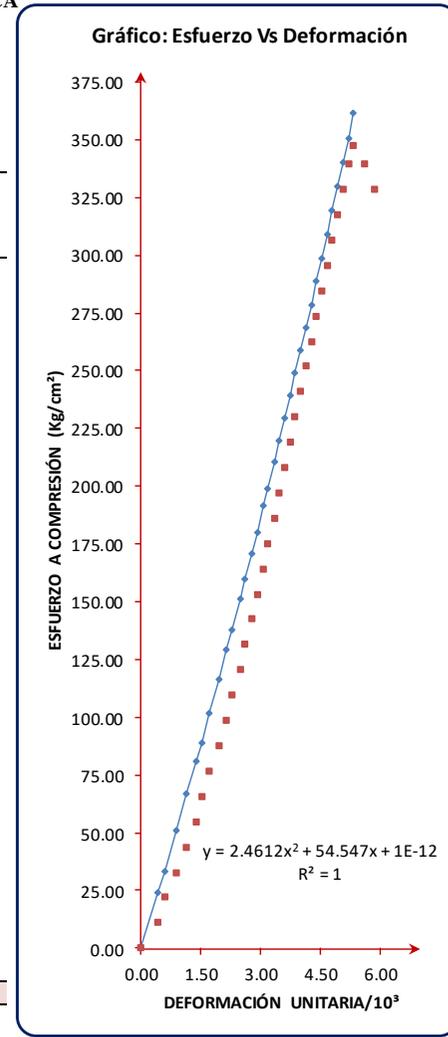


ESPECIMEN: MV (06) ADICION DE 20%CCA

Fecha de Elab.: **04/11/2013**
 Fecha de rotura: 02/12/2013
 Edad de ensayo: **28 días**
 Diametro (cm): 15.25
 Area (cm²): 182.65
 Altura (mm): 301.50
 Cemento: Pacasmayo Tipo I

Carga (Tn)	Deform. (mm)	Deform. Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo correg. (kg/cm ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
2.00	0.130	0.43	10.95	23.98
4.00	0.180	0.60	21.90	33.44
6.00	0.270	0.90	32.85	50.82
8.00	0.350	1.16	43.80	66.64
10.00	0.420	1.39	54.75	80.76
12.00	0.460	1.53	65.70	88.95
14.00	0.520	1.72	76.65	101.40
16.00	0.590	1.96	87.60	116.17
18.00	0.650	2.16	98.55	129.04
20.00	0.690	2.29	109.50	137.72
22.00	0.750	2.49	120.45	150.92
24.00	0.790	2.62	131.40	159.82
26.00	0.840	2.79	142.35	171.08
28.00	0.880	2.92	153.29	180.18
30.00	0.930	3.08	164.24	191.67
32.00	0.960	3.18	175.19	198.63
34.00	1.010	3.35	186.14	210.35
36.00	1.050	3.48	197.09	219.82
38.00	1.090	3.62	208.04	229.37
40.00	1.130	3.75	218.99	239.01
42.00	1.170	3.88	229.94	248.74
44.00	1.210	4.01	240.89	258.55
46.00	1.250	4.15	251.84	268.45
48.00	1.290	4.28	262.79	278.44
50.00	1.330	4.41	273.74	288.52
52.00	1.370	4.54	284.69	298.68
54.00	1.410	4.68	295.64	308.92
56.00	1.450	4.81	306.59	319.26
58.00	1.490	4.94	317.54	329.68
60.00	1.530	5.07	328.49	340.19
62.00	1.570	5.21	339.44	350.78
63.50	1.610	5.34	347.65	361.46
62.00	1.690	5.61	339.44	383.08
60.00	1.770	5.87	328.49	405.05

Def. Unitaria * 1000: **5.34**
 Esf. de Rotura (kg/cm²): **347.65**
 Módulo de Elast. (kg/cm²): **281545.45**



F.) PANEL FOTOGRÁFICO



**AUTOCOMBUSTIÓN DE LA CÁSCARA DE ARROZ DE DONDE SE
OBTUBIERON LAS MUESTRAS PARA EL DISEÑO**



**MOLINERA VALLE DORADO – JAÉN, DONDE SE EXTRAJO LA CENIZA
DE CÁSCARA DE ARROZ**



MOLIENDA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES



TAMIZADO POR LA MALLA N 200 DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROS



VERIFICACIÓN DEL SLUMP DEL DISEÑO DE MEZCLAS EN PRESENCIA DEL ING. HECTOR PEREZ LOAYZA (Asesor de tesis)



ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO



ESPECÍMENES DE CONCRETO COMPLETAMENTE LISTAS PARA SER ENSAYADAS



ENSAYOS A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO



**ROTURA DE PROBETAS EN PRESENCIA DEL ASESOR DE TESIS,
ING.HECTOR PEREZ LOAYZA**



**ESPECÍMENES DE CONCRETO DE CON ADICIONES DE 05% Y 10 % DE
CCA**