

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA
ALTIPLÁNICA”.**

TESIS

PRESENTADO POR:

YONNY WILBER QUISPE VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA
DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA”

TESIS PRESENTADO POR:

BACH. YONNY WILBER QUISPE VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:



INGENIERO CIVIL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 DE JUNIO DEL 2018

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

D. Sc. HECTOR AROQUIPA VELASQUEZ

PRIMER MIEMBRO

:

Mc. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

SEGUNDO MIEMBRO

:

M. Sc. NESTOR E. GONZALES SUCASAIRE

DIRECTOR DE TESIS

:

M. Sc. NESTOR LEODAN SUCA SUCA

Tema

: Tecnología del concreto.

Área

: Construcciones.

Línea de investigación

: Construcciones y gerencia.

DEDICATORIA

Yonny Quispe.

A Dios por su gracia y bendiciones.

Mis queridos padres: Gregorio Quispe Mestas y Fortunata Vilca Condori, quien con sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

Mis hermanos Wagner, Lourdes, Miriam y Edwin quienes con sus apoyos, consejos me ayudaron a seguir adelante.

Y por último a mi hija Abril Sashenka quien me dio la inspiración y motivación para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Máter: “Universidad Nacional del Altiplano” por las vivencias, conocimientos y experiencias adquiridas.

A mis jurados, D. Sc. Hector Aroquipa Velasquez, Ing. Gino Frank Laque Córdova, Ing. Néstor Eloy Gonzales Sucasaire, por las recomendaciones y correcciones brindadas a esta investigación.

A mi Director de Tesis, D. Sc. Néstor Leodan Suca Suca, por el apoyo incesante en la elaboración y concepción de este proyecto.

Al laboratorio de Construcciones y laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales, de nuestra facultad, así como también al Ingeniero Guillermo Isidro Perca, por su constante apoyo y colaboración en la realización de este trabajo experimental.

A mis compañeros y amigos, por compartirme sus conocimientos, experiencias y anécdotas. Y a todos los demás colaboradores que de forma directa e indirecta ayudaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I.....	15
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1.1. Descripción del problema.....	16
1.1.2. Problema general.....	17
1.1.3. Preguntas específicas.....	17
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivo específico.....	18
1.4. HIPÓTESIS.....	18
1.4.1. Hipótesis general.....	18
1.4.2. Hipótesis específicas.....	18
1.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5.1. Tipo de investigación.....	19
1.5.2. Nivel de investigación.....	19
1.5.3. Diseño de investigación.....	19
1.5.4. Población, muestra y muestreo.....	20
1.5.4.1. Población.....	20
1.5.4.2. Muestra.....	21
1.5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
1.5.5.1. técnica.....	22
1.5.5.2. instrumentos.....	23
1.5.6. Procedimiento de recolección de datos.....	23
1.5.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	23
1.5.7.1. Técnica de procesamiento.....	23
1.5.7.2. Análisis de los datos.....	23
1.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	24
CAPÍTULO II.....	26
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	26
2.1. ANTECEDENTES.....	26
2.2. CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA).....	29
2.2.1. Composición química.....	30
2.2.2. Composición física.....	30
2.2.3. Reacción química de las cenizas con los componentes del cemento.....	31
2.3. EL CONCRETO.....	32
2.3.1. Componentes del concreto.....	32
2.3.1.1. Cemento.....	32
2.3.1.2. Agregados.....	33
2.3.1.3. Agregado fino.....	33
2.3.1.4. Agregado grueso.....	34
2.3.1.5. Agua.....	34

2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO.	34
2.4.1. Propiedades en estado fresco.	34
2.4.1.1. Trabajabilidad.	34
2.4.2. Propiedades en estado endurecido.	35
2.4.2.1. Resistencia a la compresión.	35
2.5. COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN CLIMAS FRÍOS.	35
2.5.1. El clima en la región puno.	35
2.5.2. Evaluación de la temperatura máxima y mínima en la ciudad de puno.	36
2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.	37
2.6.1. Análisis estadístico.	37
2.6.1.1. Definiciones de conceptos estadísticos.	37
2.6.1.2. Medidas de variación o dispersión.	39
2.6.1.3. Distribución normal.	40
2.6.1.4. Medidas de forma de la distribución.	41
2.6.1.5. Distribución T de student.	43
2.6.2. Prueba de hipótesis.	45
CAPÍTULO III	48
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	48
3.1. MATERIALES EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.	48
3.1.1. Cantera.	48
3.1.2. Agregado fino.	48
3.1.3. Agregado grueso.	49
3.1.4. Ceniza de cascara de arroz utilizada.	49
3.1.4.1. Obtención de la ceniza de cascara de arroz.	49
3.1.4.2. Características de la ceniza de cascara de arroz.	51
3.1.4.3. Granulometría de la ceniza de cascara de arroz.	52
3.1.5. Cemento utilizado.	52
3.1.6. Agua.	52
3.2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - MÉTODO ACI.	53
3.2.1. Diseño concreto patrón.	53
3.2.2. Diseño concreto con sustitución parcial de ceniza de cascara de arroz.	57
3.3. ELABORACIÓN DE CONCRETO.	58
3.3.1. Probetas de concreto.	59
3.3.2. Curado del concreto.	60
3.4. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO.	61
3.4.1. Ensayo de asentamiento.	61
3.4.2. Ensayo de temperatura.	62
3.5. ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO.	62
3.5.1. Ensayo de resistencia a compresión.	62
CAPÍTULO IV	63
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	63
4.1. RESULTADO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	63
4.1.1. Asentamiento.	63
4.1.2. Temperatura.	64
4.2. RESULTADO DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	65

4.3. DISCUSIÓN DE LOS MATERIALES EMPLEADOS	66
4.4. DISCUSIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	66
4.4.1. Resistencia a compresión.....	66
4.4.2. Interpretación de datos: concreto patrón (CP) – concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz.	67
4.5. ANÁLISIS DE COSTOS.....	68
4.6. ANÁLISIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	71
4.6.1. Análisis estadístico.	71
4.6.2. Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión del concreto.....	79
CAPÍTULO V.....	84
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
5.1. CONCLUSIÓN GENERAL.....	84
5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	84
5.3. RECOMENDACIONES	85
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS A: ENSAYOS DE LABORATORIO.....	89
Anexo A-1: Certificado de laboratorio de construcciones.	89
Anexo A-2: Granulometría del agregado fino.	90
Anexo A-3: Granulometría del agregado grueso.....	91
Anexo A-4: Peso específico y absorción de agregados.....	92
Anexo A-5: Contenido de humedad de agregados.	93
Anexo A-6: Peso unitario del agregado fino y grueso.	94
Anexo A-7: Granulometría de la CCA.....	95
Anexo A-8: Peso específico de la CCA	96
ANEXOS B: RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	97
Anexo B-1: Ensayo de resistencia a la compresión.....	97
ANEXOS C: CONTROLES DE CALIDAD.....	105
Anexo C-1: Análisis químicos de la CCA laboratorio analíticos del sur.	105
Anexo C-2: Certificado de calidad cemento portland tipo IP.	107
ANEXOS E: METODO DE DISEÑO ACI.....	108
Anexo E-1: Método de diseño ACI para concreto patrón (100 _C +0 _{CCA}).....	108
Anexo E-2: Método de diseño ACI para concreto con ceniza.	109
ANEXOS F: ANALISIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS.....	118
Anexo F-1: Análisis estadístico.....	118
ANEXOS G: TABLAS ESTADÍSTICAS.	128
Anexo G-1: Tablas de distribución “t” de student.....	128
ANEXOS H: NORMAS Y REPORTES.	129
Anexo H-1: Práctica estándar para fabricación y curado de especímenes de concreto (ASTM C 31/ C 31M – 03a).	129
Anexo H-2: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C39/C39M – 14).	134
Anexo H-3: Especificaciones estándar para cenizas volantes de carbón y puzolanas naturales en bruto o calcinadas para su uso en concreto (ASTM C 618 – 12a). 141	
ANEXOS I: PANEL FOTOGRÁFICO.	146

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Resumen de cantidad de muestra.....	21
Tabla 1.2. Matriz de consistencia: Objetivo General.....	24
Tabla 1.3. Matriz de consistencia: Objetivos Específicos	25
Tabla 2.1. Requerimiento químico de las cenizas.	30
Tabla 2.2. Características físicas que deben cumplir los diferentes tipos de cenizas.	31
Tabla 2.3. Reacciones de hidratación de los silicatos del cemento.	31
Tabla 2.4. Consistencia de mezcla de concreto.	34
Tabla 2.5. Coeficiente de variación y desviación estándar.....	37
Tabla 2.6. Determinación de t_{tabla} para un nivel de significancia de 0.05.....	47
Tabla 3.1. Características de los agregados.	49
Tabla 3.2. Porcentaje de ceniza obtenida a distintas temperaturas.	50
Tabla 3.3. Análisis químico de la CCA de la muestra más adecuada.....	51
Tabla 3.4. Calculo del peso específico de la CCA.....	51
Tabla 3.5. Resultados del análisis físico químico del agua.....	52
Tabla 3.6. Características físicas de los materiales para el diseño.....	53
Tabla 3.7. Resistencia a la compresión promedio.	53
Tabla 3.8. Volumen unitario de agua.....	54
Tabla 3.9. Contenido de aire atrapado.	54
Tabla 3.10. Relación agua - cemento por resistencia.....	54
Tabla 3.11. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	55
Tabla 3.12. Resumen de Materiales por el método de peso equivalente.	58
Tabla 3.13. Resumen de material para un volumen de 0.06 m ³ de concreto.....	58
Tabla 4.1. Medida de asentamientos tomados en diferentes fechas de vaciado	63
Tabla 4.2. Control de temperatura interna del concreto.	64
Tabla 4.3. Resumen resultados del ensayo de resistencia a la compresión.	65
Tabla 4.4. Resistencia a la compresión promedio obtenido.	67
Tabla 4.5. Costo unitario de materiales para el concreto: 100% _C + 0% _{CCA} (CP).	69
Tabla 4.6. Costo unitario de materiales para el concreto: 95% _C + 5% _{CCA}	69
Tabla 4.7. Costo unitario de materiales para el concreto: 90% _C + 5% _{CCA}	69
Tabla 4.8. Costo unitario de materiales para el concreto: 90% _C + 10% _{CCA}	69
Tabla 4.9. Costo unitario de materiales para el concreto: 85% _C + 5% _{CCA}	70
Tabla 4.10. Costo unitario de materiales para el concreto: 85% _C + 10% _{CCA}	70
Tabla 4.11. Costo unitario de materiales para el concreto: 85% _C + 15% _{CCA}	70
Tabla 4.12. Costo unitario de materiales para el concreto: 80% _C + 5% _{CCA}	70

Tabla 4.13. Costo unitario de materiales para el concreto: $80\%_C + 10\%_{CCA}$	70
Tabla 4.14. Costo unitario de materiales para el concreto: $80\%_C + 20\%_{CCA}$	70
Tabla 4.15. Resumen costo unitario de materiales.	71
Tabla 4.16. Análisis Estadístico CP ($100\%_C + 0\%_{CCA}$) – Resistencia a la Compresión - 28 días.....	72
Tabla 4.17. Análisis Estadístico $95\%_C + 5\%_{CCA}$ – Resistencia a la Compresión - 28 días.	72
Tabla 4.18. Análisis Estadístico $90\%_C + 5\%_{CCA}$ – Resistencia a la Compresión - 28 días.	73
Tabla 4.19. Análisis Estadístico $90\%_C + 10\%_{CCA}$ – Resistencia a la Compresión - 28 días.	74
Tabla 4.20. Análisis Estadístico $85\%_C + 5\%_{CCA}$ – Resistencia a la Compresión - 28 días.	75
Tabla 4.21. Análisis Estadístico $85\%_C + 10\%_{CCA}$ – Resistencia a la Compresión - 28 días.	75
Tabla 4.22. Análisis Estadístico $85\%_C + 15\%_{CCA}$ – Resistencia a la Compresión - 28 días.	76
Tabla 4.23. Análisis Estadístico $80\%_C + 5\%_{CCA}$ – Resistencia a la Compresión - 28 días.	77
Tabla 4.24. Análisis Estadístico $80\%_C + 10\%_{CCA}$ – Resistencia a la Compresión - 28 días.	78
Tabla 4.25. Análisis Estadístico $80\%_C + 20\%_{CCA}$ – Resistencia a la Compresión - 28 días.	78
Tabla 4.26. Calculo del estadístico de prueba t_p para el concreto a una edad de 28 días.	81
Tabla 4.27. Decisión de la hipótesis H_0 con el t_p para el concreto a 28 días de edad.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema general del a población. 20

Figura 2.1 Reacción puzolana..... 32

Figura 2.2. Variación de la temperatura anual en la ciudad de Puno, año 2017 (SENAMHI)..... 36

Figura 2.3. Histograma de frecuencias. 38

Figura 2.4. Distribución de Gauss. 41

Figura 2.5. Formas típicas de distribuciones de datos. 42

Figura 2.6. Formas típicas del coeficiente de cúrtosis..... 43

Figura 2.7. Curva de distribución para hipótesis de dos colas..... 43

Figura 2.8. Curva de distribución para hipótesis de una cola a la derecha. 44

Figura 2.9. Curva de distribución para hipótesis de una cola a la izquierda..... 44

Figura 3.1. Traslado de material de la cantera Cutimbo. 48

Figura 3.2. Recojo de la cascara de arroz. 49

Figura 3.3. Termómetro y quemador a gas. 50

Figura 3.4. Producto de la calcinación a distintas temperaturas. 50

Figura 3.5. Mezclado de concreto..... 59

Figura 3.6. Secuencia y tiempo de mezclados empleados 59

Figura 3.7. Llenado de moldes y apisonado de mezcla de concreto en tres capas iguales. 60

Figura 3.8. Moldes vaciados de dos grupo de concreto..... 60

Figura 3.9. Poza para curado. 61

Figura 3.10. Ensayo de asentamiento cono de Abrams. 61

Figura 3.11. Realización del ensayo de temperatura del concreto..... 62

Figura 3.12. Ensayo de resistencia a compresión. 62

Figura 4.1. Efecto del % de CCA en el asentamiento de las mezclas de concreto. 63

Figura 4.2. Evolución de la temperatura interna del concreto. 64

Figura 4.3. Evolución de la resistencia a la compresión 14, 28 y 56 días, para los grupos de prueba..... 65

Figura 4.4. Variación del costo del concreto para 1m³..... 71

Figura 4.5. Distribución normal: concreto patrón (100%_C+0%_{CCA})..... 72

Figura 4.6. Distribución normal: concreto patrón (95%_C+5%_{CCA})..... 73

Figura 4.7. Distribución normal: concreto patrón (90%_C+5%_{CCA})..... 73

Figura 4.8. Distribución normal: concreto patrón (90%_C+10%_{CCA})..... 74

Figura 4.9. Distribución normal: concreto patrón (85%_C+5%_{CCA})..... 75

Figura 4.10. Distribución normal: concreto patrón (85%_C+10%_{CCA})..... 76

Figura 4.11. Distribución normal: concreto patrón (85% _C +15% _{CCA}).....	76
Figura 4.12. Distribución normal: concreto patrón (80% _C +5% _{CCA}).....	77
Figura 4.13. Distribución normal: concreto patrón (80% _C +10% _{CCA}).....	78
Figura 4.14. Distribución normal: concreto patrón (80% _C +20% _{CCA}).....	79
Figura 4.15. Gráfica de la distribución t para $\alpha = 0.05$ y 12 grados de libertad.	82

LISTA DE ACRÓNIMOS

ASTM	: Siglas en inglés para la American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
A/C	: Relación agua/cemento para diseño de mezclas.
A/(C+P)	: Relación agua/material cementante (cemento más puzolana).
CP	: Concreto patrón.
%c	: Porcentaje de cemento.
%CCA	: Porcentaje de ceniza de cascara de arroz.
gr	: Gramos.
IP	: Cemento Puzolánico.
kg	: Kilogramos.
NTP	: Norma Técnica Peruana.
F´c	: Resistencia de diseño a la compresión.
F´cr	: Resistencia promedio de diseño a la compresión.
W%	: Contenido de humedad.
°C	: Grados centígrados.
V	: Volumen.
u	: Media aritmética.
n	: Número de pruebas realizadas.
σ	: Desviación estándar.
σ^2	: Varianza.
Ho	: Hipótesis nula.
Ha	: Hipótesis alternativa.
TMN	: Tamaño máximo nominal.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno y los servicios de la empresa “Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.” entre los meses de julio y noviembre del 2017, con el objetivo principal de evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la zona altiplánica; así establecer el porcentaje más óptimo tomando en cuenta la incidencia en la resistencia a la compresión y el costo unitario de producción. El proceso de investigación se basó en elaborar 13 especímenes de concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y 117 especímenes de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con diferentes porcentajes de sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz; Al realizar los ensayos de resistencia a la compresión a los 14, 28 y 56 días de curado a una temperatura promedio de 13°C (temperatura representativa de la ciudad de Puno). Los resultados demuestran que la ceniza de cascara de arroz mejora la resistencia a la compresión en relación al concreto patrón a los 28 días en 1.47%, 0.70% y 4,96% cuando se sustituye la ceniza de cascara de arroz al cemento en el grupo de concreto $95\%_C+5\%_{CCA}$, $90\%_C+5\%_{CCA}$ y $90\%_C+10\%_{CCA}$ y el costo unitario de producción disminuye en 1.41%, 5.82% y 2.82% respectivamente, mientras que el los grupos de concreto $85\%_C+5\%_{CCA}$, $85\%_C+10\%_{CCA}$, $85\%_C+15\%_{CCA}$, $80\%_C+5\%_{CCA}$, $85\%_C+10\%_{CCA}$ y $85\%_C+20\%_{CCA}$ disminuye la resistencia a la compresión en 13.62%, 3.55%, 22.45%, 17.44%, 15.77% y 25.35% respecto al concreto patrón. En conclusión el concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz elaborado en la zona altiplánica mejora la resistencia a la compresión a un 4.96% con respecto al concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 28 días de curado, siendo el 10% el porcentaje óptimo de sustitución del cemento por ceniza de cascara, más allá de este valor disminuye la resistencia del concreto y respecto al costo unitario de producción el concreto $90\%_C+5\%_{CCA}$ alcanza la resistencia de diseño 210kg/cm^2 , la cual es la más económica disminuyendo el costo en 5.82%.

PALABRAS CLAVES:

Concreto, ceniza de cascara de arroz, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the construction laboratory of the Professional School of Civil Engineering of the National University of Altiplano - Puno and the services of the company "Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L." between the months of July and November of 2017, with the main objective of evaluating the variation of the compressive strength of concrete with partial replacement of the cement by rice husk ash in the altiplanic zone; thus establishing the most optimal percentage taking into account the incidence in the resistance to compression and the unit cost of production. The research process was based on making 13 specimens of concrete $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ and 117 concrete specimens $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ with different percentages of partial substitution of cement by rice husk ash; When performing the compression resistance tests at 14, 28 and 56 days of curing at an average temperature of 13°C (representative temperature of the city of Puno). The results show that the rice husk ash improves the compressive strength in relation to the standard concrete at 28 days at 1.47%, 0.70% and 4.96% when replacing the rice husk ash to the cement in the group of concrete $95\%_C+5\%_{CCA}$, $90\%_C+5\%_{CCA}$ and $90\%_C+10\%_{CCA}$ and the unit cost of production decreases by 1.41%, 5.82% and 2.82% respectively, while the concrete groups $85\%_C+5\%_{CCA}$, $85\%_C+10\%_{CCA}$, $85\%_C+15\%_{CCA}$, $80\%_C+5\%_{CCA}$, $85\%_C+10\%_{CCA}$ and $85\%_C+20\%_{CCA}$ decreases resistance to compression in 13.62%, 3.55%, 22.45%, 17.44%, 15.77% and 25.35% with respect to the concrete pattern. In conclusion, the concrete $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ with partial replacement of the cement by rice husk ash elaborated in the altiplanic zone improves the resistance to compression to 4.96% with respect to the concrete pattern $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ at the 28 days of curing, being 10% the optimum percentage of cement substitution by shell ash, beyond this value decreases the resistance of the concrete and with respect to the unit cost of production the concrete $90\%_C+5\%_{CCA}$ reaches the design resistance 210 kg/cm^2 , which is the most economical, decreasing the cost by 5.82%.

KEYWORDS:

Concrete, rice husk ash, compression resistance.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

El cemento Portland es un material que se utiliza ampliamente en la construcción de viviendas, puentes, vías, entre otras aplicaciones. En la actualidad existe un notable interés en la búsqueda de materiales cementantes que permitan mejorar la resistencia mecánica, la respuesta al ataque de los ácidos, y que favorezcan ciertas propiedades funcionales del concreto como la conductividad eléctrica, el apantallamiento contra la radiación electromagnética, y la radiación ionizada, entre otras. De otra parte, con el fin de reducir costos en la producción del cemento, reutilizar desechos industriales y la búsqueda de cementos con características especiales, se viene proponiendo la adición de algunos de estos mismos desechos para aprovechar la naturaleza puzolánica que algunos presentan. (Mafla B., 2009).

La importancia de obtener concreto de durabilidad óptima y al más bajo costo en los proyectos de construcción con el uso de ceniza de cascara de arroz, es la razón principal del enfoque de éste estudio además que estos aspectos son los que idealmente deben cumplir los que diseñan concreto.

Esta investigación resuelve la siguiente interrogante ¿En qué medida mejora la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la zona altiplánica y el costo unitario de producción?; para lo cual se propuso la siguiente hipótesis: La sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz, mejora la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y lo cual permite disminuir el costo unitario de producción.

En ese sentido; se planteó como objetivo general: Evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la zona altiplánica; usando diferentes porcentajes de ceniza de cascara de arroz y así establecer el porcentaje más óptimo para luego ser aplicado en la zona altiplánica tomando en cuenta la incidencia en la resistencia a la compresión y el costo unitario de producción.

Para la evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la zona altiplánica, ya que al no

conocer cómo reacciona la ceniza de cascara de arroz en la ciudad de Puno a una temperatura promedio de 13°C (temperatura representativa de la ciudad de Puno), no podemos garantizar como varía la resistencia a la compresión del concreto.

Para un adecuado entendimiento la presente tesis está organizada en función de seis capítulos. El Capítulo I: Introducción, en el cual se aborda los aspectos básicos de la investigación como el planteamiento del problema, los antecedentes, la justificación, los objetivos, la hipótesis de la investigación, Operacionalización de variables y la metodología de la investigación.

El Capítulo II: Revisión de la literatura, donde se describe conceptos generales de la tecnología del concreto y sus variantes en relación al tema de investigación.

El Capítulo III: Materiales y Métodos, donde se detalla las características de los materiales empleados y el procedimiento experimental utilizado para obtener los resultados de la investigación.

El Capítulo IV: Resultados y discusión, donde se detalla los resultados obtenidos de cada una de las pruebas realizadas en laboratorio y su interpretación; Análisis y prueba de hipótesis, donde se someten los resultados obtenidos a la prueba de hipótesis a través de fórmulas estadísticas elegidas.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones, donde se da informe sobre las conclusiones obtenidas en la investigación y las recomendaciones para ampliar en un futuro la investigación. Bibliografía: donde se describen los textos consultados, artículos y normas.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1.1. Descripción del problema.

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

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 variados. Por lo que, es cotidiano el uso de diferentes tipos de

adiciones, las que modifican y mejoran algunas propiedades del concreto en estado fresco como en estado endurecido. (Loayza Goicochea , 2014, pág. 1).

Con la presente investigación se busca mejorar algunas propiedades mecánicas tales como resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² en la ciudad de Puno (zona altiplánica) al utilizar desecho agro industrial provenientes de la costa (Camana), como es el uso de ceniza de cascara de arroz, de esta manera disminuir costos de producción del concreto, minimizando así, la cantidad de cemento a utilizarse en el diseño de mezcla lo cual es el tema a tratar en esta investigación.

1.1.2. Problema general.

- ¿En qué medida mejora la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la zona altiplánica y el costo unitario de producción?

1.1.3. Preguntas específicas.

- ¿Cuál será la resistencia a la compresión de un concreto sustituido parcialmente con 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de cascara de arroz, respecto a un concreto patrón $f'_c=210$ kg/cm²?
- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de sustitución del cemento por ceniza de cascara de arroz entre 5% 10% 15% 20%, mediante su resistencia a la compresión?
- ¿Cuánto varían los costos unitarios entre el concreto patrón $f'_c=210$ kg/cm², y el concreto $f'_c=210$ kg/cm² sustituido parcialmente con ceniza de cascara de arroz?

1.2. JUSTIFICACIÓN.

En nuestro país, en la industria de la construcción se producen grandes volúmenes de concreto, por lo que actualmente los concretos no son fabricados solo con agregados, cemento y agua, existen con distintas adiciones, que ya han pasado a formar parte de una mezcla de concreto convencional, que es resultado de la evolución de la tecnología del concreto, cuyas propiedades optimizadas hacen que sean utilizados en diferentes aplicaciones y necesidades estructurales de una obra.

Dado la cantidad de obras que se vienen realizando en la ciudad de Puno, es necesario, producir concretos con resistencia a compresión mejorada el cual se puede lograr con la ceniza de cascara de arroz, para lo cual se debe los criterios básicos de

composición, dosificación y elaboración de concreto. Por lo que, se considera importante realizar esta investigación, para que la información generada sea útil para el logro de un concreto con mejor resistencia a la compresión, asimismo el resultado de esta investigación permitirá la aplicación de un nuevo material de construcción (ceniza de cascara de arroz) en la ejecución de obras de la Ciudad de Puno sobre todo en aquellas donde se utiliza el concreto pre-mezclado.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General.

- Evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la zona altiplánica y el costo unitario de producción.

1.3.2. Objetivo específico.

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituido parcialmente con ceniza de cascara de arroz en 5%, 10%, 15%, 20% y del concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- Establecer el porcentaje óptimo de sustitución del cemento por ceniza de cascara de arroz entre 5%, 10%, 15% y 20%, mediante su resistencia a la compresión.
- Comparar los costos unitarios del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y del concreto aplicado con ceniza de la cáscara de arroz.

1.4. HIPÓTESIS.

1.4.1. Hipótesis general.

- La sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz, mejora la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ permitiendo disminuir el costo unitario de producción.

1.4.2. Hipótesis específicas.

- La resistencia a la compresión que alcanza el concreto con sustitución parcial de ceniza de cascara de arroz en 5%, 10%, 15% y 20% es mayor con respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 210 kg/cm^2 a los 28 días de su elaboración.

- El porcentaje óptimo de ceniza de cascara de arroz como sustituto parcial del cemento, para mejorar su resistencia a la compresión serán menores al 10 %.
- El costo unitario del concreto con resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$ aplicado con cenizas de cascara de arroz resulta menor al concreto patrón.

1.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.5.1. Tipo de investigación.

La presente investigación es del tipo: correlacional - sincrónicas - cuantitativo; puesto que tiene como propósito relacionar y vincular entre si una de las características del concreto patrón $f'c=10\text{ kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión) y el concreto con sustitución de diferentes porcentajes de ceniza de cascara de arroz respecto al peso del cemento en su diseño, la segunda porque los experimentos se realizan solo en periodos determinados y la tercera por que la información utilizada es de tipo cuantitativo.

“La investigación Correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población ”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006, pág. 104)

1.5.2. Nivel de investigación.

El nivel de esta investigación es explicativo, ya que se estudian las causas que originan la variación de resultados al manipular la variable independiente.

“La investigación Explicativa pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006, pág. 108)

1.5.3. Diseño de investigación.

El diseño de una investigación puede de ser de campo, experimental o bibliográfico. Para este caso se utilizará un diseño experimental, ya que, naturalmente es necesario obtener datos bibliográficos de los cuales justifiquen los distintos aspectos de la investigación. Es con estos datos que será posible desarrollar distintas actividades como las cantidades de cada uno de los materiales necesarios para producir el concreto, el cual, luego de una serie de experimentos, nos permitan determinar la resistencia.

“La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de escribir de qué modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular” (Tamayo y Tamayo, 2004, pág. 47).

1.5.4. Población, muestra y muestreo.

1.5.4.1. Población.

Es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio" (Arias Odon , 2012)

La población está conformado por diez diseños de mezcla: el concreto patrón con resistencia $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto con sustitución de diferentes porcentajes de ceniza de cascara de arroz en 5%, 10%, 15% y 20% respecto al peso del cemento en su diseño. Se realizara por cada diseño 13 probetas, en conclusión se realizare 130 probetas de concreto en total (ver tabla 1.1)

El esquema general de la población (10 diseños de mezcla), es el siguiente:

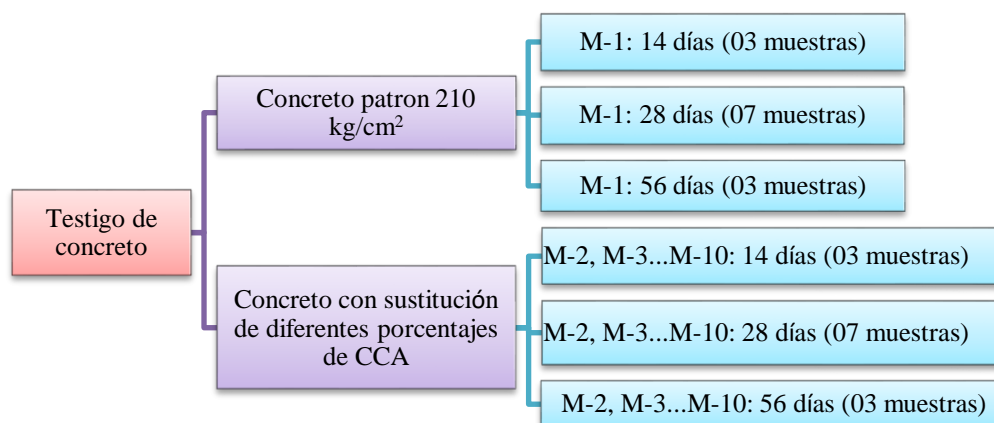


Figura 1.1. Esquema general de la población.
Fuente: Elaboración propia.

Población que conforma los diseños:

- Diseño M-1 ($100\%_C+0\%_{CCA}$), 100% cemento + 0% ceniza de cascara de arroz.
- Diseño M-2 ($95\%_C+5\%_{CCA}$), 95% cemento + 5% ceniza de cascara de arroz.
- Diseño M-3 ($90\%_C+5\%_{CCA}$), 90% cemento + 5% ceniza de cascara de arroz.
- Diseño M-4 ($90\%_C+10\%_{CCA}$), 90% cemento + 10% ceniza de cascara de arroz.
- Diseño M-5 ($85\%_C+5\%_{CCA}$), 85% cemento + 5% ceniza de cascara de arroz.

- Diseño M-6 (85%_C+10%_{CCA}), 85% cemento + 10% ceniza de cascara de arroz.
- Diseño M-7 (85%_C+15%_{CCA}), 85% cemento + 15% ceniza de cascara de arroz.
- Diseño M-8 (80%_C+5%_{CCA}), 80% cemento + 5% ceniza de cascara de arroz.
- Diseño M-9 (80%_C+10%_{CCA}), 80% cemento + 10% ceniza de cascara de arroz.
- Diseño M-10 (80%_C+20%_{CCA}), 80% cemento + 20% ceniza de cascara de arroz.

1.5.4.2. Muestra.

Para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006)

En nuestro caso la muestra estuvo conformada por probetas cilíndricas de concreto $f' = 210 \text{ kg/cm}^2$, 13 de c/u del concreto patrón (dosificación sin ceniza de cascara de arroz) y 13 c/u del concreto con ceniza de cascara de arroz.

Técnica de muestreo: Para la selección de la muestra, empleamos el método probabilístico, específicamente el muestreo no aleatorio indicando que la muestra es igual a la población; es decir, las características son similares a las de la población objetivo. Para la elección del tamaño de la muestra se usa la proporción poblacional para una muestra finita, (Ver tabla N° 1.1).

Tabla 1.1. Resumen de cantidad de muestra.

Concreto con:		Resistencia a la compresión con			N° de briqueta
Cemento	Ceniza	14 días	28 días	56 días	
100 % _C	0 % _{CCA}	3	7	3	13
95 % _C	5 % _{CCA}	3	7	3	13
90 % _C	5 % _{CCA}	3	7	3	13
90 % _C	10 % _{CCA}	3	7	3	13
85 % _C	5 % _{CCA}	3	7	3	13
85 % _C	10 % _{CCA}	3	7	3	13
85 % _C	15 % _{CCA}	3	7	3	13
80 % _C	5 % _{CCA}	3	7	3	13
80 % _C	10 % _{CCA}	3	7	3	13
80 % _C	20 % _{CCA}	3	7	3	13
Cantidad total de briquetas					130

Fuente: Elaboración propia.

La muestra probabilística es el subgrupo de la población en el que todos los elementos de esta tienen la misma posibilidad ser elegidos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006)

Las cantidades hallados para cada uno de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto son los obtenidos de las normas correspondientes por lo cual justifica la cantidad calculada para la población y muestra.

Para esta finalidad, se consideró las especificaciones de la Norma NTP 339.033 (ASTM C 31/ C 31M – 03a) - Práctica Normalizada para la preparación y curado de las probetas para ensayos de concreto y las recomendaciones del Comité ACI 318-08 - Requisitos de Reglamento para concreto estructural, que en su inciso 5.6.2.4 nos indica textualmente: Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos (02) probetas de 6”(150mm)x12”(300mm) o de al menos tres (03) probetas de 4”(100mm)x8”(200mm), preparadas de la misma muestra de concreto. Para lo cual se considerara 3 probetas para las edades de 14 y 56 días y 7 probetas para edades de 28 días.

1.5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

1.5.5.1. técnica.

Las principales técnicas que se utilizó en este estudio fueron por observación directa, análisis de documentos, ensayos de probetas cilíndricas con y sin ceniza de cascara de arroz.

- Toma de muestra.
- Granulometría: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012 Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.
- Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso NTP 400.021, NTP 400.022, ASTM C 127 y ASTM C 128.
- Ensayo de contenido de humedad de los agregados NTP 400.016, ASTM C 566.
- Peso unitario del agregado fino y grueso NTP 400:017, ASTM C 29.
- Densidad de la ceniza de cascara de arroz ASTM C 188.
- Resistencia a la compresión ASTM-C-39.
- Asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 – ASTM C143
- Medición de la temperatura.
- Peso unitario Indicador de prueba, Balanza digital. NTP 339.046 – ASTM C 138.

1.5.5.2. Instrumentos.

Entre los instrumentos requeridos para llevar a cabo el presente estudio, se encuentran:

- Equipos de laboratorio (balanzas digitales, termómetro, cono de Abrams, medidor de aire, cilindros graduados y máquina de ensayo) e implementos utilizados para llevar a cabo los ensayos correspondientes (mezcladora, carretilla, molde y cuchara metálica, barra compactadora, moldes cilíndricos, entre otros).
- Planillas, cuadros para el registro de los resultados arrojados por los diversos ensayos efectuados.

1.5.6. Procedimiento de recolección de datos.

La recolección de datos de la investigación se realizó en forma directa, la primera etapa a través del muestreo para luego llevarlos al laboratorio y la segunda etapa a partir de los diseños y ensayos de acuerdo a los procedimientos técnicos y normativos establecidos y en función al cronograma establecido del proyecto de tesis; así como las fechas de obtención de las probetas cilíndricas, fecha de los respectivos ensayos de resistencia a la compresión axial ASTM C39.

1.5.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó equipos de laboratorio, Hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2013, tomando en cuenta que los datos obtenidos son variables cuantitativas.

1.5.7.1. Técnica de procesamiento.

- Para la investigación experimental se utilizaron las metodologías de ensayo: ASTM C39 método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto y formatos del laboratorio de construcciones.

1.5.7.2. Análisis de los datos.

Las variables de respuesta se evaluó estadísticamente mediante la aplicación del método de la “t” de Student, para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (5%), y un intervalo de confianza 0.95 (95%).

1.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

La variable independiente estudiada es el porcentaje de ceniza de cascara de arroz como sustituto parcial en peso del cemento, en el concreto $f'c$ 210 kg/cm², y su incidencia en la resistencia a la compresión y costo unitario de materiales, siendo éstas las variables dependientes.

- Variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm² y costo unitario de materiales.
- Variable independiente: porcentaje de ceniza de cascara de arroz

Tabla 1.2. Matriz de consistencia: Objetivo General.

Definición del problema	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES	Indicadores	Factor a medir	Escala
¿Cuál será la evaluación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la zona altiplánica y su costo unitario de producción?	Evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la zona altiplánica y el costo de producción.	La sustitución parcial del cemento por Ceniza de cascara de arroz, mejora la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en la zona altiplánica permitiendo disminuir el costo de producción.	INDEPENDIENTE: Concreto con ceniza de cascara de arroz	Porcentaje de Ceniza de cascara de arroz con respecto al peso del cemento	Porcentaje de Ceniza de cascara de arroz con respecto al peso del cemento	(95% C+5% CCA) (90% C+5% CCA) (90% C+10% CCA) (85% C+5% CCA) (85% C+10% CCA) (85% C+15% CCA) (80% C+5% CCA) (85% C+10% CCA) (85% C+20% CCA)
			DEPENDIENTE: Resistencia a la compresión del concreto y costo unitario	Resistencia a la compresión del concreto con CCA y costo unitario	$F'c=210$ kg/cm ²	$F'c$ (CCA) > $F'c$ S/ $F'c$ (CCA) < $F'c$ S/.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.3. Matriz de consistencia: Objetivos Específicos.

Definición del problema	Hipótesis	Variables	Indicadores	Factor a medir	escala
¿Cuál será la resistencia a la compresión de un concreto sustituido parcialmente con 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de cascara de arroz, respecto a un concreto patrón $f'c=210$ kg/cm ² ?	La resistencia a la compresión que alcanza el concreto con sustitución parcial de ceniza de cascara de arroz en 5%, 10%, 15% y 20% es mayor con respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 210 kg/cm ² a los 28 días de su elaboración.	INDEPENDIENTE Concreto con ceniza de cascara de arroz	Porcentaje de Ceniza de cascara de arroz con respecto al peso del cemento	Porcentaje de Ceniza de cascara de arroz con respecto al peso del cemento	(95% C+5% CCA) (90% C+5% CCA) (90% C+10% CCA) (85% C+5% CCA) (85% C+10% CCA) (85% C+15% CCA) (80% C+5% CCA) (85% C+10% CCA) (85% C+20% CCA)
		DEPENDIENTE Resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm ² con incorporación de Fibras de Polipropileno.	Método de ensayo normalizado para Resistencia a la compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto. (ASTM C-39)	$F'c=210$ kg/cm ²	$F'c$ (CCA) > $F'c$
¿Cuál es el porcentaje óptimo de sustitución del cemento por ceniza de cascara de arroz entre 5% 10% 15% 20%, mediante su resistencia a la compresión?	El porcentaje óptimo de ceniza de cascara de arroz como sustituto parcial del cemento, para mejorar su resistencia a la compresión serán menores al 10%.	INDEPENDIENTE Concreto con ceniza de cascara de arroz	Porcentaje de Ceniza de cascara de arroz con respecto al peso del cemento	Porcentaje de Ceniza de cascara de arroz con respecto al peso del cemento	(95% C+5% CCA) (90% C+5% CCA) (90% C+10% CCA) (85% C+5% CCA) (85% C+10% CCA) (85% C+15% CCA) (80% C+5% CCA) (85% C+10% CCA) (85% C+20% CCA)
		DEPENDIENTE Resistencia a la flexión del concreto $f'c$ 210 kg/cm ² con incorporación de Fibras de Polipropileno.	Método de ensayo normalizado para Resistencia a la compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto. (ASTM C-39)	$F'c=210$ kg/cm ²	$F'c$ (CCA) > $F'c$
¿Cuánto varían los costos entre el concreto patrón $f'c=210$ kg/cm ² , y el concreto $f'c=210$ kg/cm ² sustituido parcialmente con ceniza de cascara de arroz?	El costo del concreto con resistencia 210 kg/cm ² aplicado con cenizas de cascara de arroz resulta menor al concreto patrón.	INDEPENDIENTE Concreto con ceniza de cascara de arroz	Porcentaje de Ceniza de cascara de arroz con respecto al peso del cemento	Porcentaje de Ceniza de cascara de arroz con respecto al peso del cemento	(95% C+5% CCA) (90% C+5% CCA) (90% C+10% CCA) (85% C+5% CCA) (85% C+10% CCA) (85% C+15% CCA) (80% C+5% CCA) (85% C+10% CCA) (85% C+20% CCA)
		DEPENDIENTE Costo unitario de los materiales empleados en la elaboración de concreto $f'c$ 210 kg/cm ² con sustitución parcial de ceniza de cascara de arroz	Costo Unitario de Materiales.	Costo Unitario de Materiales	S/. (CCA) < S/. (CP)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.

2.1. ANTECEDENTES.

(Molina Salinas, 2002), esta investigación se realizó en la escuela politécnica del litoral Guayaquil – Ecuador, de la facultad de ingeniería en ciencias de la tierra en donde presenta el trabajo: “Adición de ceniza de cascara de arroz en hormigón compactado con rodillo”, teniendo la finalidad de demostrar que la CCA como material cementante de adición mejora las propiedades del HCR, sin costos elevados ya que se trata de un producto de desecho agricultura, la cual concluyo en:

Conclusiones:

- La adición de CCA en el HCR produce un ligero aumento en la densidad máxima alcanzada luego de la compactación. Este ocurre cuando la adición de CCA es del 4% al 12%. Mientras que utilizando adiciones superiores la densidad disminuye, volviéndose una mezcla poco consistente y difícil de compactar.
- En cuanto a la resistencia a la compresión simple y tracción por compresión diametral, con una adición de 4% de CCA, se obtiene valores superiores a los alcanzados con la mezcla patrón, siendo estos últimos similares a los obtenidos con una adición de 8%. Todo esto a partir de los 28 días, ya que a edades tempranas la variación es mínima.
- La mezcla de HCR + 4% CCA presenta un mejor comportamiento con respecto al HCR patrón en cuanto a la trabajabilidad, ya que se obtuvieron mayores incrementos de resistencia relativa, pero en ambos casos los mejores valores se lograron en 1 y 2.5 horas luego de preparadas la mezcla de concreto.
- Cuando la adición de CCA se realizó en porcentajes mayores a 12%, los valores obtenidos de resistencia a la compresión simple y tracción por compresión simple son más bajos que los logrados con la mezcla patrón, incluso a edades tempranas.

Recomendaciones:

- Se recomienda el uso de CCA en un porcentaje óptimo de 4% de adición en el HCR, donde se logran excelentes resultados en el comportamiento mecánico del concreto y mayor durabilidad.

- En el desarrollo de este trabajo se utilizó el aditivo ROCA_PR en una proporción de 1% con respecto al cemento, obtenido excelentes resultados en cuanto a la trabajabilidad se refiere. Se recomienda utilizar de este aditivo en un porcentaje mayor, para ampliar los plazos de trabajabilidad del concreto.

(Juárez Quevedo, 2012), en su trabajo de graduación "La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados", realizada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala. Teniendo como objetivo general Evaluar la cáscara de arroz calcinada como puzolana artificial en el mejoramiento del diseño de morteros para acabados, de acuerdo a las normas. Llegando a la siguiente conclusión:

Conclusiones:

- 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 trabajabilidad del mortero cemento y puzolana es menor con un flujo de 57 y la del mortero de cal y puzolana un flujo de 65; lo que hace mejor la fluidez de este mortero.

Recomendaciones:

- Al calcinar la cáscara de arroz, se debe considerar la temperatura y tiempo requerido, ya que de lo contrario no se tendrán las propiedades para su uso como puzolana active
- Se debe implementar un proceso de molienda que reduzca el tamaño de partículas para obtener la fineza adecuada y similar a la del cemento.

(Vigil, 2000), en su investigación "las cenizas de cáscara de arroz, adición puzolánica en cemento y concreto", realizado en la Universidad de Piura. Cuya finalidad es evaluar la puzolana artificial desarrollada (ceniza de cáscara de arroz), cumple con los requisitos de los índices de actividad puzolánica. Llegando a las conclusiones siguientes:

Conclusiones:

- 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 SiO_2 (93%), de gran área superficial ($22600\text{ cm}^2/\text{g}$) 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/cm^2 , 58 Kg/cm^2 , 55 Kg/cm^2 y 41 Kg/cm^2 con porcentajes de adición en 10%, 15%, 20% y 30% respectivamente.

Recomendaciones:

- Para la elaboración de la ceniza de cáscara de arroz se recomienda emplear una adecuada técnica de calcinación que facilite una combustión controlada para obtener la ceniza requerida. La temperatura de calcinación es un parámetro fijo que debe controlarse ya que una variación de temperatura de $\pm 50^{\circ}\text{C}$ varía las características de la ceniza.
- Se deberá realizar un estudio económico tomando en cuenta la disponibilidad de cáscara presente en nuestro país. De antemano es ventajoso conocer que la cáscara de arroz es un subproducto contaminante, de bajo costo, que abunda en la zona norte y en la región amazónica.

(Loayza Goicochea , 2014), en su tesis de pregrado “Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal”, se realizó en la Universidad Nacional de Cajamarca, cuya objetivo general es determinar el efecto de la adición de ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal, llegando a las conclusiones siguientes:

Conclusiones:

- Los concretos adicionados con ceniza de cáscara de arroz (CCA) obtienen resistencias superiores al concreto patrón en 57.64 Kg/cm^2 , 77.29Kg/cm^2 , 96.68 Kg/cm^2 y 76.20 Kg/cm^2 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/cm^2 respecto al concreto patrón.

Recomendaciones:

- también recomienda complementar la presente investigación realizando ensayos a edades avanzadas 60, 90 y 180 días.
- 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.

2.2. CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA).

El código (ASTM C 618 - 12a, 1992), define: "las puzolanas son materiales silíceos o aluminio-silíceos quienes por sí solos poseen poco o ningún valor cementante, pero cuando se han dividido finamente y están en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes".

Según esta definición podríamos definir 2 tipos de puzolanas:

Puzolanas Naturales:

Rocas volcánicas, en las que el constituyente amorfo es vidrio producido por enfriamiento brusco de la lava. Por ejemplo las cenizas volcánicas, las pómez, las tobas, la escoria y obsidiana.

Puzolanas Artificiales:

- **Cenizas volantes:** Las cenizas que se producen en la combustión de carbón mineral (lignito) fundamentalmente en las plantas térmicas de generación de electricidad.
Arcillas activadas o calcinadas artificialmente: Por ejemplo residuos de la quema de ladrillos de arcilla y otros tipos de arcilla que hayan estado sometidas a temperaturas superiores a los $800\text{ }^\circ\text{C}$.
- **Escorias de fundición:** Principalmente de la fundición de aleaciones ferrosas en altos hornos. Estas escorias deben ser violentamente enfriadas para lograr que adquieran una estructura amorfa.
- **Las cenizas de residuos agrícolas:** La ceniza de cascara de arroz, ceniza de paja de trigo, las cenizas del bagazo y la paja de la caña de azúcar, etc. Cuando son

quemados convenientemente, se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura de combustión.

La norma ASTM C 618-12a divide en tres los tipos de ceniza:

- **Clase N:** Puzolanas naturales calcinadas o sin calcinar, como algunas tierras diatomáceas; horstenos opalinos y pizarras; tobas y cenizas volcánicas o pumíticas, calcinadas o sin calcinar; y materiales varios que requieren de calcinación para inducir propiedades satisfactorias, como algunas arcillas y pizarras.
- **Clase F:** Ceniza volante normalmente producida de la calcinación del carbón antracítico o bituminoso. Esta clase de ceniza volante tiene propiedades puzolánicas.
- **Clase C:** Ceniza volante normalmente producida de la calcinación del carbón sub bituminoso o lignito. Esta clase de ceniza volante además de tener propiedades puzolánicas tiene propiedades cementicia.

Las cenizas que deben ser empleadas para la elaboración del concreto deben ser cenizas de Clase F, no son recomendables las cenizas de Clase C, porque tienen exceso de cal y poco de óxido de alúmina y óxido de fierro (Rivva López, 2010)

2.2.1. Composición química.

La norma ASTM-C-618-12a dice que la composición química debe estar acorde con los requerimientos de la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Requerimiento químico de las cenizas.

	CLASE		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) + óxido de fierro (Fe ₂ O ₃), min %	50.00	70.00	70.00
Trióxido de azufre (SO ₃), máx. %	4.00	5.00	5.00
Contenido de humedad, máx. %	3.00	3.00	3.00
Pérdida por calcinación, máx. %	10.00	6.00*	6.00

*El uso de Puzolanas Clase F que contenga hasta un 12.00% de pérdida por calcinación puede ser aprobado por el usuario si los registros de desempeño aceptables o los resultados de las pruebas de laboratorio están disponibles.

Fuente: ASTM C 618-12a.

2.2.2. Composición física.

La fineza de cenizas es controlada en muchos casos limitando la cantidad retenida en la malla N° 325 por lavado húmedo. La reactividad de las cenizas se ha encontrado que está relacionada directamente con la cantidad que pasa ese tamiz desde que las partículas más gruesas generalmente no reaccionan rápidamente con el concreto (Rivva López, 2010).

La norma ASTM C 618-12a exige algunas características físicas que deben cumplir los diferentes tipos de Cenizas, los que son descritos en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Características físicas que deben cumplir los diferentes tipos de cenizas.

	CLASE		
	N	F	C
Finura: Cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 μm (N° 325), máx., % A	34.00	34.00	34.00
Índice de actividad puzolánica: B Con cemento portland, a 7 días, mín., % Con cemento portland, a 28 días, mín., %	75.00 ^b	75.00 ^b	75.00 ^b
Demanda de agua, máx., % del control	115.00	105.00	105.00
Estabilidad: D Expansión, contracción en autoclave, máx., %	0.80	0.80	0.80
Requisitos de uniformidad: Densidad, máxima variación del	5.00	5.00	5.00
Porcentaje retenido en 45 μm (N° 325), variación máx., puntos de % del promedio	5.00	5.00	5.00

a) Se debe tener cuidado para evitar la retención de aglomeraciones de material extremadamente fino.

b) El índice de actividad de resistencia con cemento portland no debe considerarse una medida de la resistencia a la compresión del hormigón que contiene las cenizas volantes o la puzolana. La masa de ceniza volante o puzolana especificada para la prueba para determinar el índice de actividad de fuerza con cemento portland no se considera la proporción Recomendado para el hormigón que se va a utilizar en la obra. La cantidad óptima de ceniza volante o puzolana natural para cualquier proyecto específico se determina por las propiedades requeridas Del hormigón y otros constituyentes del hormigón y se establecerá mediante ensayos. El índice de actividad de la fuerza con cemento portland es una medida de reactividad con un Cemento y puede variar en cuanto a la fuente de la ceniza volante o puzolana natural y el cemento.

c) El cumplimiento del índice de actividad de 7 días o 28 días indicará el cumplimiento de la especificación.

d) Si la ceniza volante o la puzolana constituyen más del 20% en peso del material cementoso en el diseño de la mezcla del proyecto, los especímenes de ensayo para el autoclave de Expansión deberá contener ese porcentaje previsto. La expansión excesiva de la autoclave es altamente significativa en los casos en que el agua para volar ceniza o puzolana y cemento Son bajas, por ejemplo, en mezclas de bloques o de hormigón proyectado.

Fuente: ASTM C 618-12a

2.2.3. Reacción química de las cenizas con los componentes del cemento.

Los dos silicatos de calcio (C_3S y C_2S), los cuales constituyen 75% del peso del cemento portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado (hidrato de silicato de calcio). La resistencia y otras propiedades del cemento hidratado se deben principalmente al silicato de calcio hidratado, éste es el corazón del concreto.

El cemento portland hidratado contiene del 15% hasta 25% de hidróxido de calcio y aproximadamente 50% de silicato de calcio hidratado, en masa. (PCA, 2004).

Tabla 2.3. Reacciones de hidratación de los silicatos del cemento.

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	+ H ₂ O	= C-S-H	+ CaOH
Silicato tricálcico	agua	Silicato de calcio hidratado	Hidróxido de calcio
$2\text{Ca} \cdot \text{SiO}_2$	+ H ₂ O	= C-S-H	+ CaOH
Silicato dicálcico	agua	Silicato de calcio hidratado	Hidróxido de calcio

Fuente: (PCA, 2004).

Uno de los principales beneficios de las cenizas es la reacción con el hidróxido de calcio (CaOH) en el concreto, es la producción de componentes cementantes adicionales.

La siguiente ecuación ilustra la reacción de la puzolana reemplazada por las cenizas con la cal, para producir adicionalmente hidrato de silicato de calcio (C-S-H)

- Reacción cemento: $C_3S + H$ (hidratación) \rightarrow C-S-H + $CaOH$
- Reacción Pozolana: $CaOH + S_{silice\ componente\ de\ ceniza} \rightarrow$ C-S-H

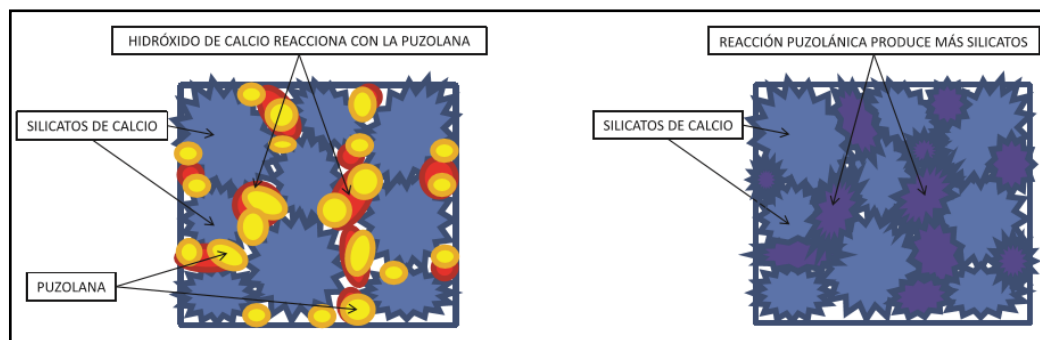


Figura 2.1 Reacción puzolana.
Fuente: Ficha técnica cemento Yura, 2017.

La reacción adicional que se produce producto de la reacción de las cenizas con la cal disponible permite que el concreto con ceniza continúe ganado dureza durante el tiempo. (ACAA, 2003).

2.3. EL CONCRETO.

Siendo el concreto objeto de estudio de la presente tesis, es necesario conceptualizarlo, así como también los factores que afectan su desarrollo y las propiedades del mismo.

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. (Abanto Castillo, 1995).

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo, algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto Castillo, 1995).

2.3.1. Componentes del concreto.

2.3.1.1. Cemento.

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad de fraguar y endurecer, 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 López, 2010).

2.3.1.2. Agregados.

El concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocido como agregado el cual ocupa del 65% al 80% del volumen de la unidad cubica de concreto. (Rivva López, 2010).

Los agregados también son llamados áridos, que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta cemento.

Se clasifican en:

- Agregados Finos.
- Agregados Gruesos.

Hormigón: corresponde a mezcla natural de Grava y Arena, este agregado se utiliza para preparar un concreto de baja calidad como el empleado en cimentaciones corridas, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etc. El emplear el hormigón en la elaboración del concreto este deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto. (Abanto Castillo, 1995).

Si se emplea, con autorización del proyectista, el agregado integral denominado “Hormigón” deberá cumplirse con lo indicado en el acápite 3.2.12 de la Norma Técnica E.060. (Rivva Lopez, 2000).

2.3.1.3. Agregado fino.

Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada de dimensiones reducidas, que pasan por el tamiz 3/8” (9.52mm) y que es retenida en el tamiz N°200 (0.074mm) NTP400.037. (Abanto Castillo, 1995).

Sin embargo el Manual de ensayo de materiales (EM 2000) del MTC E 204-2000, El cual está basado según a las normas ASTM 136 y AASHTO T 27, los mismos

que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Este Manual indica que para mezclas de agregados gruesos y finos la muestra será separado en dos tamaños, por el tamiz 4.75mm (N°4). Por lo tanto, para la presente investigación, se manejará al tamiz N°4 para separar el agregados grueso y fino.

2.3.1.4. Agregado grueso.

Es el agregado que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o ASTM C33. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada. etc.

2.3.1.5. Agua.

El agua que debe ser utilizada para la producción de concreto debe satisfacer los requisitos de la norma NTP 339.088, y ASTM C 109M. Considerándose como referente principal, la idoneidad del agua potable.

2.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO.

2.4.1. Propiedades en estado fresco.

2.4.1.1. Trabajabilidad.

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada, el equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. (Abanto Castillo, 1995).

Tabla 2.4. Consistencia de mezcla de concreto.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 49

Las cenizas cambian la capacidad de flujo de la pasta; el perfil generalmente esférico de las partículas de las cenizas normalmente permite que el agua en el concreto pueda ser reducida para una trabajabilidad dada demostrando en informes sobre cenizas de la clase F, las cuales reducen la magnitud de la pérdida del asentamiento cuando se las compara con concreto sin cenizas en climas cálidos. (Rivva López, 2010)

Para medir la trabajabilidad de las mezclas se utilizará la prueba de revenimiento, o asentamiento en el cono de Abrams, siguiendo la norma ASTM C 143.

2.4.2. Propiedades en estado endurecido.

2.4.2.1. Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39.

2.5. COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN CLIMAS FRÍOS.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma E.060 en la sección 5.12 define al clima frío “se considera clima frío a aquel en que, en cualquier momento del vaciado la temperatura ambiente pueda estar por debajo de 5°C.

Según la norma ACI 306, Cold Weather Concreting, en la sección 1.2 definiciones indica “un periodo donde, por más de 3 días consecutivos existen las siguientes condiciones: la temperatura promedio diaria del aire es menor a 5°C; la temperatura del aire no es mayor a 10°C durante más de la mitad de un periodo cualquiera de 24 horas”

2.5.1. El clima en la región puno.

Las temperaturas en la región de puno durante todo el año son bajas para aquellos lugares que están ubicados por encima de los 3800 m.s.n.m., que según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) en la figura 2.6 indica que las temperaturas más bajas se dieron en Mazocruz (-23.4°C) y la menos baja en Huaraya-Moho (-4.4°C); a este fenómeno de temperaturas extremas se le conoce como heladas, que son inferiores a 0°C.

Manarelli (1988), analiza las heladas meteorológicas, encontrando como resultado que la zona cercana al lago muestra un retraso en la aparición de las primeras heladas (5 de Mayo) en comparación a las zonas más alejadas; igualmente, un adelanto en la aparición de las ultimas heladas (27 de Octubre) y un mayor periodo libre de heladas, por la acción termo-reguladora del lago (SENAMHI, 2010). El análisis de la información climatológica indica que durante todos los años persiste el peligro de heladas.

En el caso de la ciudad de Puno el clima es semi-seco y bastante frio donde las primeras heladas se dan en el mes de Mayo, pero no son tan bajas como las ciudades que están en la misma altitud sobre el nivel del mar; esto debido a la acción termo reguladora que ejerce el lago Titicaca.

2.5.2. Evaluación de la temperatura máxima y mínima en la ciudad de puno.

Las temperaturas en todos los años y específicamente en los meses de junio, julio y agosto son las más bajas de cada año (figura 2.2) y esto no permite realizar óptimos trabajos en la construcción de obras debido a que estas temperaturas se presentan incluso bajo cero, y en referente a trabajos con concreto se debe de tener todas las precauciones del caso.

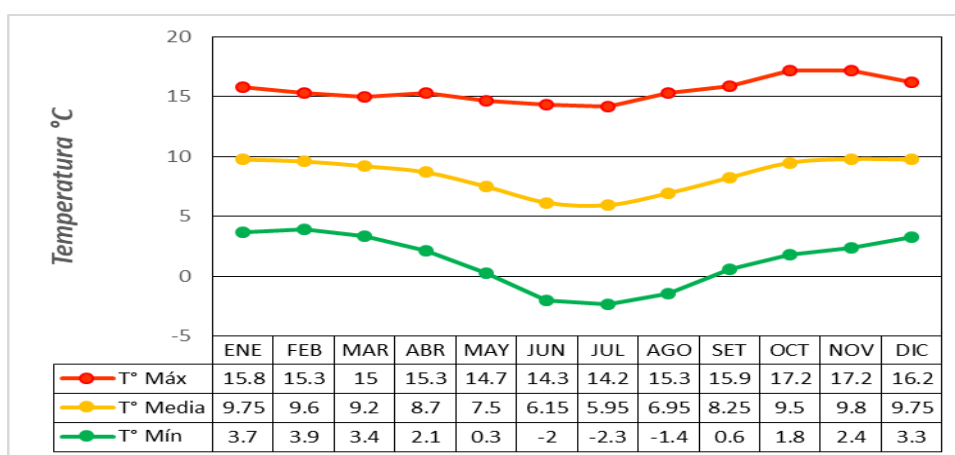


Figura 2.2. Variación de la temperatura anual en la ciudad de Puno, año 2017 (SENAMHI).

Se tiene conocimiento que para un desarrollo normal de resistencia en el tiempo, el concreto debe curarse como referencia a una temperatura de por lo menos 10°C, lo cual como ya se mencionó en nuestra zona son aun menores las temperaturas, y las más bajas se dan en el mes de julio en el año 2017, tal como se muestra en la figura 2.2, emitido en el boletín 098 regional para el mes de julio-2017 del SENAMHI (http://puno.senamhi.gob.pe/web/load/pdf/boletin_mensual/098_boletin_mensual_08_2_016.pdf).

De la figura 2.2, se puede apreciar que la temperatura más baja registrada en el mes de setiembre fue de 0.6°C y la máxima de 15.9°C. Durante el mes se observaron heladas de ligera a moderada intensidad (SENAMHI, 2017). Finalmente en los meses de febrero, marzo y abril las temperaturas máximas promedio superan en más de 0.5°C a las temperaturas máximas promedio en tiempos de helada.

2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.

2.6.1. Análisis estadístico.

El análisis estadístico es de importancia en la evaluación de los resultados obtenidos porque nos permite tener certeza de la confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas y en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

Para tener la confiabilidad de los datos se ha considerado evaluar los resultados de resistencia a la compresión, con los parámetros del coeficiente de variación y desviación standard, en función a la tabla 2.6.

Tabla 2.5. Coeficiente de variación y desviación estándar.

Dispersión total					
Clase de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	menor a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	mayor a 49.2
Concreto en laboratorio	menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	mayor a 24.6
Dispersión entre testigo					
Clase de operación	Coeficiente de variación para diferentes Grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	mayor a 6
Concreto en laboratorio	menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	mayor a 5

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Ing. Enrique Pasquel Carvajal.

2.6.1.1. Definiciones de conceptos estadísticos.

A continuación definiremos los elementos estadísticos y empezaremos según como se desarrollara el análisis estadístico:

Rango de datos (R): Llamado también recorrido de los datos, el rango es la diferencia entre el máximo y mínimo valor de un conjunto de datos.

$$R_X = X_{MAX} - X_{MIN}$$

Número de intervalos de clase (K): Este valor está relacionado con la cantidad de datos (n) de la muestra y generalmente se calcula con una regla de Sturges definida por:

$$K = 1 + 3.3 * \text{Log}(n)$$

Tamaño de intervalos de clase (C): Para efectos de hallar la longitud o tamaño de los intervalos de clase de igual tamaño utilizamos la siguiente relación:

$$C = \frac{R_X}{K}$$

Determinación de los intervalos de clase: El valor más bajo de los datos es considerado como el límite inferior del primer intervalo de clase, para luego agregar el ancho de clase y de esta manera obtener el límite superior de la primera clase repitiéndose esta operación K veces, es decir:

$$L_1 = X_{MAX} \quad I_1 = [L_i, L_s) \quad L_2 = X_{MIN} + C$$

Marcas de clase: Las marcas de clase son los puntos medios de cada intervalo de clase:

$$X_i = \left[\frac{L_i + L_s}{2} \right]$$

Histograma de frecuencias: Un histograma de frecuencias es una representación gráfica de barras o rectángulos continuos, cuyas bases son los límites reales de clase y las alturas están dadas por las frecuencias absolutas (f_i) o relativas (h_i) estas pueden ser representadas gráficamente de la siguiente manera:

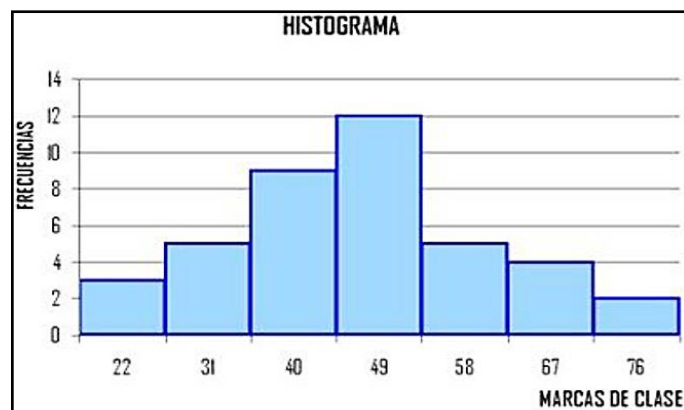


Figura 2.3. Histograma de frecuencias.

Frecuencia absoluta de clase (f_i): Se denomina así al número de observaciones o datos que pertenecen a cada intervalo de clase, lo cual generalmente es determinado mediante la tabulación de los datos.

Frecuencia Absoluta Acumulada de Clase (F_i): Es la sumatoria de las frecuencias absolutas de clase en cada intervalo de clase

Percentiles: Son los 99 valores que dividen en 100 partes iguales a una serie de puntuaciones ordenadas.

$$P_r = L_i + \left[\frac{r * n}{100} + F_{i-1} \right] * C_i$$

Donde:

- L_i : Límite inferior de la clase donde se encuentra el percentil.
- n : Es la suma de las frecuencias absolutas.
- f_i : Es la frecuencia absoluta de la clase del percentil.
- F_{i-1} : Es la frecuencia acumulada anterior a la clase del percentil.
- C_i : Es la amplitud de la clase.

2.6.1.2. Medidas de variación o dispersión.

Las medidas de variación o dispersión están relacionadas con las medidas de tendencia central, ya que lo que pretende es cuantificar como de concentrados o dispersos están los datos respecto a estas medidas. Nos limitaremos a dar medidas de dispersión asociadas a la media.

La media aritmética: es el promedio aritmético de todos los resultados de los ensayos

$$\bar{X} = \frac{f_1 * X_1 + f_1 * X_2 + f_1 * X_3 + \dots + f_1 * X_n}{n}$$

Mediana: La segunda medida de tendencia central de un conjunto de números es la mediana. Su característica principal es que divide un conjunto ordenado en dos grupos iguales; la mitad de los números tendrá valores que son menores que la mediana, y la otra mitad alcanzará valores mayores que ésta. Para encontrar la mediana primeramente es necesario ordenar los valores (generalmente de menor a mayor). Posteriormente se deberá separar la mitad de los valores para obtener la mediana.

$$\bar{X}_m = L_m + \left[\frac{\frac{n}{2} - F_{m-1}}{f_m} \right] * C_m$$

Dónde:

- L_m : Límite inferior del intervalo de clase de la Mediana.
- n : Número total de datos.
- F_{m-1} : Frecuencia acumulada del intervalo de clase que antecede al intervalo de la Mediana.
- f_m : Frecuencia absoluta del intervalo de clase de la Mediana.
- C_m : Ancho del intervalo de clase de la mediana.

Moda: La moda es una mediana de tendencia central que indica cuál es la puntuación, categoría o modalidad que más se repite en el conjunto de medidas.

$$\bar{X}_o = L_o + \left[\frac{F_o - F_{o-1}}{(F_o - F_{o-1}) + (F_o - F_{o+1})} \right] * C_m$$

Donde:

- L_0 : Extremo inferior del intervalo modal (intervalo que tiene mayor frecuencia absoluta).
- F_0 : Frecuencia absoluta del intervalo modal.
- F_{0-1} : Frecuencia absoluta del intervalo anterior al modal.
- F_{0+1} : Frecuencia absoluta del intervalo posterior al modal.
- C_m : Ancho del intervalo de clase de la mediana.

La varianza: cuando la población es finita y está formado por n valores, la varianza se define como:

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1}$$

La desviación estándar: es la raíz cuadrada de la varianza y nos indica que tan dispersos están los resultados de la media aritmética.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

El Coeficiente de Variación: es la división entre la desviación estándar y la media aritmética de las muestras, expresado en porcentaje. También conocida como coeficiente de variación existente entre la desviación estándar y la media, esta medida indica que entre mayor porcentaje de variación es mayor la dispersión.

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} * 100 \%$$

2.6.1.3. Distribución normal.

La distribución normal es la piedra angular de la teoría estadística moderna, es utilizada para describir el comportamiento aleatorio de muchos procesos que ocurren en la naturaleza y acciones de los humanos.

Si graficáramos los resultados de laboratorio de las pruebas a compresión de una cantidad significativa de muestras de concreto, los resultados numéricos de estas, formarían un patrón que se agrupan alrededor de un valor central o gráfico de distribución normal o más conocido como campana de Gauss (ver figura 2.4). Es por eso que la distribución normal encaja adecuadamente para hacer análisis de confiabilidad y control de calidad del concreto.

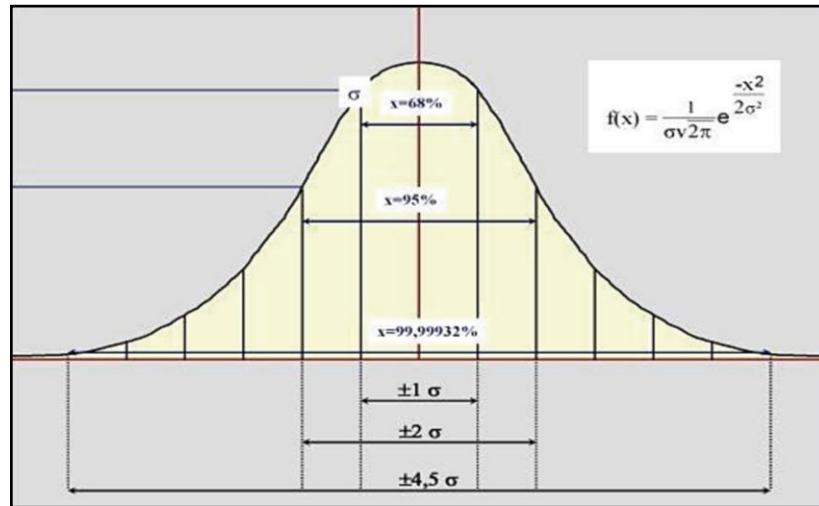


Figura 2.4. Distribución de Gauss.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{X})^2}{2\sigma^2}}$$

σ : Desviación Estándar, es una medida de dispersión de la resistencia a la compresión $f'c$ alrededor de la media.

x : Variable Aleatoria, ($f'c$ de cada prueba).

\bar{X} : Media, nos proporciona una idea del lugar donde están concentrados los valores que toma la variable x ($f'c$ de cada prueba).

σ^2 : Varianza, expresa cualitativamente la dispersión alrededor de la media, mide la variabilidad alrededor de la media.

2.6.1.4. Medidas de forma de la distribución.

Existen dos medidas importantes en la estadística, el coeficiente de asimetría mide como se distribuyen los datos en torno de la media aritmética y la cúrtosis mide la deformación vertical (grado de apuntalamiento) de los datos.

Estas medidas son importantes te permite determinar si la distribución de frecuencias se aproxima a la distribución normal, la cual es la base de la inferencia Estadística.

Entonces debemos calcular el coeficiente de asimetría y cúrtosis de una distribución de frecuencias, para determinar si el grupo de datos se aproxima a la Distribución Normal.

Coefficiente de pearson (As): Dados los valores de la mediana y los percentiles 10, 25, 75 y 90 el segundo coeficiente de Pearson está definido por:

$$A_S = \frac{P_{75} + P_{25} - 2\bar{X}_m}{P_{75} - P_{25}}$$

Los coeficientes de asimetría se interpretan del siguiente modo:

Si $A_S=0$: Entonces los datos se distribuyen en forma simétrica tal como se muestra en la fig. 2.5.

Si $A_S>0$: Entonces los datos son sesgados hacia la derecha tal como se muestra en la fig. 2.5.

Si $A_S<0$: Entonces los datos son sesgados hacia la izquierda tal como se muestra en la fig. 2.5.

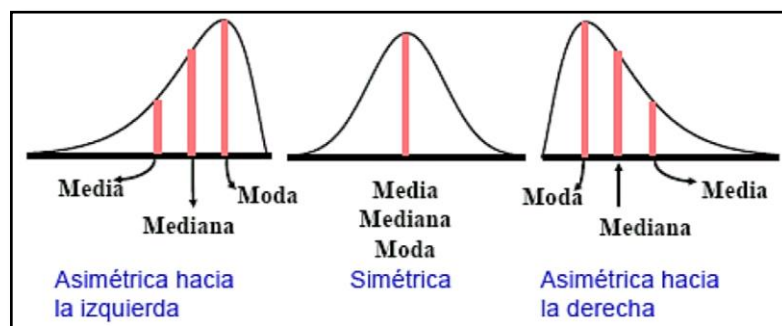


Figura 2.5. Formas típicas de distribuciones de datos.

Coefficiente de cúrtosis o agudeza: El coeficiente de Curtosis es una medida que calcula la deformación vertical (apuntalamiento) de una distribución de frecuencias correspondiente al conjunto de datos. El coeficiente de Curtosis está definido por:

$$K = \frac{P_{75} - P_{25}}{2 * (P_{90} - P_{10})}$$

La interpretación que se le da al coeficiente de Curtoris o apuntalamiento es la siguiente:

- Si $K < 0.263$: La curva se denomina LEPTOCÚRTICA en este caso la amplitud de la variable es pequeña y la mayoría de las observaciones se hallan en el centro de la distribución como se muestra en la figura 2.6.
- Si $K = 0.263$: La curva se denomina MESOCRÁTICO en este caso los datos se encuentran regularmente dispersos y la amplitud de los datos es relativamente mayor que en el caso anterior como se muestra en la figura 2.6.
- Si $K > 0.263$: La curva se denomina PLATICÚRTICA
- en este caso los datos se encuentran dispersos en todos los intervalos y su amplitud o rango tiende al infinito como se muestra en la figura 2.6.

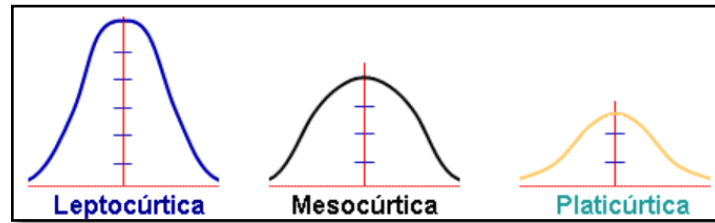


Figura 2.6. Formas típicas del coeficiente de cúrtosis.

2.6.1.5. Distribución T de student.

Se utiliza para detectar la existencia de diferencias significativas entre las medias de una determinada variable cuantitativa en dos grupos de datos.

Requisitos.

- Datos distribuidos según una distribución normal en cada grupo.
- Las varianzas de las dos muestras han de ser iguales.
- Muestras independientes y menores a 30.

Las hipótesis pueden ser de:

Hipótesis de dos colas.

Recibe también el nombre de prueba bilateral, debido a que es importante detectar diferencias a partir del valor hipotético de la media μ_0 que se encuentre en cualquier lado de μ_0 . en una prueba de este tipo, la región crítica se separa en dos partes, con (usualmente) la misma probabilidad en cada cola de la distribución de la estadística de prueba.

$$H_1: \mu_{\bar{x}_{CCA}} = \mu_{\bar{x}_C} \rightarrow H_0: \mu_{\bar{x}_{CCA}} = \mu_{\bar{x}_C}$$

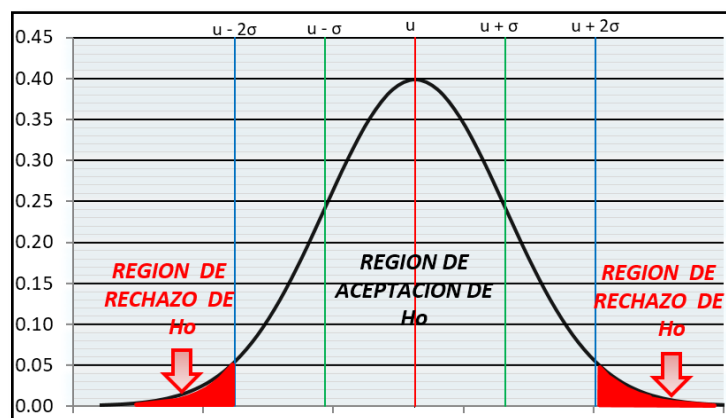


Figura 2.7. Curva de distribución para hipótesis de dos colas.
Fuente: StatKey.com-Theoretical Distribution.

Hipótesis de una cola

La hipótesis establece que existen diferencias entre las medias de los grupos considerados, presuponiendo que una de las dos medias es mayor que la otra. La hipótesis nula establece que no existen diferencias entre dichas medias, o que las diferencias van en sentido contrario a como han sido expresadas en la hipótesis.

$$H_1: \mu_{\bar{X}_{CCA}} > \mu_{\bar{X}_C} \rightarrow H_0: \mu_{\bar{X}_{CCA}} \leq \mu_{\bar{X}_C} \quad \text{o} \quad H_1: \mu_{\bar{X}_{CCA}} < \mu_{\bar{X}_C} \rightarrow H_0: \mu_{\bar{X}_{CCA}} \geq \mu_{\bar{X}_C}$$

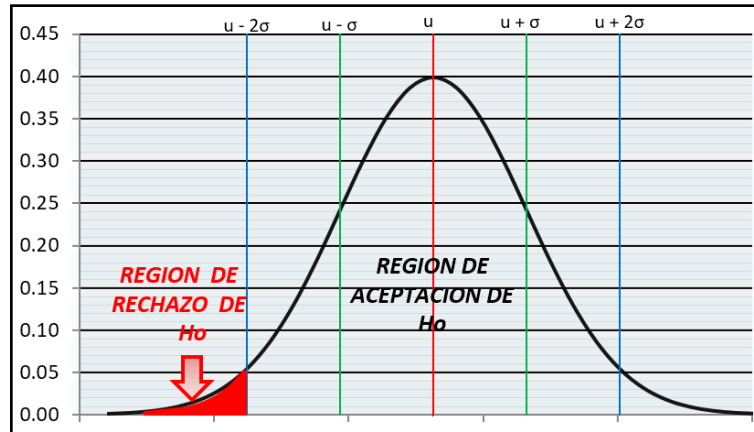


Figura 2.8. Curva de distribución para hipótesis de una cola a la derecha.
Fuente: StatKey.com-Theoretical Distribution.

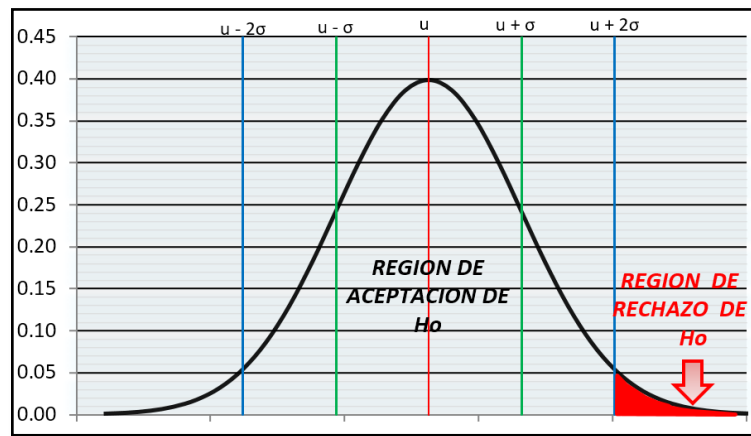


Figura 2.9. Curva de distribución para hipótesis de una cola a la izquierda.
Fuente: StatKey.com-Theoretical Distribution.

Procedimiento de cálculo: El estadístico de prueba para una distribución t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; \quad S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 + 2}}$$

Donde:

- n_1 y n_2 : Tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente.

- \bar{X}_1 y \bar{X}_2 : Medias de las muestras 1 y 2 respectivamente.
- σ_1^2 y σ_2^2 : Varianzas de las muestras 1 y 2 respectivamente.

A continuación se mide la significación del estadístico t_p , comparando ese valor con el valor de un estadístico t_{tabla} que se obtiene mirando las tablas correspondientes (ver anexo G-1).

Para identificar el t_{tabla} que nos corresponde hemos de fijarnos en el número de colas que tiene nuestra hipótesis (una cola o dos colas), en el nivel de significación (α) con el que pretendemos rechazar la hipótesis nula; y en los grados de libertad del test ($n_1 + n_2 - 2$).

- Si $t_p \geq t_{tabla} \rightarrow$ se rechaza H_0 y se acepta H_1 (las medias son diferentes).
- Si $t_p < t_{tabla} \rightarrow$ se acepta H_0 y se rechaza H_1 (las medias son iguales)
(Universidad de Alcalá, Departamento de Ecología. , 2005).

2.6.2. Prueba de hipótesis.

Para poder obtener conclusiones respecto a una población es necesario acudir a la estadística inferencial, que en función a estimadores como son: la desviación estándar, la media, mediana, moda, etc., y técnicas: la prueba de hipótesis y la estimación de parámetros; nos permiten inferir sobre las características de la misma.

La hipótesis en la estadística es una proposición que hace el investigador en base a uno o varios parámetros que permiten que ésta sea aceptada o rechazada respecto a un solo número (estimador puntual), todo el procedimiento de toma de decisiones sobre la hipótesis se llama “PRUEBA DE HIPÓTESIS”.

Para poder utilizar la prueba de hipótesis los datos deberán representar una distribución Normal, lo cual se ha de comprobar en el Capítulo IV. Con la finalidad de evaluar las hipótesis planteadas, se realizó la prueba de hipótesis de igualdad de dos medias y varianzas conocidas.

El esquema para realizar una prueba de hipótesis acerca de un parámetro “u” es el siguiente:

Identificar el parámetro de interés: Es decir en base a qué parámetros se va a evaluar la hipótesis, pudiendo ser este parámetro la media “u” de la Población.

Para el caso de esta investigación el parámetro de interés es la resistencia a la compresión promedio de cada grupo de concreto en estudio, se denotará como “ u ”.

Establecer la hipótesis nula (H_0): La hipótesis nula no tiene alternativas de cambio, está basada en un solo valor exacto del parámetro poblacional, generalmente se construye esta hipótesis como una igualdad ($u_1=u_2$).

Sin embargo para la comparación de dos poblaciones, como es el caso de la presente investigación se plantea la siguiente Hipótesis Nula $H_0: u_1 \leq u_2$.

Especificar una apropiada hipótesis alternativa (H_a): Existen dos tipos de hipótesis alternativa; la primera de ellas es la hipótesis bilateral la cual se utiliza cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica, y la respuesta será “no es igual a”. La segunda es la denominada hipótesis unilateral, que es la que se aplica en esta investigación, se utiliza cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, etc.

- Si $H_a: u_1 > u_2$, significa que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba.
- Si $H_a: u_1 < u_2$, significa que la región crítica se encuentra en la cola inferior de la distribución normal del estadístico de prueba.

Para fines de esta investigación se plantea, $H_a: u_1 > u_2$.

Seleccionar el nivel de significancia ($\alpha = 0.05, 0.01$ o 0.10): Los niveles de significancia más recomendados son:

- $\alpha = 0.10$ con 90% de probabilidad de certeza.
- $\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza.
- $\alpha = 0.01$ con 99% de probabilidad de certeza.

El Nivel de Significancia más usual con el que se analiza los resultados de resistencia del concreto es 0.05, con el cual se determina el t_{tabla} de la tabla de distribución “t” Student Este Nivel de Significancia será utilizado en todos los casos.

Tabla 2.6. Determinación de t_{tabla} para un nivel de significancia de 0.05.

Grados de libertad v	Nivel de significación para pruebas de una cola		
	0.10	0.05	0.025
12	1.356	1.782	2.179
13	1.350	1.771	2.160

Fuente: Del anexo G-1, tabla de distribución “t” de student.

De donde, para un Nivel de Significancia de 0.05, $t_{\text{tabla}} = 1.782$. Este valor se utilizará para todas las pruebas de hipótesis.

Establecer el test estadístico o estadístico de prueba: El Estadístico de Prueba nos va a permitir rechazar o aceptar la hipótesis planteada, en función al valor que se obtenga y al nivel de significancia. Si se tienen dos poblaciones en estudio y se quieren comparar una con la otra.

Se utilizará el método de la “t” de Student para la prueba de Hipótesis, ya que tenemos variables independientes cuantitativas, el número de variables es menor a 30.

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 + 2}}$$

Establecer la región de rechazo para el estadístico: La Región de Rechazo se realiza en base a la puntuación de t_{tabla} obtenido en la tabla (ver anexo G-1) y t_p .

CAPÍTULO III

3. 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, 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.

3.1. MATERIALES EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. Cantera.

Los agregados usados para la elaboración del concreto en la investigación fueron obtenidos de la cantera de Cutimbo, ubicada a 24.30 Km., de la ciudad de Puno rumbo a la ciudad de Moquegua.

El material obtenido en cantera fue transportado al lugar donde se realizó la división de agregado fino y agregado grueso. La ubicación de la cantera permite conocer la accesibilidad al material así como la influencia en el mercado, y su aplicación en la ciudad de Puno, y sus características son las siguientes: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).



Figura 3.1. Traslado de material de la cantera Cutimbo.

3.1.2. Agregado fino.

El agregado fino utilizado para la presente investigación fue extraído de la cantera Cutimbo, con las características de la tabla 3.1. (Ver anexo A).

3.1.3. Agregado grueso.

Se utilizaron los agregados provenientes de la cantera Cutimbo, el tamaño estándar del agregado grueso se ciñe a la gradación N° 57 (ASTM C 33). Y éstos presentan características de la tabla 3.1. (Ver anexo A).

Tabla 3.1. Características de los agregados.

Descripción	unidad	agregados	
		fino	grueso
Tamaño máximo	Pulg	N° 4	3/4 "
Peso específico	gr/cc	2.52	2.49
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1550	1485
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1713	1633
Contenido de humedad	%	2.07	1.46
Absorción	%	3.57	2.49
Módulo de fineza		3.02	6.21

Fuente: Elaboración propia en base a ensayos de laboratorio.

3.1.4. Ceniza de cascara de arroz utilizada.

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. (Percy Loayza Goicochea, 2014)

3.1.4.1. Obtención de la ceniza de cascara de arroz.

La cascara de arroz para el presente trabajo, fue proporcionada por el molino “Villa Hermosa” de la ciudad de Camana ubicado en el pasaje Villa Hermosa N° 150. La ceniza fue quemada en horno de ladrillo, a temperaturas de entre 300⁰C a 500⁰C.



Figura 3.2. Recojo de la cascara de arroz.

Para la obtención de la ceniza de cascara de arroz se utilizó un horno circular de ladrillo, ya que esta técnica de calcinación nos permitirá obtener una ceniza de color

blanco, altamente activa, de naturaleza amorfa y con presencia minoritaria de sílice cristalizada.

Para tener una quema homogénea se utilizó un quemador manual a gas, permitiendo controlar la temperatura de calcinación y para el control de temperatura se utilizó un termómetro tipo reloj para altas temperaturas.



Figura 3.3. Termómetro y quemador a gas.



Figura 3.4. Producto de la calcinación a distintas temperaturas.

Tabla 3.2. Porcentaje de ceniza obtenida a distintas temperaturas.

Temperatura	Tiempo de calcinación	Peso inicial (gr.)	peso final (gr.)	diferencia	% de pérdida por calcinación	% de ceniza obtenida
300°C ±5°C	3 HORAS	1500.00	386.82	1113.18	74.21%	25.79%
400°C ±5°C	3 HORAS	1500.00	365.74	1134.26	75.62%	24.38%
	2 HORAS	1500.00	399.79	1100.21	73.35%	26.65%
500°C ±5°C	2 HORAS	1500.00	339.41	1160.59	77.37%	22.63%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 3.2. Se observa el porcentaje de ceniza obtenida a diferentes temperaturas de calcinación. De las cuales se realizaron el análisis químico, cuyo resultado químico realizado por el laboratorio Analíticos del Sur, que la ceniza más

reactiva y amorfa es aquella obtenida a $500^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ quemado durante 2hrs. Por lo tanto podemos considerar la temperatura de 500°C como la temperatura óptima de calcinación.

3.1.4.2. Características de la ceniza de cascara de arroz.

El tipo de Ceniza utilizada en la investigación corresponde a la ceniza clase F, ya que se requirió la calcinación de la cascara de arroz para obtener resultados favorables con respecto a la composición química de este.

El análisis de la composición química de la ceniza de cascara de arroz se realizó en la ciudad de Arequipa, en Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L., donde los resultados son: (ver Anexo C-1).

Tabla 3.3. Análisis químico de la CCA de la muestra más adecuada.

SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	LOI
82.88	0.364	0.358	0.815	0.415	0.226	1.56	3.54	9.43

Fuente: Certificado de análisis de Laboratorio Analíticos del Sur E.I.R.L. (Anexo C-1)

La norma ASTM C 618 nos indica que:

La suma de los porcentajes de los compuestos: SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃ deben ser como mínimo 70%, de la tabla anterior se observa que la suma de estos elementos es: $82.88\% + 0.815\% + 0.415\% = 84.11\%$ (CUMPLE).

El contenido de Humedad debe ser como máximo el 3%, para la ceniza de cascara de arroz analizada su contenido de humedad, H₂O es 0.47% (CUMPLE).

La pérdida de calcinación debe ser como máximo el 12 %, para la ceniza clase F analizada su pérdida de calcinación LOI es 9.43% (CUMPLE).

Para el análisis físico de la ceniza de cascara de arroz, solo consideraremos el análisis realizado en el laboratorio de Mecánica de suelos y materiales de la Universidad Nacional del Altiplano.

Tabla 3.4. Calculo del peso específico de la CCA.

Descripción	Resultado
peso del cemento (gramos)	50.64
volumen del frasco le chatelier inicial(cm ³)	0.00
volumen del frasco le chatelier final (cm ³)	23.70
peso específico de la CCA	2.14

Fuente: Elaboración propia en base a ensayos de laboratorio.

Por todo lo anunciado anteriormente, podemos decir que la ceniza de cascara de arroz cumple con los requisitos químicos recomendados por la norma ASTM 618.

3.1.4.3. Granulometría de la ceniza de cascara de arroz.

Una vez obtenida la ceniza de cascara de arroz, fueron sometidos a un proceso de molienda por tres veces para así lograr su actividad puzolanica. Posteriormente se realizó el tamizado en la malla N° 325, donde se obtuvo un porcentaje de retenido del 32.17% en el tamiz No. 325 (ver Anexo A-7).

3.1.5. Cemento utilizado.

A partir del 2013, Yura es la encargada de la producción y comercialización de toda la unidad de negocios de cemento, con lo que produce y distribuye la marca “Rumi” de su subsidiaria Cemento Sur S.A. (Aguila P., 2014)

El cemento utilizado es el cemento portland tipo IP de marca Rumi, cuyo peso específico del cemento utilizado, se tomara del certificado de calidad del cemento rumi el cual es: 2.82 (Ver anexo C-2)

3.1.6. Agua.

El agua utilizada en la presente Investigación es Agua Potable para consumo humano tomada directamente de las instalaciones de la ciudad Universitaria. Cuyos resultados se hará referencia a la tesis “Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros súperabsorbentes en la ciudad de Puno” presentado por Parizaca Quispe Ronny Richard, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 3.5. Resultados del análisis físico químico del agua.

Análisis físico químico del agua		
Características organolépticas		
Aspecto		Líquido
Color		Incoloro
Características físico químicas		
pH		7.40
Características químicas		
Alcalinidad como CaCO ₃	mg/l	128.84
Cloruros como CL ⁻	mg	298.73
Sulfatos como SO ₄	mg/l	68.80
Sólidos totales	mg/l	815.00
Sólidos disueltos totales	mg/l	810.00
Conductividad	Micro S/cm	1625.00

Fuente: (Parizaca Quispe , 2015, pág. 146).

Las características físico químicas en comparación con los requisitos de la norma NTP 339.088 y ASTM C 109M, cumplen los límites técnicos establecidos.

3.2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - MÉTODO ACI.

El diseño de mezclas se ha realizado por el método del Comité 211 del ACI, este método desarrolla un procedimiento de diseño de mezclas basadas en algunas tablas, las mismas que permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica del concreto.

3.2.1. Diseño concreto patrón.

A continuación se presenta la secuencia del diseño de mezcla del concreto patrón

Tabla 3.6. Características físicas de los materiales para el diseño.

Descripción	Unidad	Cemento	Agregados	
			Fino	Grueso
Cantera procedencia: rio Cutimbo.		Portland tipo IP		
Tamaño máximo	Pulg		N° 4	3/4 "
Peso específico	gr/cc	2.82	2.52	2.49
Peso unitario suelto	Kg/m ³		1550	1485
Peso unitario compactado	Kg/m ³		1713	1633
Contenido de humedad	%		2.07	1.46
Absorción	%		3.57	2.49
Módulo de fineza			3.02	6.21

Fuente: Elaboración propia en base a ensayos de laboratorio.

Selección de la resistencia Promedio.

Como no contamos con un registro de resultados de ensayos que nos posibilite el cálculo de desviación estándar, entonces la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Resistencia a la compresión promedio.

f'c (kg/cm ²)	f'cr (kg/cm ²)
Menor de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Mayor de 350	f'c + 98

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 63

El f'cr es: 210+84= 294 kg/cm²

Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado.

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

Selección del Asentamiento.

Slump: 3" a 4" (Mezcla plástica).

Selección de volumen unitario de agua de diseño.

Entrando en la tabla 3.8 se determina el volumen unitario de agua, o agua de diseño, necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3” a 4”, en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4”.

Tabla 3.8. Volumen unitario de agua

Asentamiento o SLUMP (mm)	Agua en l/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales del agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 ½ "	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	207	199	190	179	166	154	130	113
80 a 100 (3" a 4")	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 180 (6" a 7")	243	228	216	202	190	178	160	-

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 58

Por lo tanto para una mezcla de consistencia plástica (revenimiento de 3” a 4”), y de tamaño máximo nominal de 3/4”, se tiene un volumen unitario de 205 l/m³.

Selección del contenido de aire

Tabla 3.9. Contenido de aire atrapado.

Tamaño Máximo	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 ½ "	1.0%

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 62

El contenido de aire atrapado para un agregado grueso de TMN de 3/4” es de 2.0%.

Selección de la relación agua-cemento

Tabla 3.10. Relación agua - cemento por resistencia.

f’cr (28 días)	Relación Agua - Cemento de diseño en peso.	
	Concretos Sin Aire	Concretos Con Aire
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 95.

Entrando en la tabla 3.10 para una resistencia promedio correspondiente a 294 kg/cm² en un concreto sin aire incorporado, se encuentra una relación agua-cemento por resistencia de 0.56.

Factor cemento

$$\text{Factor cemento} = 205/0.56 = 366.07 \text{ kg/m}^3 = 8.61 \text{ bolsas/m}^3.$$

Contenido de agregado grueso

Tabla 3.11. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño Máximo Nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos Módulos de Fineza del Agregado Fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas", Pág. 120

Entrando a la tabla 3.11, con el módulo de fineza del agregado fino de 3.02 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4", se encuentra un valor de 0.60 metros cúbicos de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen.

$$\text{Peso del agregado Grueso} = 0.60 \times 1633 = 979.85 \text{ kg/m}^3.$$

Cálculo de volúmenes absolutos

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de volúmenes absolutos de estos ingredientes:

Volumen absoluto de:

Según el análisis físico químico de minerales proporcionado por el área de control de calidad. El peso específico del cemento pórtland IP marca Rumi es: 2.82 (Ver Anexo C-2)

- Cemento: $366.07/2.82 \times 1000 = 0.130 \text{ m}^3$
- Agua: $205/1 \times 1000 = 0.205 \text{ m}^3$
- Aire: $0.02/1 \times 1 = 0.020 \text{ m}^3$
- Agregado Grueso: $979.85/2.49 \times 1000 = 0.393 \text{ m}^3$
- Suma de volúmenes conocidos: $= 0.748 \text{ m}^3$

Contenido de agregado fino

- Volumen absoluto A. Fino = $1 - 0.748 = 0.252 \text{ m}^3$
- Peso del A. Fino Seco = $0.252 \times 2.52 \times 1000 = 635.53 \text{ kg/m}^3$.

Cantidad de materiales por m³ en peso

- Cemento: 366.07 kg/m^3
- Agua de diseño 205.00 Lt/m^3
- Agregado Fino seco: 635.53 kg/m^3
- Agregado Grueso seco: 979.85 kg/m^3
- Peso de la mezcla: 2186.46 kg/m^3

Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

- Agregado Fino = $635.53 \times (1 + 0.021) = 648.67 \text{ kg/m}^3$
- Agregado Grueso = $979.85 \times (1 + 0.015) = 994.20 \text{ kg/m}^3$

Contribución de agua de los agregados

- Humedad superficial de los Agregados
- Agregado Fino = $2.07 - 3.57 = -1.50\%$
- Agregado Grueso = $1.46 - 2.49 = -1.02\%$
- Total = -2.52%
- Aporte de humedad de los Agregados
- Agregado Fino seco: $635.53 * (-0.015) = -9.54 \text{ Lt/m}^3$
- Agregado Grueso seco: $979.85 * (-0.0102) = -10.01 \text{ Lt/m}^3$
- Aporte de humedad de los Agregados: -19.55 Lt/m^3 Agua
- efectiva: $205 - (-19.97) = 224.55 \text{ Lt/m}^3$

Cantidad de materiales corregidos por m³ de concreto

- Cemento: 366.07 kg/m^3
- Agua efectiva: 224.55 Lt/m^3
- Agregado Fino húmedo: 648.67 kg/m^3
- Agregado Grueso húmedo: 994.20 kg/m^3

Proporciones en peso de los materiales corregidos

- Cemento = $366.07/366.07 = 1$
- Agregado Fino = $648.67/366.07 = 1.77$
- Agregado Grueso = $994.20/366.07 = 2.72$
- Agua = $224.55/366.07 = 0.61$

Cantidad de materiales corregidos por Bolsa

- Cemento = 1 x 42.5 = 42.50 Kg/Bl.
- Agua efectiva = 0.61 x 42.5 = 26.11 Lt/Bl.
- Agregado Fino = 1.77 x 42.5 = 75.23 Kg/Bl.
- Agregado Grueso = 2.72 x 42.5 = 115.42 Kg/Bl.

3.2.2. Diseño concreto con sustitución parcial de ceniza de cascara de arroz.

Existen diversidades de recomendaciones para porcentajes en el uso de Puzolanas artificiales, pero en esta investigación tomaremos los porcentajes tomados basados en un máximo de 20% (cantidad adoptada por motivos de ultima trabajabilidad) y divididos en cantidades de 5%, 10%, 15%, y 20 %, los grupos de concretos a diseñar son: M-1 (100%_C+0%_{CCA}), M-2 (95%_C+5%_{CCA}), M-3 (90%_C+5%_{CCA}), M-4 (90%_C+10%_{CCA}), M-5 (85%_C+5%_{CCA}), M-6(85%_C+ 10%_{CCA}), M-7 (85%_C+15%_{CCA}), M-8(80%_C+5%_{CCA}), M-9(80%_C+10%_{CCA}) y M-10(80%_C+20%_{CCA}).

Aplicación del método de peso equivalente.

El Instituto Americano del Concreto, adopta el uso de cenizas volantes en sus recomendaciones para dosificar mezclas de Concreto (ACI 211.1). Como regla general el ACI recomienda tratar las cenizas solo como un sustituto parcial del cemento, por lo que anota que en el proceso de dosificación ella debe tenerse en cuenta en la estimación de la relación agua-cemento (que ahora será agua – material cementante y se notará como $A/(C+P)$), en la determinación del contenido de cemento (C), y por supuesto, en la determinación del contenido de cenizas (P).

Cuando una ceniza volante es usada para la fabricación del concreto, se debe considerar una nueva relación agua conglomerante $A/(C+P)$, es decir (Agua/(cemento + puzolana)). En lugar de la relación agua – cemento (A/C) usada en el método anterior. Existen dos procedimientos para la determinación de una $A/(C+P)$: El método por peso equivalente y el método de los volúmenes absolutos equivalente.

Para esta investigación se utiliza el medo por peso equivalente, la relación es la misma directamente.

$$\frac{A}{C+P} = \frac{A}{C}; \text{Equivalencia en peso.}$$

El proceso de diseño de mezclas por este método se detalla en el Anexo E-2, donde se sigue el procedimiento indicado en el acápite anterior.

Enseguida se muestra el resumen de las proporciones halladas:

Tabla 3.12. Resumen de Materiales por el método de peso equivalente.

Descripción	PESO kg/m ³									
	100%	95%	90%	90%	85%	85%	85%	80%	80%	80%
% Cemento	100%	95%	90%	90%	85%	85%	85%	80%	80%	80%
% CCA	0%	5%	5%	10%	5%	10%	15%	5%	10%	20%
Cemento	366.07	347.77	329.46	329.46	311.16	311.16	311.16	292.86	292.86	311.16
Ceniza	0.00	18.30	18.30	36.61	18.30	36.61	54.91	18.30	36.61	54.91
Ag. fino húmedo	648.67	643.85	660.55	638.54	677.24	655.24	633.24	693.94	671.94	633.24
Agregado grueso	994.20	994.20	994.20	994.20	994.20	994.20	994.20	994.20	994.20	994.20
Agua (lt)	224.55	224.48	224.73	224.41	224.97	224.65	224.33	225.22	224.90	224.33
A/C	0.56	--	--	--	--	--	--	--	--	--
A/(C+P)	--	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
A/(C+P) efectivo	0.61	0.61	0.65	0.61	0.68	0.65	0.61	0.72	0.68	0.61
Material cement.	366.07	366.07	347.77	366.07	329.46	347.77	366.07	311.16	329.46	366.07

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.13. Resumen de material para un volumen de 0.06 m³ de concreto.

Descripción	cantidad de material corregido para un volumen de 0.06 m ³ de concreto									
	100%	95%	90%	90%	85%	85%	85%	80%	80%	80%
% Cemento	100%	95%	90%	90%	85%	85%	85%	80%	80%	80%
% CCA	0%	5%	5%	10%	5%	10%	15%	5%	10%	20%
Cemento	21.96	20.87	19.77	19.77	18.67	18.67	18.67	17.57	17.57	18.67
Ceniza	0.00	1.10	1.10	2.20	1.10	2.20	3.29	1.10	2.20	3.29
Ag. fino húmedo	38.92	38.63	39.63	38.31	40.63	39.31	37.99	41.64	40.32	37.99
Ag. grueso h.	59.65	59.65	59.65	59.65	59.65	59.65	59.65	59.65	59.65	59.65
Agua (lt)	13.47	13.47	13.48	13.46	13.50	13.48	13.46	13.51	13.49	13.46
Material cementante	21.96	21.96	20.87	21.96	19.77	20.87	21.96	18.67	19.77	21.96

Fuente: Elaboración propia.

3.3. ELABORACIÓN DE CONCRETO.

Una vez obtenido el diseño de mezcla, se procedió a la elaboración de concreto para el vaciado del mismo en todos los moldes necesarios para realizar los ensayos contemplados a fin de cumplir con los objetivos de la presente investigación, siendo el procedimiento consistente con la norma ASTM C31.

Para secuencia y tiempo de mezclado no existe una norma que defina el procedimiento para cargar la mezcladora; sin embargo, con la finalidad de obtener una muestra homogénea y uniforme de concreto fresco, en la investigación se hizo uso de la secuencia y tiempo de mezclado mostrado en la Figura 3.6, además en la Imagen se puede observar la operación in situ, (ver figura 3.5).

La ASTM señala que tiempos de mezclado inferiores al minuto y medio, producen concretos de características variables. Sin embargo, a partir de los dos

minutos, no se obtiene un mejoramiento de la mezcla. La resistencia es menos afectada por el tiempo de mezclado, especialmente luego de los dos minutos.



Figura 3.5. Mezclado de concreto.

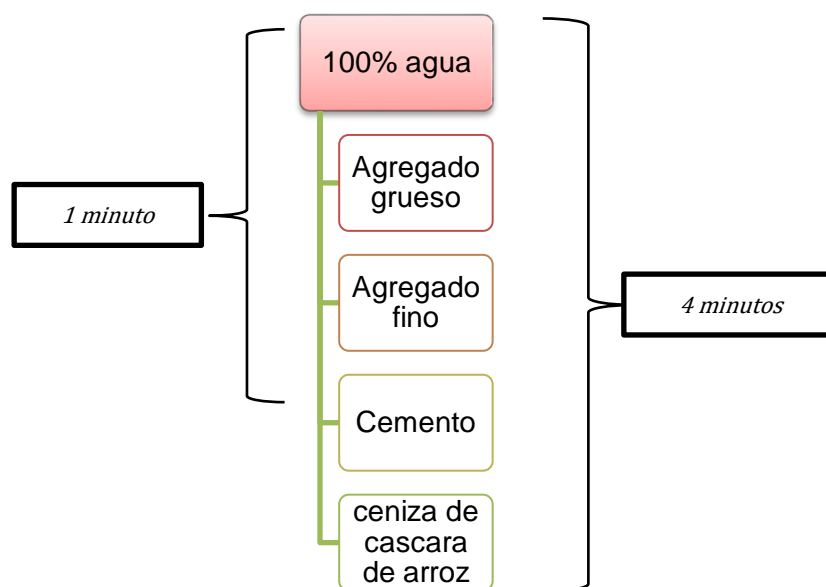


Figura 3.6. Secuencia y tiempo de mezclados empleados

3.3.1. Probetas de concreto.

Para la presente investigación se utilizó probetas cilíndricas de 6"x12" y 4" x 8", luego se almacenaron hasta que endurezcan en las condiciones de curado.

Para comprobar las modificaciones entre briquetas de 6"x12" y las de 4"x8" se realizó una comparación entre ambas llegando a resultados semejantes.



Figura 3.7. Llenado de moldes y apisonado de mezcla de concreto en tres capas iguales.



Figura 3.8. Moldes vaciados de dos grupo de concreto.

3.3.2. Curado del concreto.

Respecto al curado, el reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E-60, indica: “El concreto deberá ser curado y mantenido sobre los 10°C por lo menos los 7 primeros días después de su colocación; en el caso de concreto con alta resistencia inicial este tiempo podrá reducirse a 3 días. Si se usa cemento tipo IP o IPM el curado deberá mantenerse como mínimo los primeros 10 días.”.

Las muestras de concreto han sido extraídas de los moldes a las 24 horas del vaciado, Según la Norma ASTM C – 192 las muestras deben ser sumergidas en agua o en un ambiente con un 95% de humedad relativa y a una temperatura mínima de $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Pero esta condición de la temperatura para efectos del presente trabajo, no se ha cumplido, se ha tomado la decisión que el agua usada en el proceso de curado sea la misma que viene de la red pública. En lo posible se ha tratado de mantener la

temperatura del agua de curado a 13°C, ya que estas temperaturas son muy representativo de la realidad tanto en la ciudad de Puno.

Enseguida dichas muestras fueron introducidas en la poza de curado hasta esperar el momento de su rotura y ser sometidas a los ensayos de compresión a los 14, 28 y 56 días.



Figura 3.9. Poza para curado.

3.4. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO.

3.4.1. Ensayo de asentamiento.

El ensayo se realizó una vez finalizada cada tandada de concreto, utilizando el cono de Abrams y equipos necesarios, según lo descrito en la Norma Técnica Peruana NTP 339.035, como se muestra en la figura.



Figura 3.10. Ensayo de asentamiento cono de Abrams.

3.4.2. Ensayo de temperatura.

La norma NTP 339.184 señala el procedimiento para determinar la temperatura de mezcla de concreto en estado fresco.

Para medir y registrar la temperatura del concreto; primeramente debemos colocar el dispositivo a una profundidad de 75 mm (3 pulg); finalmente debemos esperar 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. En se puede observar las operaciones en laboratorio.



Figura 3.11. Realización del ensayo de temperatura del concreto.

3.5. ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO.

3.5.1. Ensayo de resistencia a compresión.

Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron según la norma del ASTM C39 y la NTP 339.034 como se muestra en la figura 3.10. Se utilizaron probetas cilíndricas de 150 mm x 300 mm de altura y 10 mm x 20mm. Para cada tipo de grupo de concreto se ensayaron 13 probetas a 14 días, otros a 28 días y finalmente otro a 56 días.



Figura 3.12. Ensayo de resistencia a compresión.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. RESULTADO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

4.1.1. Asentamiento.

La consistencia de la mezcla es afectada por la aplicación de la ceniza de cascara de arroz, así como se observa en la tabla 4.1:

Tabla 4.1. Medida de asentamientos tomados en diferentes fechas de vaciado

Concreto con:		Asentamiento medio (SLUMP)			
Cemento	CCA	1 er. Ensayo	2do. Ensayo	SLUMP (pulgadas)	Trabajabilidad
100%	0%	8.50	8.48	3.34	Trabajable
95%	5%	8.22	8.18	3.23	Trabajable
90%	5%	8.30	8.20	3.25	Trabajable
90%	10%	8.12	8.11	3.19	Trabajable
85%	5%	8.20	8.12	3.21	Trabajable
85%	10%	7.80	7.65	3.04	Trabajable
85%	15%	7.65	7.50	2.98	Poco trabajable
80%	5%	7.82	7.60	3.04	Trabajable
80%	10%	6.65	6.62	2.61	Poco trabajable
80%	20%	6.25	6.15	2.44	Poco trabajable

Fuente: Elaboración propia.

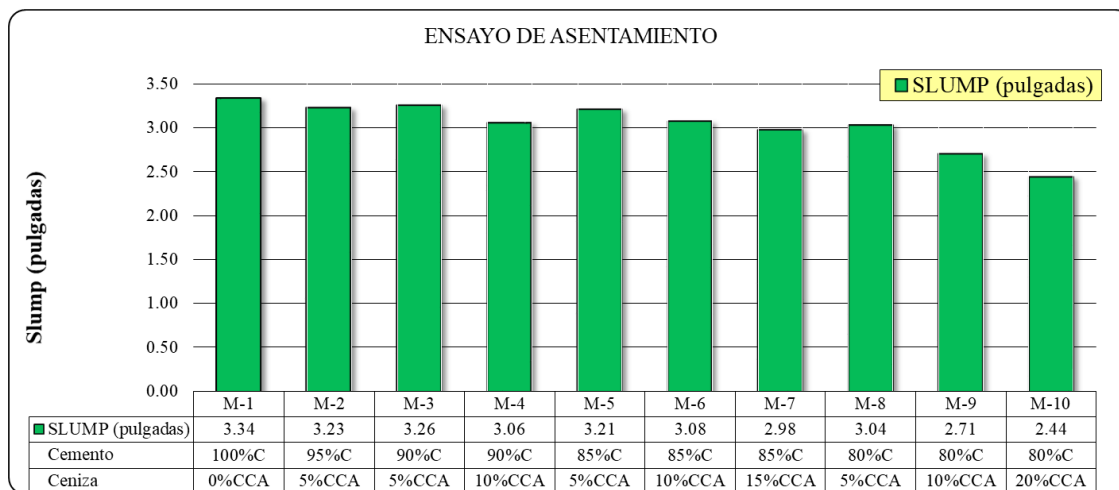


Figura 4.1. Efecto del % de CCA en el asentamiento de las mezclas de concreto.

El asentamiento de diseño fue de 3” a 4” (concreto trabajable), considerando así a la mezcla con consistencia plástica, además se tuvo pequeñas variaciones de cantidad de agua, debido a la sustitución parcial al cemento por ceniza de cascara de arroz.

En la tabla 4.1 y figura 4.1, Se observa que el valor de asentamiento para el concreto patrón M-1 (100%_C+0%_{CCA}) fue de 3.34”, disminuyendo mínimamente en los concretos donde se obtuvo mejoras en la resistencias a la compresión en 3.23”, 3.25” y

3.19” correspondiente a los concreto M-2 (95%_C+5%_{CCA}), M-3 (90%_C+5%_{CCA}) y M-4 (90%_C+10%_{CCA}). También se observa que a mayor porcentaje de ceniza de cascara de arroz disminuye notablemente la trabajabilidad del concreto fresco. Esto se debe a la densidad, que es mucho menor a la del cemento.

4.1.2. Temperatura.

Se ha realizado un control de la temperatura en el concreto durante 5 horas, considerando la muestra de concreto de diseño inicial y las muestras con ceniza de cascara de arroz en 5%, 10%, 15% y 20%, tomando en cuenta la evaluación de las probetas programadas a los 28 días de rotura, para fines prácticos de la investigación. A continuación se indican los registros obtenidos.

Tabla 4.2. Control de temperatura interna del concreto.

Tipo de Dosificación			Temperatura por horas				
Grupo	Cemento	Ceniza	1 hora	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas
M-1	100% _C	0% _{CCA}	19.8	17.1	15.7	15.3	14.5
M-2	95% _C	5% _{CCA}	20.5	18.5	16.6	15.9	15.6
M-3	90% _C	5% _{CCA}	19.8	18.3	16.4	15.8	15.2
M-4	90% _C	10% _{CCA}	20.1	19.2	16.8	16.3	15.5
M-5	85% _C	5% _{CCA}	18.7	16.9	15.4	15.1	14.2
M-6	85% _C	10% _{CCA}	20	17.2	15.8	14.6	13.8
M-7	85% _C	15% _{CCA}	18.7	16.4	15.7	14.7	13.7
M-8	80% _C	5% _{CCA}	18.6	15.8	15.2	14.6	13.2
M-9	80% _C	10% _{CCA}	19.5	17.2	15.4	14.7	13.8
M-10	80% _C	20% _{CCA}	19.6	16.8	15.5	14.5	14.1

Fuente: Elaboración propia.

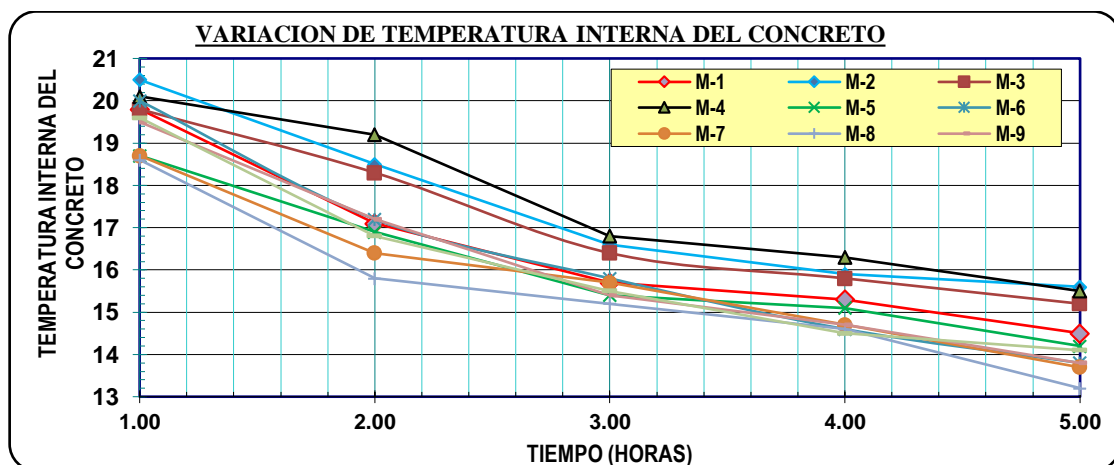


Figura 4.2. Evolución de la temperatura interna del concreto.

Analizando los datos de la tabla 4.2 y figura 4.2, se puede notar que la temperatura interna del concreto M-1 (95%_C+5%_{CCA}), M-2 (90%_C+5%_{CCA}) y M-3 (90%_C+10%_{CCA}) es mayor al concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$, mientras que en los grupos de concreto M-5 (85%_C+5%_{CCA}), M-6, (85%_C+10%_{CCA}), M-7 (85%_C+15%_{CCA}),

M-8 (80%_C+5%_{CCA}), M-9 (85%_C+10%_{CCA}) y M-10 (85%_C+20%_{CCA}) disminuye la temperatura interna.

4.2. RESULTADO DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

La tabla 4.3 se presentan los resultados promedio de la resistencia a compresión alcanzadas a 14, 28 y 56 días de edad del concreto patrón M-1 (100%_C+0%_{CCA}) y de los concretos con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz.

Tabla 4.3. Resumen resultados del ensayo de resistencia a la compresión.

Tipo de Dosificación			Promedio - resistencia a la compresión		
Grupo	Cemento	Ceniza	14 días	28 días	56 días
M-1	100% _C	0% _{CCA}	171.30	213.09	227.67
M-2	95% _C	5% _{CCA}	179.69	216.22	234.26
M-3	90% _C	5% _{CCA}	167.84	214.58	229.28
M-4	90% _C	10% _{CCA}	164.26	223.67	241.25
M-5	85% _C	5% _{CCA}	144.94	184.07	199.88
M-6	85% _C	10% _{CCA}	159.82	205.53	214.87
M-7	85% _C	15% _{CCA}	126.05	165.26	187.44
M-8	80% _C	5% _{CCA}	129.95	175.93	179.98
M-9	80% _C	10% _{CCA}	142.33	179.49	201.46
M-10	80% _C	20% _{CCA}	122.34	159.08	175.67

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados (Anexo B-1).

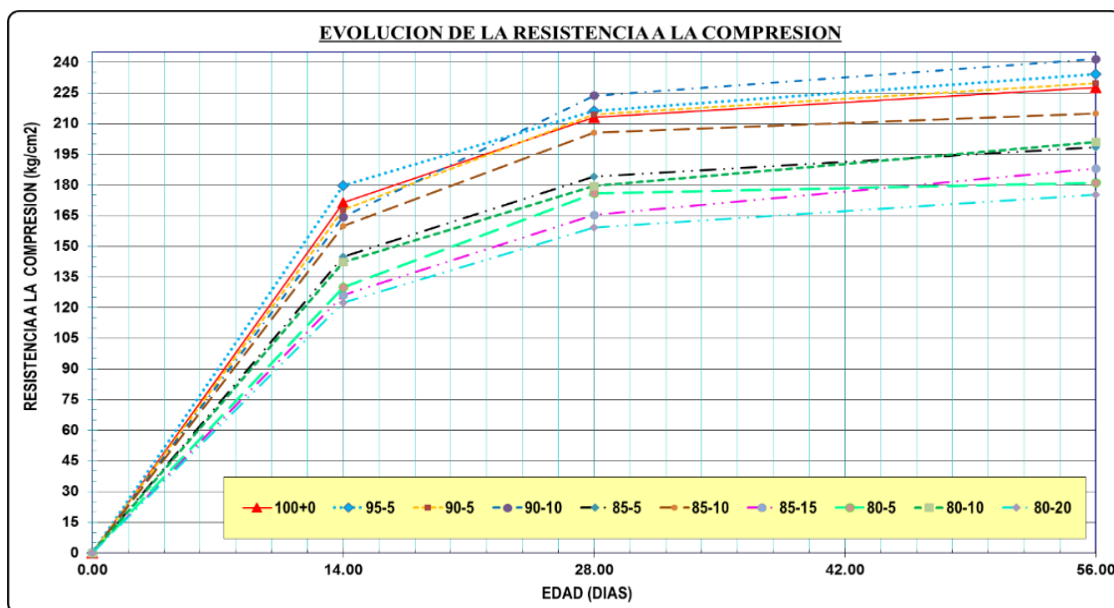


Figura 4.3. Evolución de la resistencia a la compresión 14, 28 y 56 días, para los grupos de prueba.

Analizando los datos de la tabla 4.3 y figura 4.3, se puede notar que la resistencia promedio a la compresión a los 28 días de edad que se obtiene para el concreto patrón M-1 (100%_C+0%_{CCA}), es de 213.09 kg/cm², alcanzado así la resistencia de diseño (210 kg/cm²). En cuanto a los resultados de los concreto M-1 (95%_C+5%_{CCA}), M-2 (90%_C+5%_{CCA}) y M-3 (90%_C+10%_{CCA}), se puede observar que la resistencia a la

compresión a los 28 días es superior en 1.47%, 0.70% y 4.96% respecto al concreto patrón.

4.3. DISCUSIÓN DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Para la presente investigación se realizó ensayos a los siguientes materiales usados:

Agregado fino: En la presente investigación es de la cantera rio Cutimbo. En la gráfica de la curva granulométrica (ver Anexo A-2) se puede apreciar que la curva se encuentra dentro de los límites determinados por la Norma NTP 400.012.

Agregado grueso: Es de la cantera Cutimbo. En la gráfica de la curva granulométrica (ver Anexo A-3) se puede apreciar que la curva se encuentra dentro de los límites determinados por el Huso 57, determinado por la Norma NTP 400.037.

La ceniza de cascara de arroz: Cumple con la norma ASTM-C-618-03 con respecto a la composición química (ver Anexo C-1).

Agua: se utilizó agua red pública (UNA PUNO), al ser potable el agua es apto para la elaboración del concreto según la norma NTP 339.088

Se ensayaron los agregados finos y gruesos para poder hallar sus propiedades físicas.

Para el concreto patrón, la dosificación de cemento, agua, agregado fino y grueso se hallaron de acuerdo a las tablas indicadas en el método de diseño de mezclas del ACI 211.1., y para concretos con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz se utilizó el mismo diseño anterior descrito con la única diferencia que la sustitución de los porcentajes con respecto al peso del cemento, considerando el mismo slump y relación a/c (Aplicación del método de peso equivalente) para todas las muestras.

Las condiciones de curado fueron a la temperatura aproximada de 13°C.

4.4. DISCUSIÓN DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.

4.4.1. Resistencia a compresión.

De acuerdo a los resultados de la tabla 4.2 obtenemos la siguiente tabla 4.4.

Tabla 4.4. Resistencia a la compresión promedio obtenido.

Tipo de Dosificación			Promedio - resistencia a la compresión			% Variación de f'c		
Grupo	Cemento	Ceniza	14 días	28 días	56 días	14 días	28 días	56 días
M-1	100% _C	0% _{CCA}	171.30	213.09	227.67	-	-	-
M-2	95% _C	5% _{CCA}	179.69	216.22	234.26	4.90%	1.47%	2.90%
M-3	90% _C	5% _{CCA}	167.84	214.58	229.28	-2.02%	0.70%	0.71%
M-4	90% _C	10% _{CCA}	164.26	223.67	241.25	-4.11%	4.96%	5.97%
M-5	85% _C	5% _{CCA}	144.94	184.07	199.88	-15.39%	-13.62%	-12.21%
M-6	85% _C	10% _{CCA}	159.82	205.53	214.87	-6.70%	-3.55%	-5.62%
M-7	85% _C	15% _{CCA}	126.05	165.26	187.44	-26.41%	-22.45%	-17.67%
M-8	80% _C	5% _{CCA}	129.95	175.93	179.98	-24.14%	-17.44%	-20.95%
M-9	80% _C	10% _{CCA}	142.33	179.49	201.46	-16.91%	-15.77%	-11.51%
M-10	80% _C	20% _{CCA}	122.34	159.08	175.67	-28.58%	-25.35%	-22.84%

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados (Anexo B-1)

4.4.2. Interpretación de datos: concreto patrón (CP) – concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz.

- El concreto patrón M-1 (100%_C+0%_{CCA}), tiene una resistencia promedio a la compresión de 213.09 kg/cm² con un incremento de 1.47% a la edad de 28 días y de 227.67 kg/cm² a la edad de 56 días con un incremento adicional de 6.84% con respecto a la anterior, con lo que se comprueba el funcionamiento correcto del diseño de mezclas por el método ACI.
- El concreto M-2 (95%_C+5%_{CCA}), tiene una resistencia promedio a la compresión de 216.22 kg/cm² con un incremento de 1.47% a la edad de 28 días y de 234.26 kg/cm² con un incremento adicional de 2.90% a la edad de 56 días, con respecto a la resistencia promedio a la compresión del concreto patrón.
- El concreto M-3 (90%_C+5%_{CCA}), tiene una resistencia promedio a la compresión de 214.58 kg/cm² con un incremento de 0.70% a la edad de 28 días y de 229.28 kg/cm² con un incremento adicional de 0.71% a la edad de 56 días, con respecto a la resistencia promedio a la compresión del concreto patrón.
- El concreto M-4 (90%_C+10%_{CCA}), tiene una resistencia promedio a la compresión de 223.67 kg/cm² con un incremento de 4.96% a la edad de 28 días y de 241.25 kg/cm² con un incremento adicional de 5.97% a la edad de 56 días, con respecto a la resistencia promedio a la compresión del concreto patrón.
- El concreto M-5 (85%_C+5%_{CCA}), tiene una resistencia promedio a la compresión de 184.07 kg/cm² con una disminución de -13.62% a la edad de 28 días y de 199.88 kg/cm² con una disminución de -12.21% a la edad de 56 días, con respecto a la resistencia promedio a la compresión del concreto patrón.

- El concreto M-6 ($85\%_C+10\%_{CCA}$), tiene una resistencia promedio a la compresión de 205.53 kg/cm^2 con una disminución de -3.55% a la edad de 28 días y de 214.87 kg/cm^2 con una disminución de -5.62% a la edad de 56 días, con respecto a la resistencia promedio a la compresión del concreto patrón.
- El concreto M-7 ($85\%_C+15\%_{CCA}$), tiene una resistencia promedio a la compresión de 165.26 kg/cm^2 con una disminución de -22.45% a la edad de 28 días y de 187.44 kg/cm^2 con una disminución de -17.67% a la edad de 56 días, con respecto a la resistencia promedio a la compresión del concreto patrón.
- El concreto M-8 ($80\%_C+5\%_{CCA}$), tiene una resistencia promedio a la compresión de 175.93 kg/cm^2 con una disminución de -17.44% a la edad de 28 días y de 179.98 kg/cm^2 con una disminución de -20.95% a la edad de 56 días, con respecto a la resistencia promedio a la compresión del concreto patrón.
- El concreto M-9 ($80\%_C+10\%_{CCA}$), tiene una resistencia promedio a la compresión de 179.49 kg/cm^2 con una disminución de -15.77% a la edad de 28 días y de 201.46 kg/cm^2 con una disminución de -11.51% a la edad de 56 días, con respecto a la resistencia promedio a la compresión del concreto patrón.
- El concreto M-10 ($80\%_C+20\%_{CCA}$), tiene una resistencia promedio a la compresión de 159.08 kg/cm^2 con una disminución de -25.35% a la edad de 28 días y de 175.67 kg/cm^2 con una disminución de -22.84% a la edad de 56 días, con respecto a la resistencia promedio a la compresión del concreto patrón.

4.5. ANÁLISIS DE COSTOS.

En este apartado se analiza el costo de producción de los diez tipos de dosificaciones, donde se realizará sólo con los materiales que intervienen en la mezcla para 1 m^3 de concreto, además se tuvo en cuenta la procedencia de la cascara de arroz.

- Considerando un costo de traslado de S/4 000.00 desde la ciudad de Camana hasta la ciudad de Puno por la cantidad de 30 Toneladas, se tendría que para una tonelada el costo sería de S/. 133.33.
- El costo de la cascara de arroz por un saco de 25 Kg. Se adquirió por S/. 3.00 cada uno. Entonces por Tonelada tendríamos un costo de S/. 120.00/tonelada
- Obtención de la ceniza de cáscara de arroz, por ser un desecho agroindustrial. Se citara los costos referidos a otro tipo de puzolana artificial tales como son:

Ceniza Volante:

El costo de ceniza de cascara de arroz por metro cubico es S/. 232.54 y para una tonelada vendría hacer: S/. 108.66. (Iglesias Valdivia & Yupanqui Quenta, 2016)

Y finalmente considerando todos los gastos realizados para tener la ceniza de cascara de arroz como puzolana puesto en obra se tendría un costo de: S/.133.33 + S/. 120.00 + S/. 108.66 = 361.66/ Tonelada o también de S/. 0.36 / Kilogramo.

Según (Isidro Perca, 2017), los costos unitarios por metro cúbico del agregado fino y grueso en la región de Puno es S/. 34.10 y S/. 27.44 respectivamente.

En las siguientes tablas se muestra el costo de materiales para la elaboración de cada tipo de concreto con diferentes porcentajes de ceniza de cascara de arroz:

Tabla 4.5. Costo unitario de materiales para el concreto: 100%*c* + 0%*CCA* (CP).

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 100%	366.07 kg/m ³	8.61 bls	S/. 22.00	S/. 189.50
CCA 0%	0.00 kg/m ³	0.00 kg	S/. 0.36	S/. 0.00
Agregado Fino	648.67 kg/m ³	0.25 m ³	S/. 34.10	S/. 8.69
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	224.55 Lt/m ³	0.22 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 209.61

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.6. Costo unitario de materiales para el concreto: 95%*c* + 5%*CCA*.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 95%	347.77 kg/m ³	8.18 bls	S/. 22.00	S/. 180.02
CCA 5%	18.30 kg/m ³	18.30 kg	S/. 0.36	S/. 6.59
Agregado Fino	643.85 kg/m ³	0.25 m ³	S/. 34.10	S/. 8.63
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	224.48 Lt/m ³	0.22 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 206.66

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.7. Costo unitario de materiales para el concreto: 90%*c* + 5%*CCA*.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 90%	329.46 kg/m ³	7.75 bls	S/. 22.00	S/. 170.55
CCA 5%	18.30 kg/m ³	18.30 kg	S/. 0.36	S/. 6.59
Agregado Fino	660.55 kg/m ³	0.26 m ³	S/. 34.10	S/. 8.85
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	224.73 Lt/m ³	0.22 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 197.41

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.8. Costo unitario de materiales para el concreto: 90%*c* + 10%*CCA*.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 90%	329.46 kg/m ³	7.75 bls	S/. 22.00	S/. 170.55
CCA 10%	36.61 kg/m ³	36.61 kg	S/. 0.36	S/. 13.18
Agregado Fino	638.54 kg/m ³	0.25 m ³	S/. 34.10	S/. 8.56
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	224.41 Lt/m ³	0.22 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 203.70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.9. Costo unitario de materiales para el concreto: 85%_c + 5%_{CCA}.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 85%	311.16 kg/m ³	7.32 bls	S/. 22.00	S/. 161.07
CCA 5%	18.30 kg/m ³	18.30 kg	S/. 0.36	S/. 6.59
Agregado Fino	677.24 kg/m ³	0.27 m ³	S/. 34.10	S/. 9.08
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	224.97 Lt/m ³	0.22 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 188.16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.10. Costo unitario de materiales para el concreto: 85%_c + 10%_{CCA}.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 85%	311.16 kg/m ³	7.32 bls	S/. 22.00	S/. 161.07
CCA 10%	36.61 kg/m ³	36.61 kg	S/. 0.36	S/. 13.18
Agregado Fino	655.24 kg/m ³	0.26 m ³	S/. 34.10	S/. 8.78
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	224.65 Lt/m ³	0.22 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 194.45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.11. Costo unitario de materiales para el concreto: 85%_c + 15%_{CCA}.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 85%	311.16 kg/m ³	7.32 bls	S/. 22.00	S/. 161.07
CCA 15%	54.91 kg/m ³	54.91 kg	S/. 0.36	S/. 19.77
Agregado Fino	633.24 kg/m ³	0.25 m ³	S/. 34.10	S/. 8.49
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	224.33 Lt/m ³	0.22 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 200.75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.12. Costo unitario de materiales para el concreto: 80%_c + 5%_{CCA}.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 80%	292.86 kg/m ³	6.89 bls	S/. 22.00	S/. 151.60
CCA 5%	18.30 kg/m ³	18.30 kg	S/. 0.36	S/. 6.59
Agregado Fino	693.94 kg/m ³	0.27 m ³	S/. 34.10	S/. 9.30
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	225.22 Lt/m ³	0.23 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 178.91

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.13. Costo unitario de materiales para el concreto: 80%_c + 10%_{CCA}.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 80%	292.86 kg/m ³	6.89 bls	S/. 22.00	S/. 151.60
CCA 10%	36.61 kg/m ³	36.61 kg	S/. 0.36	S/. 13.18
Agregado Fino	671.94 kg/m ³	0.26 m ³	S/. 34.10	S/. 9.00
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	224.90 Lt/m ³	0.22 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 185.21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14. Costo unitario de materiales para el concreto: 80%_c + 20%_{CCA}.

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m ³
Cemento 80%	311.16 kg/m ³	7.32 bls	S/. 22.00	S/. 161.07
CCA 20%	54.91 kg/m ³	54.91 kg	S/. 0.36	S/. 19.77
Agregado Fino	633.24 kg/m ³	0.25 m ³	S/. 34.10	S/. 8.49
Agregado Grueso	994.20 kg/m ³	0.38 m ³	S/. 27.44	S/. 10.41
Agua	224.33 Lt/m ³	0.22 m ³	S/. 4.50	S/. 1.01
Costo total para 1 m³ de concreto en soles				S/. 200.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.15. Resumen costo unitario de materiales.

Concreto con:	Precio	% de costo	% de variación de costos
Cemento 100% _C + 0% _{CCA}	S/. 209.61	100.00%	-
Cemento 95% _C + 5% _{CCA}	S/. 206.66	98.59%	-1.41%
Cemento 90% _C + 5% _{CCA}	S/. 197.41	94.18%	-5.82%
Cemento 90% _C + 10% _{CCA}	S/. 203.70	97.18%	-2.82%
Cemento 85% _C + 5% _{CCA}	S/. 188.16	89.77%	-10.23%
Cemento 85% _C + 10% _{CCA}	S/. 194.45	92.77%	-7.23%
Cemento 85% _C + 15% _{CCA}	S/. 200.75	95.77%	-4.23%
Cemento 80% _C + 5% _{CCA}	S/. 178.91	85.35%	-14.65%
Cemento 80% _C + 10% _{CCA}	S/. 185.21	88.36%	-11.64%
Cemento 80% _C + 20% _{CCA}	S/. 200.75	95.77%	-4.23%

Fuente: Elaboración propia.

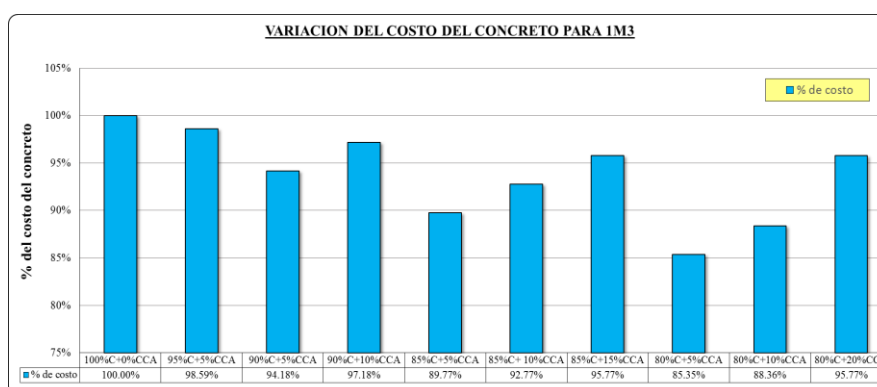


Figura 4.4. Variación del costo del concreto para 1m³.

Analizando los datos de la tabla 4.15 y figura 4.5 se puede apreciar que los concretos con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz presentan un ahorro que va desde el 1.43% al 5.82% en los diseños 95%_C+5%_{CCA} y 90%_C+5%_{CCA}, respecto a los concretos que tuvieron mejoras en su resistentes. El concreto 90%_C+5%_{CCA}, alcanzado así la resistencia de diseño 210 kg/cm², la cual es la más económica.

4.6. ANÁLISIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.

4.6.1. Análisis estadístico.

El proceso de cálculo de la distribución normal e histograma de frecuencias del concreto patrón M-1 y el concreto con sustitución de diferentes porcentajes de ceniza de cascara de arroz se detalla en el anexo F-1, donde se sigue el procedimiento indicado en el acápite anterior.

Para tener la certeza y confiabilidad de los resultados obtenidos son válidos se evaluó por los siguientes parámetros: desviación standard y coeficiente de variación, conjuntamente con la gráfica de distribución normal con los datos de resistencia a compresión a los 28 días:

Tabla 4.16. Análisis Estadístico CP (100%_C+0%_{CCA}) – Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación de datos	
100% _C +0% _{CCA} -1	214.11	1.02	1.03	Descripción	Valor
100% _C +0% _{CCA} -2	214.36	1.26	1.59	n	7.00
100% _C +0% _{CCA} -3	214.56	1.46	2.15	X _i	213.09
100% _C +0% _{CCA} -4	212.26	-0.83	0.70	∑(X-X _i) ²	12.33
100% _C +0% _{CCA} -5	211.42	-1.67	2.79	Varianza σ ²	2.05
100% _C +0% _{CCA} -6	213.76	0.67	0.44	Des. Est. σ	1.43
100% _C +0% _{CCA} -7	211.19	-1.90	3.63	CV	0.67 %
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			Excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			Excelente	

Fuente: elaboración Propia.

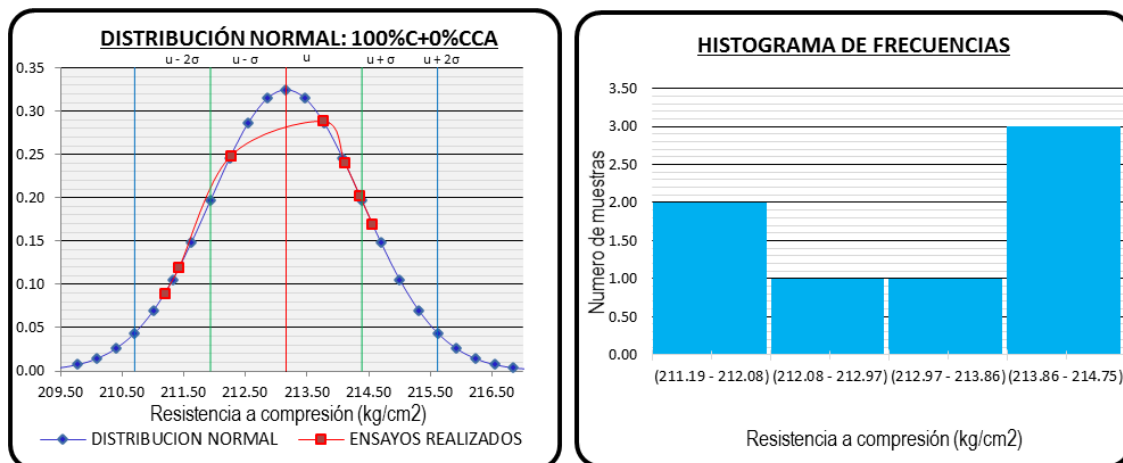


Figura 4.5. Distribución normal: concreto patrón (100%_C+0%_{CCA}).

Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)

Interpretación de tabla 4.16 y la figura 4.6:

Observando la tabla 4.16 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto patrón M-1 (100%_C+0%_{CCA}) presenta una desviación estándar de 1.43 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 0.67 menor a 2 considerado como excelente. Tal como muestra la figura 4.6 existe una dispersión en todos los intervalos.

Tabla 4.17. Análisis Estadístico 95%_C+5%_{CCA} – Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación de datos	
95% _C +5% _{CCA} -1	216.75	0.53	0.28	Descripción	Valor
95% _C +5% _{CCA} -2	216.37	0.15	0.02	n	7.00
95% _C +5% _{CCA} -3	217.91	1.69	2.86	X _i	216.22
95% _C +5% _{CCA} -4	217.85	1.63	2.65	∑(X-X _i) ²	16.18
95% _C +5% _{CCA} -5	216.42	0.20	0.04	Varianza σ ²	2.70
95% _C +5% _{CCA} -6	213.25	-2.97	8.85	Des. Est. σ	1.64
95% _C +5% _{CCA} -7	215.00	-1.22	1.49	CV	0.76
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			Excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			Excelente	

Fuente: elaboración Propia.

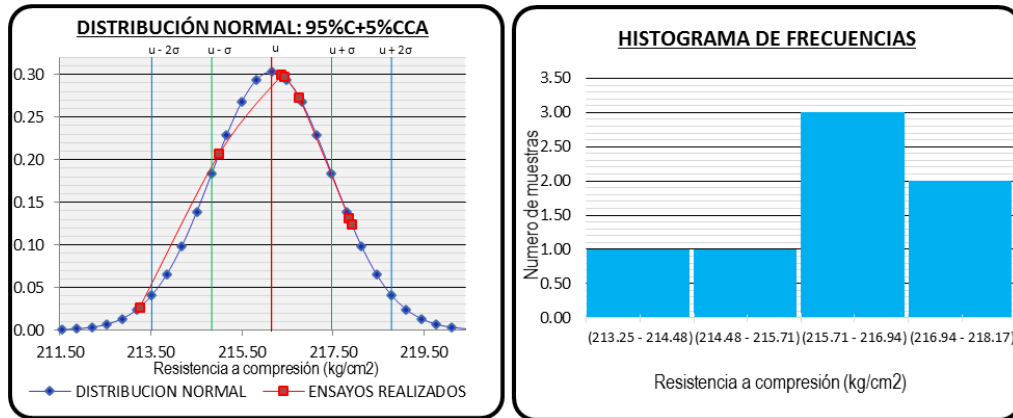


Figura 4.6. Distribución normal: concreto patrón (95%_c+5%_{CCA}).
Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)

Interpretación de tabla 4.17 y la figura 4.7:

Observando la tabla 4.17 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto con CCA M-2 (95%_c+5%_{CCA}) presenta una desviación estándar de 1.64 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 0.76 menor a 2 considerado como excelente. Tal como muestra la figura 4.7 existe una dispersión Mínima.

Tabla 4.18. Análisis Estadístico 90%_c+5%_{CCA} – Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación de datos	
90% _c +5% _{CCA} -1	213.48	-1.10	1.21	Descripción	Valor
90% _c +5% _{CCA} -2	214.45	-0.13	0.02	n	7.00
90% _c +5% _{CCA} -3	214.18	-0.40	0.16	X _i	214.58
90% _c +5% _{CCA} -4	214.43	-0.15	0.02	∑(X-X _i) ²	3.72
90% _c +5% _{CCA} -5	215.06	0.48	0.23	Varianza σ ²	0.62
90% _c +5% _{CCA} -6	216.02	1.44	2.07	Des. Est. σ	0.79
90% _c +5% _{CCA} -7	214.45	-0.13	0.02	CV	0.37
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			Excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			Excelente	

Fuente: Elaboración Propia.

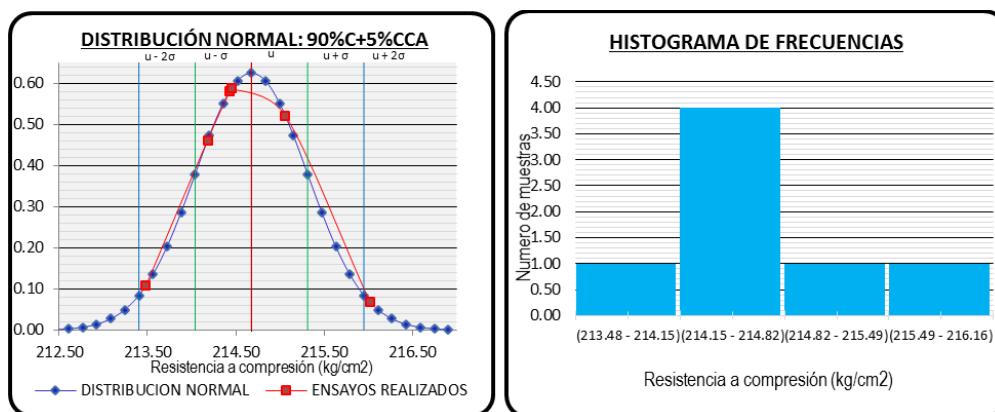


Figura 4.7. Distribución normal: concreto patrón (90%_c+5%_{CCA}).
Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)

Interpretación de tabla 4.18 y la figura 4.8:

Observando la tabla 4.18 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto con CCA M-3 (90%_C+5%_{CCA}) presenta una desviación estándar de 0.79 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 0.37 menor a 2 considerado como excelente. Tal como muestra la figura 4.8 existe una dispersión Mínima.

Tabla 4.19. Análisis Estadístico 90%_C+10%_{CCA} - Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación de datos	
90% _C +10% _{CCA} -1	223.98	0.31	0.09	Descripción	Valor
90% _C +10% _{CCA} -2	224.04	0.37	0.13	n	7.00
90% _C +10% _{CCA} -3	223.80	0.13	0.02	X _i	223.67
90% _C +10% _{CCA} -4	224.13	0.46	0.21	∑(X-X _i) ²	11.40
90% _C +10% _{CCA} -5	225.87	2.19	4.81	Varianza σ ²	1.90
90% _C +10% _{CCA} -6	222.25	-1.42	2.01	Des. Est. σ	1.38
90% _C +10% _{CCA} -7	221.64	-2.03	4.13	CV	0.62
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			Excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			Excelente	

Fuente: Elaboración Propia.

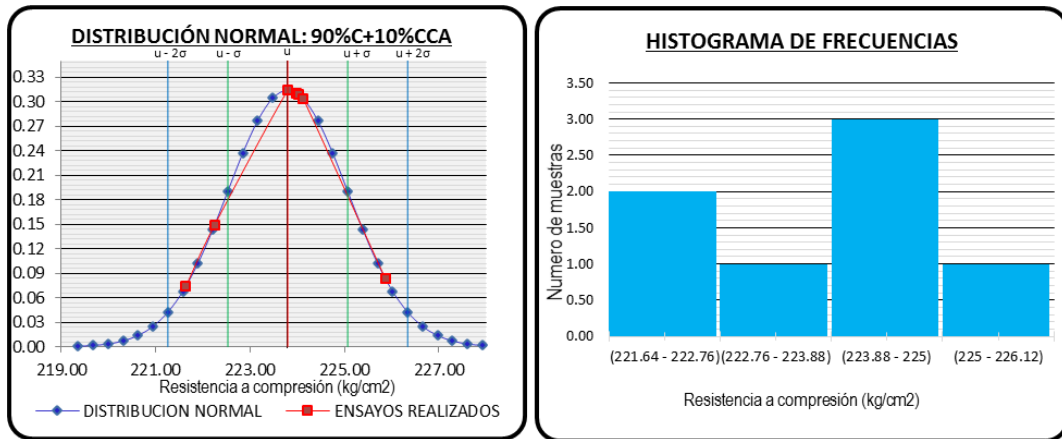


Figura 4.8. Distribución normal: concreto patrón (90%_C+10%_{CCA}).

Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)

Interpretación de tabla 4.19 y la figura 4.9:

Observando la tabla 4.19 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto con CCA M-4 (90%_C+10%_{CCA}) presenta una desviación estándar de 1.38 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 0.62 menor a 2 considerado como excelente. Tal como muestra la figura 4.9 existe una dispersión en todos los intervalos.

Tabla 4.20. Análisis Estadístico 85%_C+5%_{CCA} – Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación	
85% _C +5% _{CCA} -1	185.38	1.31	1.72	Descripción	Valor
85% _C +5% _{CCA} -2	181.34	-2.73	7.47	n	7.00
85% _C +5% _{CCA} -3	180.26	-3.81	14.51	X _i	184.07
85% _C +5% _{CCA} -4	183.00	-1.07	1.15	∑(X-X _i) ²	142.62
85% _C +5% _{CCA} -5	186.58	2.50	6.27	Varianza σ ²	23.77
85% _C +5% _{CCA} -6	178.75	-5.32	28.31	Des. Est. σ	4.88
85% _C +5% _{CCA} -7	193.19	9.12	83.18	CV	2.65
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			Excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			Excelente	

Fuente: Elaboración Propio.

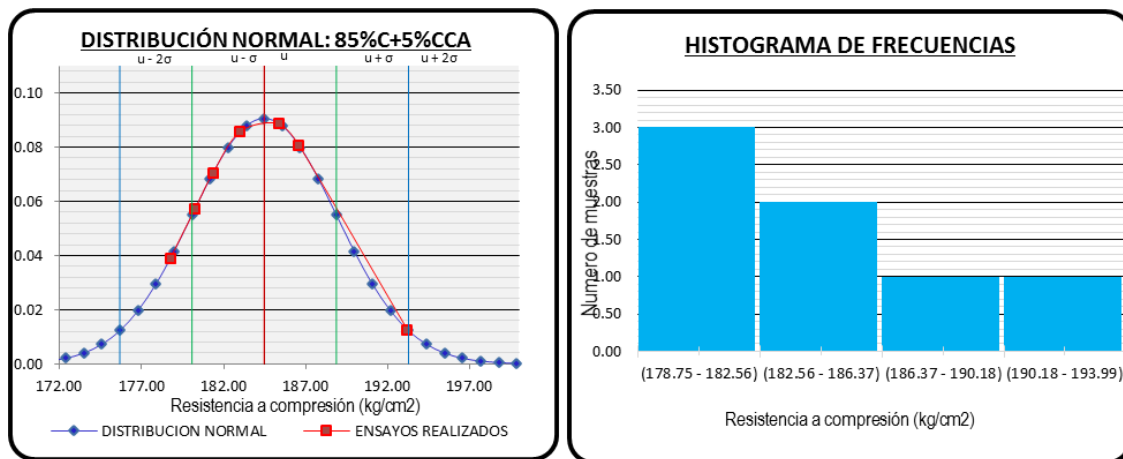


Figura 4.9. Distribución normal: concreto patrón (85%_C+5%_{CCA}).

Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)

Interpretación de tabla 4.20 y la figura 4.10:

Observando la tabla 4.20 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto con CCA M-5 (85%_C+5%_{CCA}) presenta una desviación estándar de 4.88 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 2.65 mayor a 2 considerado como muy bueno. Tal como muestra la figura 4.10 existe una dispersión en todos los intervalos.

Tabla 4.21. Análisis Estadístico 85%_C+10%_{CCA} – Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación de datos	
85% _C +10% _{CCA} -1	205.96	0.44	0.19	Descripción	Valor
85% _C +10% _{CCA} -2	207.33	1.80	3.26	n	7.00
85% _C +10% _{CCA} -3	209.11	3.58	12.85	X _i	205.53
85% _C +10% _{CCA} -4	209.25	3.72	13.85	∑(X-X _i) ²	63.57
85% _C +10% _{CCA} -5	202.36	-3.16	10.00	Varianza σ ²	10.60
85% _C +10% _{CCA} -6	203.57	-1.96	3.85	Des. Est. σ	3.26
85% _C +10% _{CCA} -7	201.10	-4.42	19.57	CV	1.58
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			excelente	

Fuente: Elaboración Propia.

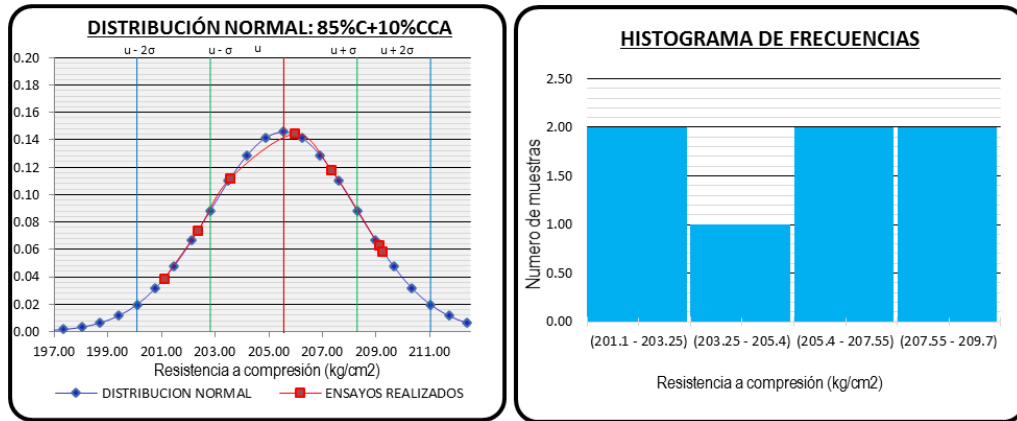


Figura 4.10. Distribución normal: concreto patrón (85%*c*+10%*cca*).
Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)

Interpretación de tabla 4.21 y la figura 4.11:

Observando la tabla 4.21 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto con CCA M-6 (85%*c*+10%*cca*) presenta una desviación estándar de 3.26 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 1.58 menor a 2 considerado como excelente. Tal como muestra la figura 4.11 existe una dispersión en todos los intervalos.

Tabla 4.22. Análisis Estadístico 85%*c*+15%*cca* - Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación de datos	
85% <i>c</i> +15% <i>cca</i> -1	168.13	2.87	8.26	Descripción	Valor
85% <i>c</i> +15% <i>cca</i> -2	171.31	6.05	36.62	n	7.00
85% <i>c</i> +15% <i>cca</i> -3	168.36	3.10	9.63	X _i	165.26
85% <i>c</i> +15% <i>cca</i> -4	166.21	0.96	0.92	∑(X-X _i) ²	147.06
85% <i>c</i> +15% <i>cca</i> -5	164.75	-0.51	0.26	Varianza σ ²	24.51
85% <i>c</i> +15% <i>cca</i> -6	156.42	-8.84	78.12	Des. Est. σ	4.95
85% <i>c</i> +15% <i>cca</i> -7	161.61	-3.64	13.26	CV	3.00
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			excelente	

Fuente: Elaboración Propia.

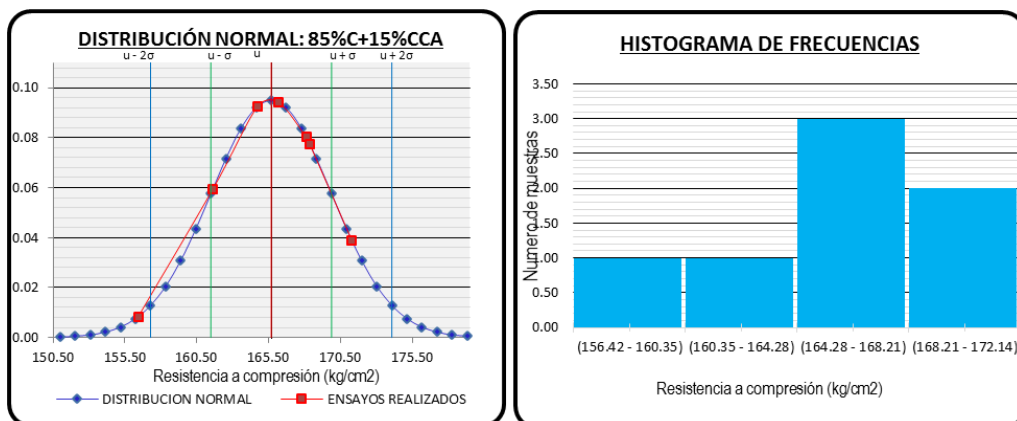


Figura 4.11. Distribución normal: concreto patrón (85%*c*+15%*cca*).
Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)

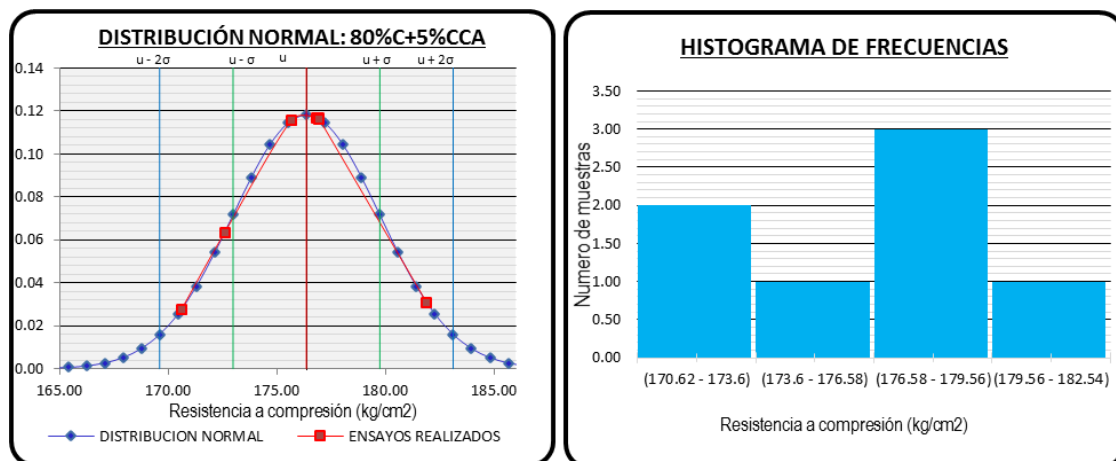
Interpretación de tabla 4.22 y la figura 4.12:

Observando la tabla 4.22 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto con CCA M-7 (85%_C+15%_{CCA}) presenta una desviación estándar de 4.95 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 3 mayor a 2 considerado como bueno. Tal como muestra la figura 4.9 existe una dispersión mínima.

Tabla 4.23. Análisis Estadístico 80%_C+5%_{CCA} - Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación de datos	
80% _C +5% _{CCA} -1	176.85	0.91	0.83	Descripción	Valor
80% _C +5% _{CCA} -2	176.92	0.99	0.98	n	7.00
80% _C +5% _{CCA} -3	181.91	5.97	35.69	X _i	175.93
80% _C +5% _{CCA} -4	175.67	-0.26	0.07	∑(X-X _i) ²	77.95
80% _C +5% _{CCA} -5	176.95	1.02	1.04	Varianza σ ²	12.99
80% _C +5% _{CCA} -6	172.60	-3.33	11.08	Des. Est. σ	3.60
80% _C +5% _{CCA} -7	170.62	-5.31	28.25	CV	2.05
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			excelente	

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 4.12. Distribución normal: concreto patrón (80%_C+5%_{CCA}).
Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)*

Interpretación de tabla 4.23 y la figura 4.13:

Observando la tabla 4.23 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto con CCA M-8 (80%_C+5%_{CCA}) presenta una desviación estándar de 3.60 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 2.05 mayor a 2 considerado como muy bueno. Tal como muestra la figura 4.13 existe una dispersión mínima.

Tabla 4.24. Análisis Estadístico 80%_C+10%_{CCA} – Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación de datos	
80% _C +10% _{CCA} -1	179.46	-0.03	0.00	Descripción	Valor
80% _C +10% _{CCA} -2	180.11	0.62	0.39	n	7.00
80% _C +10% _{CCA} -3	176.18	-3.31	10.94	X _i	179.49
80% _C +10% _{CCA} -4	181.65	2.16	4.65	∑(X-X _i) ²	29.32
80% _C +10% _{CCA} -5	178.19	-1.30	1.70	Varianza σ ²	4.89
80% _C +10% _{CCA} -6	182.65	3.16	9.96	Des. Est. σ	2.21
80% _C +10% _{CCA} -7	178.19	-1.30	1.68	CV	1.23
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			excelente	

Fuente: Elaboración Propia.

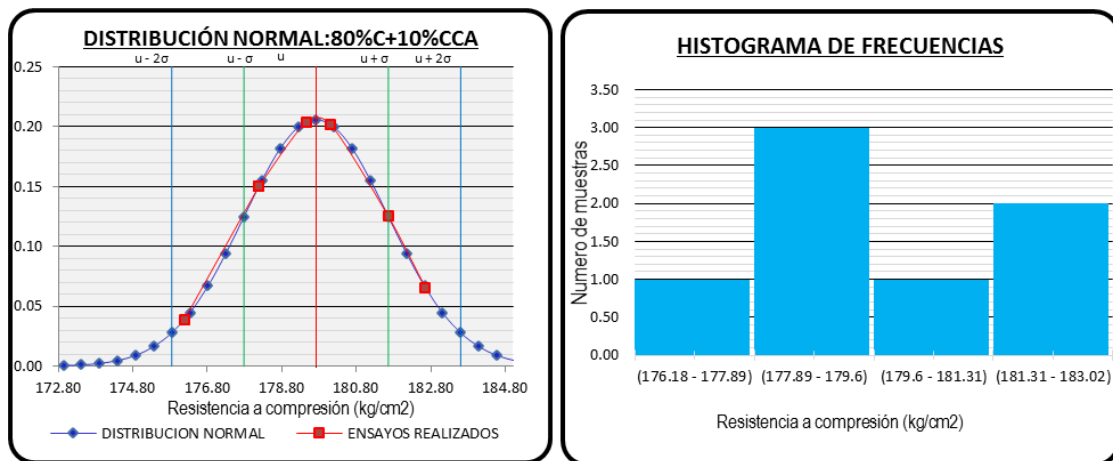


Figura 4.13. Distribución normal: concreto patrón (80%_C+10%_{CCA}).
Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)

Interpretación de tabla 4.24 y la figura 4.14:

Observando la tabla 4.24 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto con CCA M-9 (80%_C+10%_{CCA}) presenta una desviación estándar de 2.21 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 1.23 menor a 2 considerado como excelente. Tal como muestra la figura 4.14 existe una dispersión en todos los intervalos.

Tabla 4.25. Análisis Estadístico 80%_C+20%_{CCA} – Resistencia a la Compresión - 28 días.

Muestra	X	X-X _i	(X-X _i) ²	Calculo para la validación de datos	
80% _C +20% _{CCA} -1	159.15	0.07	0.01	Descripción	Valor
80% _C +20% _{CCA} -2	166.16	7.08	50.16	n	7.00
80% _C +20% _{CCA} -3	158.09	-1.00	0.99	X _i	159.08
80% _C +20% _{CCA} -4	164.85	5.77	33.26	∑(X-X _i) ²	202.98
80% _C +20% _{CCA} -5	157.35	-1.73	3.01	Varianza σ ²	33.83
80% _C +20% _{CCA} -6	148.35	-10.74	115.25	Des. Est. σ	5.82
80% _C +20% _{CCA} -7	159.63	0.54	0.30	CV	3.66
Confiabilidad	Dispersión total (σ)			excelente	
	Dispersión entre testigo (CV)			excelente	

Fuente: Elaboración Propia.

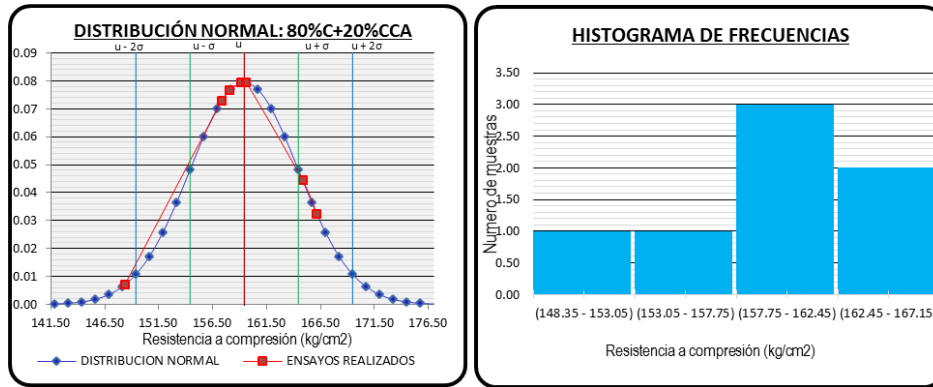


Figura 4.14. Distribución normal: concreto patrón (80%*c*+20%*CCA*).
Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico (Anexo F-1)

Interpretación de tabla 4.25 y la figura 4.15:

Observando la tabla 4.25 dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto con CCA M-10 (80%*c*+20%*CCA*) presenta una desviación estándar de 5.82 menor a 14.1, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 3.66 menor a 2 considerado como bueno. Tal como muestra la figura 4.15 existe una dispersión mínima.

4.6.2. Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión del concreto.

Paso N° 01. Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

Se va a probar la hipótesis sobre la diferencia de medias, Si la resistencia del concreto mejora con el sustituto de cenizas de cascara de arroz por el cemento, en distintas proporciones del peso de cemento de 5%, 10%, 15% y 20%, frente a un concreto patrón.

*H*₀: La sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz, no mejora la resistencia a la compresión del concreto *f*'=210 kg/cm².

*H*₁: La sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz, mejora la resistencia a la compresión del concreto *f*'=210 kg/cm².

La hipótesis nula: $H_0: \mu_{\bar{x}_{CCA}} \leq \mu_{\bar{x}_C}$

- La hipótesis alternativa: $H_1: \mu_{\bar{x}_{CCA}} > \mu_{\bar{x}_C}$

Paso N° 02: Nivel de significancia

En la práctica se acostumbra a utilizar niveles de significación del 0.05 ó 0.01, aunque igualmente pueden emplearse otros valores.

Si, por ejemplo, se elige un nivel de significación del 0.05 ó 5% al diseñar un ensayo de hipótesis, entonces hay aproximadamente 5 ocasiones en 100 en que se rechazaría la hipótesis cuando debería ser aceptada, es decir, se está con un 95% de confianza de que se toma la decisión adecuada.

En tal caso se dice que la hipótesis ha sido rechazada al nivel de significación del 0.05, lo que significa que se puede cometer error con una probabilidad de 0.05. (Cruz Ramirez, 2011)

Para nuestro caso usaremos un nivel de significancia de: $\alpha = 0.05$

Paso N° 03: Identificar o seleccionar el estadístico de prueba

Se utilizó el método de la t de Student para la prueba de Hipótesis, ya que tenemos variables independientes cuantitativas, el número de variables es menor a 30.

Prueba de hipótesis con la distribución t de student

Como la hipótesis a probar es: La aplicación de ceniza de cascara de arroz, mejora significativamente la resistencia a compresión del concreto con resistencia 210 kg/cm².

Entonces nuestra hipótesis es de la forma:

$$- \mu_{\bar{x}_{CCA}} > \mu_{\bar{x}_C}$$

Por consiguiente se trata de un Test de una cola, con:

- La hipótesis nula: $H_0: \mu_{\bar{x}_{CCA}} \leq \mu_{\bar{x}_C}$
- La hipótesis alternativa: $H_1: \mu_{\bar{x}_{CCA}} > \mu_{\bar{x}_C}$

El estadístico de prueba para una distribución t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{X}_{CCA} - \bar{X}_C}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 + 2}}$$

- $\mu_{\bar{x}_{CCA}}$: Representa a la media aritmética de la resistencia a compresión del concreto con diferentes porcentajes de ceniza de cascara de arroz.
- $\mu_{\bar{x}_C}$: Representa la media aritmética del concreto patrón.

Por ejemplo para la resistencia a compresión del concreto a los 28 días con “95% Cemento Portland + 5% Ceniza de cascara de arroz” (95%_C + 5%_{CCA}).

Resolviendo:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 + 2}} = \sqrt{\frac{(7 - 1) * 2.05 + (7 - 1) * 2.70}{7 + 7 - 2}} = 1.54$$

$$t_p = \frac{\bar{X}_{CCA} - \bar{X}_C}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{216.22 - 213.09}{1.54 * \sqrt{\frac{1}{7} + \frac{1}{7}}} = 3.79$$

Similarmente para los demás tipos de concreto para todos los 28 días de edad.

Tabla 4.26. Calculo del estadístico de prueba t_p para el concreto a una edad de 28 días.

N° de ensayo	100% _C	95% _C	90% _C	90% _C	85% _C	85% _C	85% _C	80% _C	80% _C	80% _C
	0% _{CCA}	5% _{CCA}	5% _{CCA}	10% _{CCA}	5% _{CCA}	10% _{CCA}	15% _{CCA}	5% _{CCA}	10% _{CCA}	20% _{CCA}
1	214.11	216.75	213.48	223.98	185.38	205.96	168.13	176.85	179.46	159.15
2	214.36	216.37	214.45	224.04	181.34	207.33	171.31	176.92	180.11	166.16
3	214.56	217.91	214.18	223.80	180.26	209.11	168.36	181.91	176.18	158.09
4	212.26	217.85	214.43	224.13	183.00	209.25	166.21	175.67	181.65	164.85
5	211.42	216.42	215.06	225.87	186.58	202.36	164.75	176.95	178.19	157.35
6	213.76	213.25	216.02	222.25	178.75	203.57	156.42	172.60	182.65	148.35
7	211.19	215.00	214.45	221.64	193.19	201.10	161.61	170.62	178.19	159.63
n_i	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
\bar{X}_i	213.09	216.22	214.58	223.67	184.07	205.53	165.26	175.93	179.49	159.08
σ^2	2.05	2.70	0.62	1.90	23.77	10.60	24.51	12.99	4.89	33.83
$\bar{X}_{CCA} - \bar{X}_C$		3.13	1.49	10.58	-29.02	-7.57	-47.84	-37.16	-33.60	-54.01
CV	0.67	0.76	0.37	0.62	2.65	1.58	3.00	2.05	1.23	3.66
S_p		1.54	1.16	1.41	3.59	2.51	3.64	2.74	1.86	4.24
t_p		3.79	2.41	14.08	-15.11	-5.63	-24.56	-25.35	-33.75	-23.86

Fuente: Elaboración propia.

Paso N° 04: Formular la regla de decisión.

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba Unilateral (Una cola).

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{\alpha, n+m-2}, \text{Tambien: } t_p > t_{tabla}$$

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.05 y 14 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 8+8-2} = t_{0.05, 14} = 1.782$$

Como se muestra en la siguiente figura, donde si el t_p superior a 1.782, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el t_p es inferior a 1.782 no se rechaza la nula.

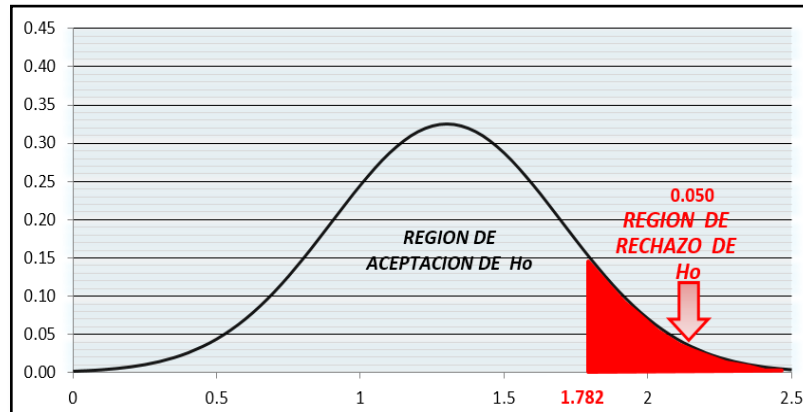


Figura 4.15. Gráfica de la distribución t para $\alpha = 0.05$ y 12 grados de libertad. Fuente: StatKey.com - Theoretical Distribution

Paso N° 05: Toma de una decisión.

La toma de una decisión (No se rechaza H_0 , o se rechaza H_0 y se acepta H_1) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para la edad de 28 días del concreto.

Los estadísticos de prueba que se han calculado para cada tipo de concreto los cuales son:

Tabla 4.27. Decisión de la hipótesis H_0 con el t_p para el concreto a 28 días de edad.

Descrip.	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Cemento	100% _C	95% _C	90% _C	90% _C	85% _C	85% _C	85% _C	80% _C	80% _C	80% _C
Ceniza	0% _{CCA}	5% _{CCA}	5% _{CCA}	10% _{CCA}	5% _{CCA}	10% _{CCA}	15% _{CCA}	5% _{CCA}	10% _{CCA}	20% _{CCA}
t_p		3.79	2.41	14.08	-15.11	-5.63	-24.56	-25.35	-33.75	-23.86
α	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
n_1+n_2-2		12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
t_{tabla}		1.782	1.782	1.782	1.782	1.782	1.782	1.782	1.782	1.782
decisión		se rechaza H_0	se rechaza H_0	se rechaza H_0	no se rechaza H_0	no se rechaza H_0	no se rechaza H_0	no se rechaza H_0	no se rechaza H_0	no se rechaza H_0

Fuente: Elaboración propia.

De la anterior tabla se puede obtener dos observaciones:

Los estadísticos de prueba para los grupos de concreto: M-2 (95%_C+5%_{CCA}), M-3 (90%_C+5%_{CCA}) y M-4 (90%_C+10%_{CCA}) caen en la región donde “Se Rechaza la H_0 ” de la curva de t student ($t_p > t_{tabla}$), donde la H_0 afirma que la resistencia a compresión del concreto con ceniza de cascara de arroz es menor a la de un concreto sin ceniza de cascara de arroz ($\mu_{\bar{X}_{CCA}} \leq \mu_{\bar{X}_C}$), y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto la resistencia a compresión del grupo de concreto con ceniza de cascara de arroz (M-2, M-3 y M-4) es mayor al concreto patrón M-1 (100%_C+0%_{CCA}) a la edad de 28 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

Los estadísticos de prueba para los grupos de concreto: M-5 (85%_C+5%_{CCA}), M-6 (85%_C+10%_{CCA}), M-7 (85%_C+15%_{CCA}), M-8 (80%_C+5%_{CCA}), M-9 (80%_C+10%_{CCA}) y M-10 (80%_C+20%_{CCA}) caen en la región donde “No se Rechaza la H_o ” de la curva de t student ($t_p < t_{tabla}$). Por lo tanto no se rechaza la hipótesis Nula que afirma que la resistencia a compresión del grupo de concreto con ceniza de cascara de arroz (M-5, M-6, M-7, M-8, M-9 y M-10) es significativamente menor al concreto patrón M-1 (100%_C+0%_{CCA}) a una edad de 28 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

DECISIÓN RESPECTO A LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La tabla 4.27 muestra el resumen de todo lo analizado anteriormente, con respecto a la resistencia a la compresión del concreto con sustitución diferentes porcentajes de ceniza de cascara de arroz:

La hipótesis Nula (H_o) planteada es:

H_o : La sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz, no mejora la resistencia a la compresión del concreto $f' = 210 \text{ kg/cm}^2$.

De la tabla 4.27 podemos decir que: Se acepta la hipótesis de investigación que afirma que la aplicación de un porcentaje de Ceniza de cascara de arroz como sustituto del cemento portland puzolánico tipo IP con agregados de la cantera Cutimbo mejora la resistencia del concreto a compresión a la edad de los 28 días, dicho porcentaje óptimo de ceniza de cascara de arroz es el 10 % con respecto al peso del cemento portland puzolánico tipo IP de diseño.

Los resultados de análisis de resistencia a la compresión del concreto analizado se pueden visualizar en el acápite 3.5 lo cual refuerzan lo indicado en la presente sección.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIÓN GENERAL

De acuerdo al objetivo general la ceniza de cascara de arroz utilizada en el diseño de mezclas 201 kg/cm^2 en la ciudad de Puno, el porcentajes del 5% al 10% mantiene una resistencia de diseño; además a los 28 días para estos porcentajes de ceniza de cascara de arroz alcanzan resistencias por encima de la resistencia del concreto patrón, por tanto se debe usar en el diseño de concreto 210 kg/cm^2 la mezcla de ceniza de cascara de arroz en proporciones menores al 10% y con respecto al costo unitario de materiales para la elaboración de concreto de los grupos de control, se concluye que estos disminuyen conforme aumenta la cantidad de ceniza de cascara de arroz.

5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

Se determinó que la resistencia a la compresión en los grupos de concreto $95\%_C+5\%_{CCA}$, $90\%_C+5\%_{CCA}$ y $90\%_C+10\%_{CCA}$ incrementa la resistencia al a compresión en 1.47%, 0.70% y 4,96% respectivamente, aceptándose la hipótesis general planteada, mientras que en los grupos de concreto $85\%_C+5\%_{CCA}$, $85\%_C+10\%_{CCA}$, $85\%_C+15\%_{CCA}$, $80\%_C+5\%_{CCA}$, $85\%_C+10\%_{CCA}$ y $85\%_C+20\%_{CCA}$ disminuye la resistencia a la compresión en 13.62%, 3.55%, 22.45%, 17.44%, 15.77% y 25.35% respectivamente. Con respecto al grupo de concreto $90\%_C+5\%_{CCA}$ tiende a conservar la resistencia de diseño a la edad de 28 días de su elaboración.

La ceniza de cascara de arroz se debe utilizar como sustituto al cemento en un rango menor al 10% siendo esto el porcentaje optimo, más allá de este valor disminuye la resistencia del concreto, a los 28 días de curado.

Comparando el costo unitario de materiales, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la aplicación de la ceniza de cascara de arroz en la elaboración de mezclas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ es más económico que un concreto patrón $100\%_C+0\%_{CCA}$. Al analizarlo en las mejores condiciones que son los concretos $95\%_C+5\%_{CCA}$, $90\%_C+5\%_{CCA}$ y $90\%_C+10\%_{CCA}$ se

tiene una disminución de costos de producción de 1.41%, 5.82% y 2.82% respectivamente, lo que se considera un ahorro al hacer uso de esta puzolana artificial.

5.3. RECOMENDACIONES

Se recomienda sustituir ceniza de cascara de arroz en el diseño planteado hasta 10% con respecto al peso del cemento, ya que la resistencia a la compresión disminuye mientras mayor sea la cantidad de CCA.

Se recomienda como futura investigación la utilización de cementos tipo no puzolánicos, para poder usar mayores cantidades de CCA como sustituto al cemento, lo cual permitirá disminuir el costo de producción del concreto en mayor porcentaje.

Se recomienda dar más énfasis e importancia a las investigaciones con el uso de desechos agroindustriales para la construcción ya que es una alternativa de uso en mezclas de concreto, siempre y cuando cumplan con las exigencias de la norma ASTM C618-03

Para un adecuado proceso de mezclado del concreto con sustitución de ceniza de cascara de arroz, se recomienda la siguiente secuencia: vaciar en la mezcladora agua efectiva, cemento, agregado grueso y fino, finalmente la CCA, para así obtener una mejor distribución de la ceniza en la mezcla.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

LIBROS Y TESIS

- Parizaca Quispe , R. R. (2015). *Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros súperabsorbentes en la ciudad de Puno*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Peru.
- Abanto Castillo, F. (1995). *Tecnología del concreto*. Lima-Perú: San Marcos.
- ACAA. (2003). *Fly ash facts for highway engineers*. American Coal Ash Association.
- Aguila P., G. (2014). *YURA S.A. - Class & Asociados S.A.*
- Arias Odon , F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. Caracas - República Bolivariana de Venezuela: sexta edición: Episteme, C.A.
- Castillo, F. A. (1995). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- Hernández Sampieri, R. C., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: 4ta Ed. McGraw-Hill Interamericana.
- Iglesias Valdivia , F. A., & Yupanqui Quenta, R. E. (2016). *Utilización de la ceniza de cascara de arroz del valle de majes como adición al cemento para la elaboración de concreto con resistencias 140, 175, 210, 280 y 350 kg/cm² en la ciudad de Arequipa*. tesis de pregrado Universidad Católica de Santa María.
- Isidro Perca, G. (2017). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto f'c 210 kg/cm²*. tesis de pregrado. Universidad Nacional de Altiplano. Puno, peru.
- Juárez Quevedo, B. M. (agosto de 2012). *La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados*. Trabajo de graduación. Universidad San Carlos , Guatemala.

- Loayza Goicochea , P. (2014). Efecto de la ceniza de cascara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Peru.
- Mafla B., A. (2009). *Uso de la cascarilla de arroz como material*.
- Molina Salinas, J. (2002). Adicion De Ceniza De Cascarilla De Arroz En Hormigon Compactado Con Rodillo. Tesis de grado. Escuela Superior Politecnico del Litoral , Guayaquil, Ecuador.
- Pascal Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Lima, Peru: segunda edicion.
- PCA, P. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. (Vol. Primera edicion).
- Rivva Lopez, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto* . Lima-Peru: ACI Capítulo Peruano.
- Rivva López, E. (2010). *Diseño de Mezclas* (Segunda Edición ed., Vol. Segunda Edición). Lima.
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la Investigación Científica*. México D.F.: Cuarta edicion - Limusa.
- Universidad de Alcalá, Departamento de Ecología. . (2005). *Método de análisis de datos*. Obtenido de Obtenido de Universidad de Córdoba:: <https://www.uco.es/servicios/informatica/windows/filemgr/download/ecolog/Metodos%20analisis%20datos.pdf>
- Vigil, P. (2000). *Las cenizas de cáscara de arroz, adición puzolánica en cemento y concreto*. . Tesis de pregrado. Universidad de Piura, Piura, Peru.

NORMAS Y REPORTE

ACI 211. 1 - 91. (1997). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete.*

ASTM C 31/C 31M. (2003). *Práctica Estándar Para Fabricación Y Curado De Especímenes De Concreto. USA: ASTM Internacional.*

ASTM C 618 - 12a. (1992). *Especificaciones estándar para cenizas volantes de carbón y puzolanas naturales en bruto o calcinadas para su uso en concreto. USA: ASTM Internacional.*

ASTM C39/C39M. . (2014). *Método De Prueba Estándar Para Resistencia A La Compresión De Los Especímenes Cilíndricos De Concreto. USA: ASTM Internacional.*

NTP - 400.012. (2002). *Análisis granulométrico del agregado fino y grueso global.*

NTP - 400.021. (2002). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso. Norma Técnica Peruana.*

RNE. (2017). *reglamento Nacional de Edificaciones E 060 Concreto Armado . Peru.*

ANEXOS A: ENSAYOS DE LABORATORIO.**Anexo A-1: Certificado de laboratorio de construcciones.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

**CERTIFICADO**

El que suscribe jefe de laboratorio de Construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

CERTIFICA:

Que el Sr. **YONNY WILBER QUISPE VILCA**, con DNI 43528092, Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, ha realizado ensayos de laboratorio para la investigación del proyecto de Tesis con el tema **"APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM2 EN LA CIUDAD DE PUNO"** del cual doy fe.

Dichos ensayos son:

- 01 Ensayo de contenido de humedad para agregados (grueso – fino)
- 01 Ensayo de peso unitario de los agregados (grueso – fino)
- 01 Ensayo de granulometría para agregados (grueso – fino)
- 01 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso
- 01 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino
- 01 Ensayo de peso específico de la ceniza de cascarilla de arroz
- Ensayo de compresión simple de briquetas de concreto:
 - ✓ 13 briquetas: concreto patrón sin ceniza
 - ✓ 117 briquetas: concreto con sustitución parcial al cemento por ceniza de cascarilla de arroz

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que vea por conveniente.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FCA

MSc. Ing. Gino R. Laque Córdoba
JEFE DE LABORATORIO

Ing. Gino Laque Córdoba
Jefe de Laboratorio de Construcciones

Anexo A-2: Granulometría del agregado fino.



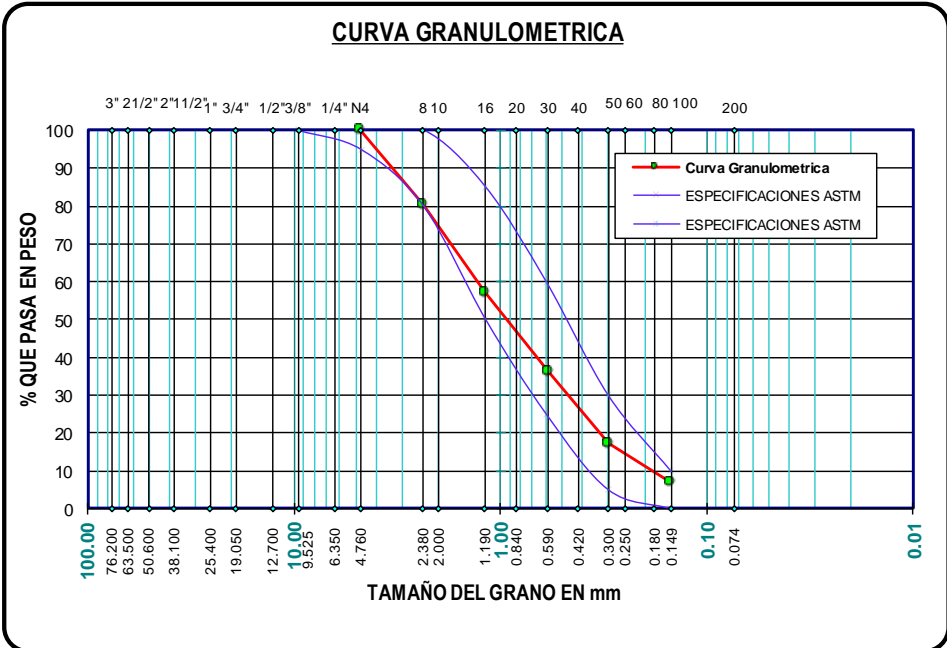
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
 : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
 TESIS : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
 UBICACION : RIO CUTIMBO.
 CANTERA : 25 DE JULIO DEL 2017
 FECHA

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO
 NTP 400.012, ASTM C 136

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I. 1334.69 gr P.II. 1333.16 gr Pl: Peso inicial P.II: peso despues del ensayo
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
12"	12.700						
3/8"	9.525					100	
1/4"	6.350						
No4	4.760					95 100	
No8	2.380	261.02	19.58	19.58	80.42	80 100	MODULO DE FINEZA : 3.02 El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 2.35 - 3.15, no debiendo excederse el limite en mas o menos 0.2 Max 3.35
No10	2.000						
No16	1.190	309.70	23.23	42.81	57.19	50 85	
No20	0.840						
No30	0.590	278.13	20.86	63.67	36.33	25 60	
No40	0.420						
No50	0.300	253.53	19.02	82.69	17.31	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	135.65	10.18	92.86	7.14	2 10	
No200	0.074	72.05	5.40	98.27	1.73		
BASE		23.08	1.73	100.00	0.00		
TOTAL		1333.16	100.00				



Anexo A-3: Granulometría del agregado grueso.



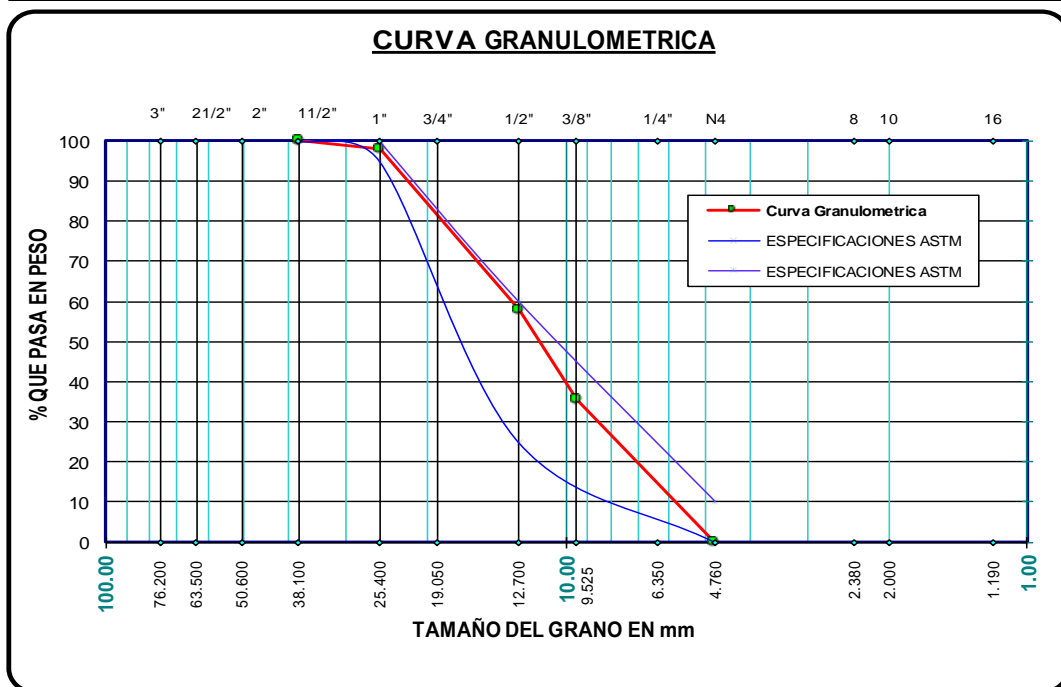
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



PROYECTO : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
 UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
 FECHA : 25 DE JULIO DEL 2017

**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO
 NTP 400.012, ASTM C 136**

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIF.		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200							P.M 5562.49 gr TAMAÑO MAXIMO: 1" TMN: 3/4 "
2 1/2"	63.500							
2"	50.600							
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
1"	25.400	107.02	1.92	1.92	98.08	95	100	
3/4"	19.050	619.54	11.14	13.06	86.94	25	60	
1/2"	12.700	1608.63	28.92	41.98	58.02			
3/8"	9.525	1250.85	22.49	64.47	35.53			
1/4"	6.350							
No4	4.760	1976.43	35.53	100.00	0.00	0	10	
No8	2.380							MODULO DE FINEZA : 6.21
No10	2.000							
No16	1.190							
No20	0.840							
No30	0.590							
No40	0.420							
No50	0.300							
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.149							
No200	0.074							OBS: Tamizar por la Malla Nº 4 para separar el Agregado Grueso del Fino
BASE		0.0	0.00	100.00	0.00			
TOTAL		5562.49	100.00					



Anexo A-4: Peso específico y absorción de agregados.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
 UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
 CANTERA : RIO CUTIMBO.
 FECHA : 01 DE AGOSTO DEL 2017

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO
 NTP 400.021, NTP 400.022, ASTM C 127 Y ASTM C 128**

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO		
DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (W_{sss})	500.00
2	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (W_{m+w})	713.56
3	W_{sss} + PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (W_{m+w+a})	1004.78
4	PESO DE LA TARA	59.96
5	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + TARA	542.73
6	PESO SECO DE LA MUESTRA (W_s) (5-4)	482.77
RESULTADOS		
7	PESO ESPECIFICO DE MASA P.E.M $6/(1 - (3 - 2))$	2.31
8	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S. $(1 / (1-(3-2))$	2.39
9	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : $6/(6-(3-2))$	2.52
10	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\% ABS((1-6)/6)$	3.57

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO		
DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (W_{sss})	672.46
2	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (W_{m+w})	1557.06
3	W_{sss} + PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (W_{m+w+a})	1950.15
4	PESO DE LA TARA	179.50
5	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + TARA	835.65
6	PESO SECO DE LA MUESTRA (W_s)	656.15
RESULTADOS		
7	PESO ESPECIFICO DE MASA P.E.M $6/(1 - (3 - 2))$	2.35
8	PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S. $(1 / (1-(3-2))$	2.41
9	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : $6/(6-(3-2))$	2.49
10	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\% ABS((1-6)/6)$	2.49

Anexo A-5: Contenido de humedad de agregados.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
CANTERA : RIO CUTIMBO.
FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS
NTP 400.016, ASTM C 566**

AGREGADO FINO

Nro De Tara	E-1	E-2	E-3
Peso de Tara	17.92	19.65	20.42
Peso de Tara + M. Humeda	129.95	143.8	139.15
Peso de Tara + M. Seca	127.74	141.32	136.65
Peso de Agua	2.21	2.48	2.5
Peso Muestra Seca	109.82	121.67	116.23
Contenido de humedad W%	2.01	2.04	2.15
Promedio cont. Humedad W%	2.07		

AGREGADO GRUESO

Nro De Tara	E-4	E-5	E-6
Peso de Tara	18.18	19.68	20.2
Peso de Tara + M. Humeda	214.83	224.9	226.85
Peso de Tara + M. Seca	211.97	221.98	223.85
Peso de Agua	2.86	2.92	3
Peso Muestra Seca	193.79	202.3	203.65
Contenido de humedad W%	1.48	1.44	1.47
Promedio cont. Humedad W%	1.46		

Anexo A-6: Peso unitario del agregado fino y grueso.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA"
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
CANTERA : RIO CUTIMBO.
FECHA : 26 DE JULIO DEL 2017

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO
 NTP 400.017 , ASTM C 29

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4810	4785
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13145	13340	13295
PESO DE LA MUESTRA gr.	8385	8530	8510
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5426	5480	5498
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.545	1.557	1.548
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .	1.550		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4810	4785
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	14110	14195	14150
PESO DE LA MUESTRA gr.	9350	9385	9365
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5426	5480	5498
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.723	1.713	1.703
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .	1.713		

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4810	4785
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	12845	12965	12905
PESO DE LA MUESTRA gr.	8085	8155	8120
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5426	5480	5498
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.490	1.488	1.477
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .	1.485		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4760	4810	4785
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13600	13725	13820
PESO DE LA MUESTRA gr.	8840	8915	9035
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5426	5480	5498
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.629	1.627	1.643
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .	1.633		

Anexo A-7: Granulometría de la CCA



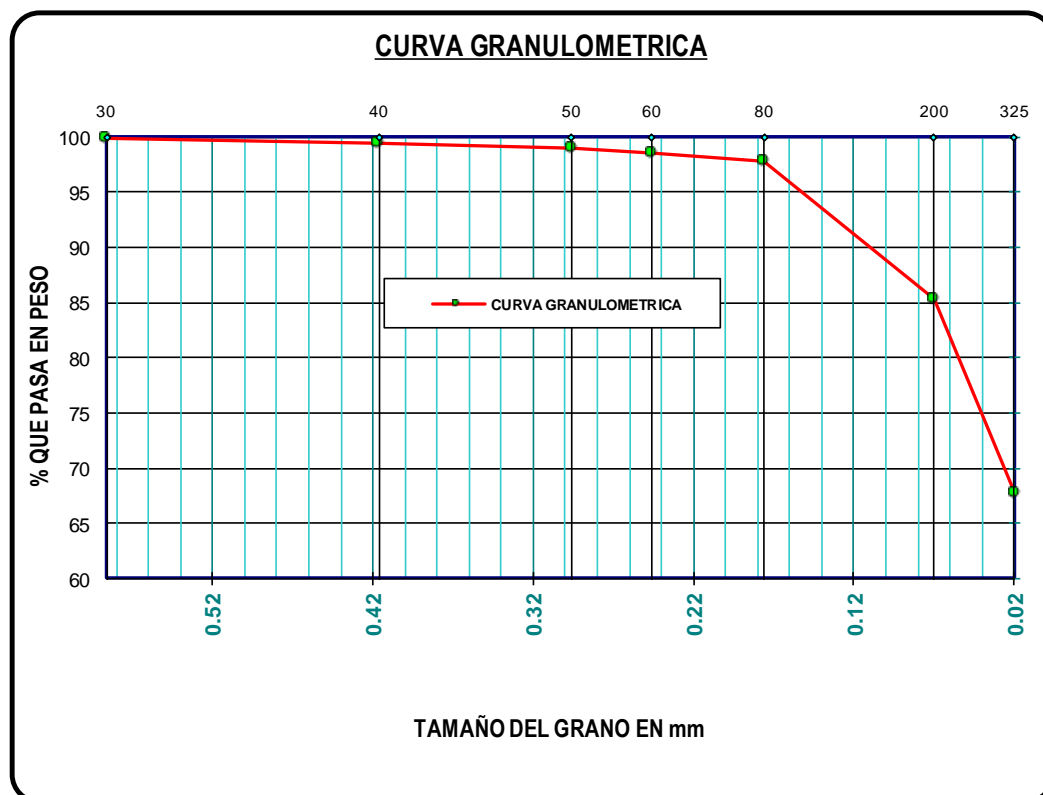
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
 TESIS : "APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO".
 UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
 CANTERA : RIO CUTIMBO.
 FECHA : 31 DE AGOSTO DEL 2017

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
No30	0.590	0.27	0.16	0.16	99.84	PI: 164.280 gr
No40	0.420	0.56	0.34	0.51	99.49	
No50	0.300	0.75	0.46	0.96	99.04	
No60	0.250	0.90	0.55	1.51	98.49	
No80	0.180	1.12	0.68	2.19	97.81	
No200	0.074	20.45	12.45	14.64	85.36	
No325	0.024	28.80	17.53	32.17	67.83	
BASE		111.43	67.83	100.00	0.00	
TOTAL		164.28	100.00			



Anexo A-8: Peso específico de la CCA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
CANTERA : RIO CUTIMBO.
FECHA : 31 DE AGOSOT DEL 2017

PESO ESPECIFICO DE LA CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ

DATOS

1	PESO DEL CEMENTO (GRAMOS)	50.64
2	VOLUMEN DEL FRASCO LE CHATELIER INICIAL(CM ³)	0.00
3	VOLUMEN DEL FRASCO LE CHATELIER FINAL (CM ³)	23.70

RESULTADOS

1	PESO ESPECIFICO CEMENTO IP: .e.s: 1/(3-2)	2.14
---	---	------

ANEXOS B: RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Anexo B-1: Ensayo de resistencia a la compresión.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

SOLICITADO POR : YONNY WILBER QUISPE VILCA
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO".
UBICACIÓN : FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO PATRON Y CONCRETO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ
DISEÑO : f_c=210 Kg/cm²
FECHA DE EMISION : 29 DE SETIEMBRE DEL 2017

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO 14 DIAS

PROB. N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	RESISTENCIA		% DE RESISTENCIA
						Diametro (cm)	altura (cm)			ROTURA f _c =Kg/Cm ²	DISEÑO f _c =Kg/cm ²	
1	100% _c + 0% _{cca} (CP)	3"-4"	7 09 2017	21 09 2017	14	15.22	30.20	182	30.980	170.39	210	81%
2	100% _c + 0% _{cca} (CP)	3"-4"	7 09 2017	21 09 2017	14	15.21	30.15	182	31.250	171.99	210	82%
3	100% _c + 0% _{cca} (CP)	3"-4"	7 09 2017	21 09 2017	14	15.03	30.10	177	30.430	171.51	210	82%
4	95% _c + 5% _{cca} -1	3"-4"	7 09 2017	21 09 2017	14	15.31	30.60	184	32.790	178.23	210	85%
5	95% _c + 5% _{cca} -2	3"-4"	7 09 2017	21 09 2017	14	15.15	30.00	180	32.630	181.01	210	86%
6	95% _c + 5% _{cca} -3	3"-4"	7 09 2017	21 09 2017	14	15.13	30.25	180	32.310	179.83	210	86%
7	90% _c + 5% _{cca} -1	3"-4"	8 09 2017	22 09 2017	14	15.23	30.25	182	30.020	164.89	210	79%
8	90% _c + 5% _{cca} -2	3"-4"	8 09 2017	22 09 2017	14	15.28	30.20	183	30.910	168.67	210	80%
9	90% _c + 5% _{cca} -3	3"-4"	8 09 2017	22 09 2017	14	15.17	20.30	181	30.700	169.97	210	81%
10	90% _c + 10% _{cca} -1	3"-4"	8 09 2017	22 09 2017	14	15.20	30.55	181	29.730	163.84	210	78%
11	90% _c + 10% _{cca} -2	3"-4"	8 09 2017	22 09 2017	14	15.03	30.10	177	29.200	164.99	210	78%
12	90% _c + 10% _{cca} -3	3"-4"	8 09 2017	22 09 2017	14	15.28	30.15	183	30.100	164.25	210	78%
13	85% _c + 5% _{cca} -1	3"-4"	11 09 2017	25 09 2017	14	15.18	30.10	181	25.750	142.37	210	68%
14	85% _c + 5% _{cca} -2	3"-4"	11 09 2017	25 09 2017	14	15.03	30.00	177	26.100	147.20	210	70%
15	85% _c + 5% _{cca} -3	3"-4"	11 09 2017	25 09 2017	14	15.58	30.30	191	27.670	145.23	210	69%
16	85% _c + 10% _{cca} -1	3"-4"	11 09 2017	25 09 2017	14	15.18	30.50	181	28.910	159.85	210	76%
17	85% _c + 10% _{cca} -2	3"-4"	11 09 2017	25 09 2017	14	15.13	29.90	180	28.540	158.84	210	76%
18	85% _c + 10% _{cca} -3	3"-4"	11 09 2017	25 09 2017	14	15.23	30.00	182	29.270	160.77	210	77%
19	85% _c + 15% _{cca} -1	3"-4"	12 09 2017	26 09 2017	14	15.20	30.50	181	22.980	126.72	210	60%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
Ing. Guillermo Asidoro Percca
TECNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
MSc. Ing. Gino R. Laguarda Córdoba
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR : YONNY WILBER QUISPE VILCA
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO".
UBICACIÓN : FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO PATRON Y CONCRETO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ
DISEÑO : f'c=210 Kg/cm²
FECHA DE EMISION : 29 DE SETIEMBRE DEL 2017

Nº	Composición	Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
20	85% _C + 15% _{CCA-2}	12 09 2017	26 09 2017	14	15.20	30.30	181	22.850	125.92	210	60%																					
21	85% _C + 15% _{CCA-3}	12 09 2017	26 09 2017	14	15.28	30.10	183	23.000	125.51	210	60%																					
22	80% _C + 5% _{CCA-1}	12 09 2017	26 09 2017	14	15.23	30.50	182	23.470	128.92	210	61%																					
23	80% _C + 5% _{CCA-2}	12 09 2017	26 09 2017	14	15.18	30.10	181	23.500	129.93	210	62%																					
24	80% _C + 5% _{CCA-3}	12 09 2017	26 09 2017	14	15.22	30.20	182	23.820	131.01	210	62%																					
25	80% _C + 10% _{CCA-1}	13 09 2017	27 09 2017	14	15.25	30.00	183	25.970	142.18	210	68%																					
26	80% _C + 10% _{CCA-2}	13 09 2017	27 09 2017	14	15.08	30.10	178	25.160	140.96	210	67%																					
27	80% _C + 10% _{CCA-3}	13 09 2017	27 09 2017	14	15.26	30.15	183	26.310	143.85	210	69%																					
28	80% _C + 20% _{CCA-1}	13 09 2017	27 09 2017	14	15.23	30.40	182	22.310	122.54	210	58%																					
29	80% _C + 20% _{CCA-2}	13 09 2017	27 09 2017	14	15.20	30.90	181	22.100	121.79	210	58%																					
30	80% _C + 20% _{CCA-3}	13 09 2017	27 09 2017	14	15.08	30.00	178	21.900	122.70	210	58%																					

OBSERVACIONES:

- La muestra a sido identificado y entregado por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas
- estos documentos no podra ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio de la EPIC UNA Puno

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - EPIC
Don Juan Perca
Ing. Guillermo Estidiro Perca
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - EPIC
MsC. Ing. Gino P. Lagüe Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR : YONNY WILBER QUISPE VILCA
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO".
UBICACIÓN : FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO PATRON Y CONCRETO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ
DISEÑO : f_c=210 Kg/cm²
FECHA DE EMISION : 12 DE OCTUBRE DEL 2017

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO 28 DIAS

PROB. N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	RESISTENCIA		% DE RESISTENCIA
						Diametro (cm)	altura (cm)			ROTURA f _c =Kg/Cm ²	DISEÑO f _c =Kg/cm ²	
1	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	15.23	30.00	182.06	38.980	214.11	210	101.96%
2	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	15.30	30.20	183.85	39.410	214.36	210	102.07%
3	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	15.25	30.50	182.85	39.190	214.56	210	102.17%
4	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	15.25	30.25	182.85	38.770	212.26	210	101.08%
5	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	10.95	22.10	94.17	19.910	211.42	210	101.68%
6	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	10.95	22.15	94.17	20.130	213.76	210	101.79%
7	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	11.00	22.15	95.03	20.070	211.19	210	100.57%
8	95% _c + 5% CCA - 1	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	15.23	30.50	182.06	39.460	216.75	210	103.21%
9	95% _c + 5% CCA - 2	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	15.25	30.35	182.85	39.520	216.37	210	103.03%
10	95% _c + 5% CCA - 3	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	15.24	30.50	182.41	39.750	217.91	210	103.77%
11	95% _c + 5% CCA - 4	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	15.20	30.35	181.46	39.530	217.85	210	103.74%
12	95% _c + 5% CCA - 5	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	10.99	22.10	94.86	20.530	216.42	211	102.57%
13	95% _c + 5% CCA - 6	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	11.05	22.00	95.90	20.450	213.25	212	100.59%
14	95% _c + 5% CCA - 7	3"-4"	7 09 2017	05 10 2017	28	10.93	22.30	93.83	20.173	215.00	213	100.94%
15	90% _c + 5% CCA - 1	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	15.27	30.10	183.01	39.070	213.48	210	101.66%
16	90% _c + 5% CCA - 2	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	15.25	30.00	182.65	39.170	214.45	210	102.12%
17	90% _c + 5% CCA - 3	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	15.28	30.50	183.25	39.250	214.18	210	101.99%
18	90% _c + 5% CCA - 4	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	15.20	30.00	181.46	38.910	214.43	210	102.11%
19	90% _c + 5% CCA - 5	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	10.93	22.10	93.74	20.160	215.06	211	101.92%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA
Ing. Guillermo Toledo Perca
TECNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA
MSc. Ing. Gloriamaría Laguarda
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR

: YONNY WILBER QUISPE VILCA

PROYECTO

: "APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO".

UBICACIÓN

: FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA

MUESTRA

: BRIQUETAS DE CONCRETO PATRON Y CONCRETO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ

DISEÑO

: f'_c=210 Kg/cm²

FECHA DE EMISION

: 12 DE OCTUBRE DEL 2017

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO 28 DIAS

20	90% _c + 5% _{CCA} - 6	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	10.93	22.00	93.74	20.250	216.02	212	101.90%
21	90% _c + 5% _{CCA} - 7	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	10.94	22.30	93.91	20.140	214.45	213	100.68%
22	90% _c + 10% _{CCA} - 1	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	15.24	30.10	182.30	40.830	223.98	210	106.66%
23	90% _c + 10% _{CCA} - 2	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	15.18	30.15	180.86	40.520	224.04	210	106.68%
24	90% _c + 10% _{CCA} - 3	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	15.20	30.00	181.46	40.610	223.80	210	106.57%
25	90% _c + 10% _{CCA} - 4	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	15.19	30.12	181.10	40.590	224.13	210	106.73%
26	90% _c + 10% _{CCA} - 5	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	10.95	22.00	94.17	21.270	225.87	211	107.05%
27	90% _c + 10% _{CCA} - 6	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	10.95	22.20	94.17	20.930	222.25	212	104.84%
28	90% _c + 10% _{CCA} - 7	3"-4"	8 09 2017	06 10 2017	28	10.70	22.15	89.92	19.930	221.64	212	104.55%
29	85% _c + 5% _{CCA} - 1	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	15.23	30.10	182.06	33.750	185.38	210	88.28%
30	85% _c + 5% _{CCA} - 2	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	15.22	29.95	181.82	32.970	181.34	210	86.35%
31	85% _c + 5% _{CCA} - 3	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	15.20	30.00	181.46	32.710	180.26	210	85.84%
32	85% _c + 5% _{CCA} - 4	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	15.21	30.20	181.70	33.250	183.00	210	87.14%
33	85% _c + 5% _{CCA} - 5	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	10.95	22.00	94.17	17.570	186.58	211	88.42%
34	85% _c + 5% _{CCA} - 6	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	10.98	22.10	94.60	16.910	178.75	212	84.32%
35	85% _c + 5% _{CCA} - 7	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	10.93	22.00	93.74	18.110	193.19	212	91.13%

OBSERVACIONES:

- La muestra a sido identificado y entregado por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas
- estos documentos no podria ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio de la EPIC UNA Puno

Cc. Archivo 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-EPIC
Quijpe Vilca
Ing. Guillermo Isidro Perca
TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-EPIC
Quijpe Vilca
MSc. Jorge Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR : YONNY WILBER QUISEP VILCA
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO".
UBICACIÓN : FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO PATRON Y CONCRETO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ
DISEÑO : f_c=210 Kg/cm²
FECHA DE EMISION : 12 DE OCTUBRE DEL 2017

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO 28 DIAS

PROB. N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	RESISTENCIA		% DE RESISTENCIA
						Diámetro (cm)	altura (cm)			ROTURA f _c =Kg/Cm ²	DISEÑO f _c =Kg/cm ²	
35	85% _c + 10% CCA - 1	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	15.25	30.15	182.65	37.620	205.96	210	98.08%
36	85% _c + 10% CCA - 2	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	15.25	29.90	182.65	37.870	207.33	210	98.73%
37	85% _c + 10% CCA - 3	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	15.23	30.18	182.06	38.070	209.11	210	99.58%
38	85% _c + 10% CCA - 4	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	15.20	30.00	181.46	37.970	209.25	210	99.64%
39	85% _c + 10% CCA - 5	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	10.93	22.10	93.74	18.970	202.36	210	95.91%
40	85% _c + 10% CCA - 6	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	10.95	22.00	94.17	19.170	203.57	212	96.02%
41	85% _c + 10% CCA - 7	3"-4"	11 09 2017	09 10 2017	28	10.97	22.10	94.43	18.990	201.10	213	94.41%
42	85% _c + 15% CCA - 1	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	15.26	30.25	182.89	30.750	168.13	210	80.06%
43	85% _c + 15% CCA - 2	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	15.25	30.30	182.65	31.290	171.31	210	81.57%
44	85% _c + 15% CCA - 3	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	15.20	30.40	181.46	30.550	168.36	210	80.17%
45	85% _c + 15% CCA - 4	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	15.23	30.20	182.18	30.280	166.21	210	79.15%
46	85% _c + 15% CCA - 5	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	10.45	22.15	85.77	14.130	164.75	210	78.45%
47	85% _c + 15% CCA - 6	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	10.95	22.20	94.17	14.730	156.42	210	74.48%
48	85% _c + 15% CCA - 7	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	10.93	22.10	93.74	15.150	161.61	210	76.96%
49	80% _c + 5% CCA - 1	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	15.33	30.00	184.46	32.620	176.85	210	84.21%
50	80% _c + 5% CCA - 2	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	15.23	30.15	182.06	32.210	176.92	210	84.25%
51	80% _c + 5% CCA - 3	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	15.21	30.20	181.58	33.030	181.91	210	86.62%
52	80% _c + 5% CCA - 4	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	15.16	30.35	180.50	31.710	175.67	210	83.65%
53	80% _c + 5% CCA - 5	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	10.98	22.10	94.60	16.740	176.95	210	84.26%
54	80% _c + 5% CCA - 6	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	10.93	22.10	93.74	16.180	172.60	210	82.19%

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES S.P.A.
Ing. Guillermo Isidro Petca
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES S.P.A.
MSc. Ing. Gino F. Leque Córdoba
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR : YONNY WILBER QUISPE VILCA
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO".
UBICACIÓN : FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO PATRON Y CONCRETO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ
DISEÑO : $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$
FECHA DE EMISION : 12 DE OCTUBRE DEL 2017

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO 28 DIAS

55	80% _c + 5% _{CCA} - 7	3"-4"	12 09 2017	10 10 2017	28	10.91	22.00	93.48	15.950	170.62	210	81.25%
56	80% _c + 10% _{CCA} - 1	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	15.25	30.12	182.65	32.780	179.46	210	85.46%
57	80% _c + 10% _{CCA} - 2	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	15.26	30.18	182.77	32.920	180.11	210	85.77%
58	80% _c + 10% _{CCA} - 3	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	15.20	30.25	181.46	31.970	176.18	210	83.90%
59	80% _c + 10% _{CCA} - 4	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	15.23	30.10	182.06	33.070	181.65	210	86.50%
60	80% _c + 10% _{CCA} - 5	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	10.95	21.90	94.17	16.780	178.19	210	84.85%
61	80% _c + 10% _{CCA} - 6	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	10.95	22.10	94.17	17.200	182.65	210	86.97%
62	80% _c + 10% _{CCA} - 7	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	10.94	22.20	94.00	16.750	178.19	210	84.85%
63	80% _c + 20% _{CCA} - 1	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	15.25	30.00	182.65	29.070	159.15	210	75.79%
64	80% _c + 20% _{CCA} - 2	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	15.35	29.95	185.06	30.750	166.16	210	79.13%
65	80% _c + 20% _{CCA} - 3	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	15.28	30.10	183.25	28.970	158.09	210	75.28%
66	80% _c + 20% _{CCA} - 4	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	15.26	30.00	182.89	30.150	164.85	210	78.50%
67	80% _c + 20% _{CCA} - 5	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	10.93	22.10	93.74	14.750	157.35	210	74.93%
68	80% _c + 20% _{CCA} - 6	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	10.95	22.00	94.17	13.970	148.35	210	70.64%
69	80% _c + 20% _{CCA} - 7	3"-4"	13 09 2017	11 10 2017	28	10.92	21.90	93.66	14.950	159.63	210	76.01%

OBSERVACIONES:

- La muestra a sido identificado y entregado por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas
- estos documentos no podra ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio de la EPIC UNA Puno

Cc. Archivo 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - EPIC
Ing. Guillermo Sidro Perca
TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - EPIC
MSc. Jorge Gilio E. Laque Córdoba
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR : YONNY WILBER QUISPE VILCA
PROYECTO : "APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO".
UBICACIÓN : FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
MUESTRA : BRIQUETAS DE CONCRETO PATRON Y CONCRETO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ
DISEÑO : f'_c=210 Kg/cm²
FECHA DE EMISION : 10 DE NOVIEMBRE DEL 2017

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO 56 DIAS

PROB. N°	DESCRIPCIÓN	SLUM Pulg.	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	RESISTENCIA		% DE RESISTENCIA
						Diámetro (cm)	altura (cm)			ROTURA f' _c =Kg/Cm ²	DISEÑO f' _c =Kg/cm ²	
1	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	02 11 2017	56	15.22	20.00	181.94	41,370	227.39	210	108.28%
2	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	02 11 2017	56	15.29	20.00	183.61	41,970	228.58	210	108.85%
3	100% _c + 0% CCA (CP)	3"-4"	7 09 2017	02 11 2017	56	15.25	20.00	182.65	41,470	227.04	210	108.11%
4	95% _c + 5% CCA - 1	3"-4"	7 09 2017	02 11 2017	56	15.20	20.00	181.46	42,320	233.22	210	111.06%
5	95% _c + 5% CCA - 2	3"-4"	7 09 2017	02 11 2017	56	15.26	20.00	182.77	42,870	234.55	210	111.69%
6	95% _c + 5% CCA - 3	3"-4"	7 09 2017	02 11 2017	56	15.24	20.00	182.41	42,870	235.01	210	111.91%
7	90% _c + 5% CCA - 1	3"-4"	8 09 2017	03 11 2017	56	15.27	20.00	183.01	41,970	229.33	210	109.20%
8	90% _c + 5% CCA - 2	3"-4"	8 09 2017	03 11 2017	56	15.26	20.00	182.89	42,150	230.46	210	109.74%
9	90% _c + 5% CCA - 3	3"-4"	8 09 2017	03 11 2017	56	15.19	20.00	181.10	41,300	228.05	210	108.60%
10	90% _c + 10% CCA - 1	3"-4"	8 09 2017	03 11 2017	56	15.25	20.00	182.65	43,870	240.18	210	114.37%
11	90% _c + 10% CCA - 2	3"-4"	8 09 2017	03 11 2017	56	15.18	20.00	180.98	43,960	242.90	210	115.67%
12	90% _c + 10% CCA - 3	3"-4"	8 09 2017	03 11 2017	56	15.22	20.00	181.82	43,760	240.68	210	114.61%
13	85% _c + 5% CCA - 1	3"-4"	11 09 2017	06 11 2017	56	15.23	20.00	182.18	36,320	199.37	210	94.94%
14	85% _c + 5% CCA - 2	3"-4"	11 09 2017	06 11 2017	56	15.23	20.00	182.06	35,930	197.36	210	93.96%
15	85% _c + 5% CCA - 3	3"-4"	11 09 2017	06 11 2017	56	15.18	20.00	180.86	36,700	202.92	210	96.63%
16	85% _c + 10% CCA - 1	3"-4"	11 09 2017	06 11 2017	56	15.24	20.00	182.41	38,960	213.58	210	101.70%
17	85% _c + 10% CCA - 2	3"-4"	11 09 2017	06 11 2017	56	15.28	20.00	183.25	39,670	216.48	210	103.08%
18	85% _c + 10% CCA - 3	3"-4"	11 09 2017	06 11 2017	56	15.13	20.00	179.67	38,550	214.56	210	102.17%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
ING. Guillermo Isidro Percca
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
MSc. Ing. Gino F. Laguna Cordova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



SOLICITADO POR

: YONNY WILBER QUISPE VILCA

PROYECTO

: "APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON RESISTENCIA 210 KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO".

UBICACIÓN

: FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA

MUESTRA

: BRIQUETAS DE CONCRETO PATRON Y CONCRETO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ

DISEÑO

: f'c=210 Kg/cm²

FECHA DE EMISIÓN

: 10 DE NOVIEMBRE DEL 2017

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO 56 DIAS

19	85% _C + 15% _{CCA} - 1	3"- 4"	12 09 2017	07 11 2017	56	15.24	20.00	182.30	34.180	187.50	210	89.28%
20	85% _C + 15% _{CCA} - 2	3"- 4"	12 09 2017	07 11 2017	56	15.23	20.00	182.06	34.370	188.79	210	89.90%
21	85% _C + 15% _{CCA} - 3	3"- 4"	12 09 2017	07 11 2017	56	15.25	20.00	182.65	33.980	186.03	210	88.59%
22	80% _C + 5% _{CCA} - 1	3"- 4"	12 09 2017	07 11 2017	56	15.31	20.00	184.09	32.980	179.20	210	85.33%
23	80% _C + 5% _{CCA} - 2	3"- 4"	12 09 2017	07 11 2017	56	15.18	20.00	180.86	33.100	183.01	210	87.15%
24	80% _C + 5% _{CCA} - 3	3"- 4"	12 09 2017	07 11 2017	56	15.20	20.00	181.46	32.250	177.73	210	84.63%
25	80% _C + 10% _{CCA} - 1	3"- 4"	13 09 2017	08 11 2017	56	15.22	20.00	181.82	36.710	201.91	210	96.15%
26	80% _C + 10% _{CCA} - 2	3"- 4"	13 09 2017	08 11 2017	56	15.25	20.00	182.65	36.560	200.16	210	95.31%
27	80% _C + 10% _{CCA} - 3	3"- 4"	13 09 2017	08 11 2017	56	15.20	20.00	181.46	36.710	202.31	210	96.34%
28	80% _C + 20% _{CCA} - 1	3"- 4"	13 09 2017	08 11 2017	56	15.21	20.00	181.70	31.760	174.80	210	83.24%
29	80% _C + 20% _{CCA} - 2	3"- 4"	13 09 2017	08 11 2017	56	15.33	20.00	184.46	32.420	175.76	210	83.70%
30	80% _C + 20% _{CCA} - 3	3"- 4"	13 09 2017	08 11 2017	56	15.37	20.00	185.42	32.720	176.46	210	84.03%

OBSERVACIONES:

- La muestra a sido identificado y entregado por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas
- estos documentos no podra ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorizacion del laboratorio de la EPIC UNA Puno

Cc. Archivo 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - EPIC
Ing. Guillermo Isidro Percca
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA
MSC. Jairo Gino F. Loaque Córdoba
JEFE DE LABORATORIO

ANEXOS C: CONTROLES DE CALIDAD.

Anexo C-1: Análisis químicos de la CCA laboratorio analíticos del sur.



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-03622

Fecha de emisión: 22/07/2017

Página: 1 de 1

Señores: QUISPE VILCA YONNY WILBER
Dirección: JR. LA MARINA F-13 AZANGARO - PUNO
Atención:
Recepción: 11/07/2017
Realización: 11/07/2017

Métodos ensayados

*700 Determinación de humedad en minerales

Muestra	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*700
				H2O %
MN17007663	MUESTRA:01 TEMPERATURA DE CALCINACION :500 +- 5°C , TIEMPO DE CALCINACION 2 HORAS	No proporcionado por el cliente.	mineral pulverizado	0,47
MN17007664	MUESTRA:02 TEMPERATURA DE CALCINACION:400+- 5°C , TIEMPO DE CALCINACION 2.5 HORAS	No proporcionado por el cliente.	mineral pulverizado	2,10
MN17007665	MUESTRA:03 TEMPERATURA DE CALCINACION : 300+- 5°C , TIEMPO DE CALCINACION 3 HORAS	No proporcionado por el cliente.	mineral pulverizado	2,46

(Firma)
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 11442

Valor numérico = Límite de detección del método, ^o < Valor Numérico = Límite de cuantificación del método.
resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad entidad que lo produce. Los resultados presentados solo estén relacionados a la muestra ensayada.
terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el anexo del presente documento lo anula.

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-03621

Fecha de emisión: 22/07/2017
Pág.: 1/1

Señores: QUISPE VILCA YONNY WILBER
Dirección: JR. LA MARINA F-13 AZANGARO - PUNO
Atención: QUISPE VILCA YONNY WILBER
Recepción: 11/07/2017
Realización: 11/07/2017
Observación: Laboratorio No realiza la toma de muestra.

Método de ensayo aplicado
*592 Método de Ensayo para Rocas Fusión alcalina (SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, Mn₂O₃, Na₂O, K₂O, LOI)

Muestra #	Nombre de muestra	Descripción de muestra	Procedencia de la muestra	*592 SiO ₂ %	*592 CaO %	*592 MgO %	*592 Al ₂ O ₃ %	*592 Fe ₂ O ₃ %	*592 Mn ₂ O ₃ %	*592 Na ₂ O %	*592 K ₂ O %	*592 LOI %
MN17007663	MUESTRA 01 TEMPERATURA DE CALCINACION 500+ 5°C, TIEMPO DE CALCINACION 2 HORAS.	Mineral Pulverizado	No proporcionado por el cliente.	82,88	0,384	0,358	0,815	0,415	0,226	1,56	3,54	9,43
MN17007664	MUESTRA 02 TEMPERATURA DE CALCINACION 400+ 5°C, TIEMPO DE CALCINACION 2 HORAS	Mineral Pulverizado	No proporcionado por el cliente.	76,3	0,364	0,345	0,850	0,789	0,194	0,55	3,42	16,85
MN17007665	MUESTRA 03 TEMPERATURA DE CALCINACION 300+ 5°C, TIEMPO DE CALCINACION 3 HORAS	Mineral Pulverizado	No proporcionado por el cliente.	54,30	0,294	0,212	0,351	0,766	0,302	0,74	2,57	39,09

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. In. Altiplano C. In. C. P. 114 023

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Anexo C-2: Certificado de calidad cemento portland tipo IP.

CERTIFICADO DE CALIDAD

CEMENTO PORTLAND TIPO IP

	YURA	ASTM C 595 NTP 334.090
<u>REQUERIMIENTOS QUIMICOS:</u>		
Óxido de Magnesio, MgO, %	1.54	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	1.80	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2.33	5.00 Máximo
<u>REQUERIMIENTOS FISICOS:</u>		
Peso Específico (g/cm ³)	2.82	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	-0.03	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	224	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	269	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	3.59	12.00 Máximo
Superficie específica Blaine	4961	No Especifica
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm²)		Mínimo :
01 día	10.22 (104)	No Especifica
03 días	20.01 (204)	13.0 (133)
07 días	24.20 (247)	20.0 (204)
28 días	32.23 (329)	25.0 (255)

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción del mes de Diciembre confirmando que este cemento cumple especificaciones de las normas ASTM C- 595 y NTP 334.090

Arequipa, 02 de Enero 2017

Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jefe de Control de Calidad
Yura S.A.

Planta: Carretera Yura Km. 26 - Arequipa
Oficina comercial: Av. General Díez Canseco 527 - Arequipa
Telf.: (51 54) 495060 / 225000

ANEXOS E: METODO DE DISEÑO ACI.

Anexo E-1: Método de diseño ACI para concreto patrón (100_C+0_{CCA}).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.

FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO : ACI 211.1 PARA CONCRETO PATRON
 $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
CANTERA PROCEDENCIA: RIO CUTIMBO.		PORTLAND TIPO I	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg		N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.08	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³		1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		2.07	1.46
ABSORCION	%		3.57	2.49
MODULO DE FINEZA			3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f _c PROM. f _{cr} (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Factor cem. FC (bol/m ³)	AIRE INC %	Factor Agregado G. b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	8.61	NO	0.60

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.119	366.07		366.07	1.00
AGREGADO FINO	0.263	663.26	-1.50	676.97	1.85
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	2.72
AGUA	0.205	205.00		224.97	0.61
AIRE	0.020				

Rel A/C Efectiva	0.61
------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO POR VOLUMEN

DESCRIPCION	EN P ³ /M ³	PROPORCION EN VOL.
CEMENTO	8.61	1.00
AGREGADO FINO	15.42	1.79
AG. GRUESO	23.64	2.74
AGUA	26.12	26.11860402

Anexo E-2: Método de diseño ACI para concreto con ceniza.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO : ACI 211.1 - CONCRETO CON ADICION DE CENIZAS
POR EQUIVALENTE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
95 % CEMENTO + 5 % CENIZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	P.E.	PESO	% CONTENID
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3.08	42.5	95.00%
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	2.14		5.00%

DESCRIPCION	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³	1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.07	1.46
ABSORCION	%	3.57	2.49
MODULO DE FINEZA		3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f'c PROM. fcr (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Por equiv. A/(C+CCA)	AIRE INC %	Factor Agregado G. b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	0.56	NO	0.60

CALCULO DEL MATERIAL CEMENTANTE

CALCULO DE (C+P)	366.07
------------------	--------

CONTENIDO DE CEMENTO Y CENIZA

CONTENIDO DE CENIZA VOLANTE	18.30	kg/m ³
CONTENIDO DE CEMENTO	347.77	kg/m ³

DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ABSOLUTO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.113	347.77		347.77	1.00
CENIZA	0.009	18.30		18.30	0.05
AGREGADO FINO	0.261	657.05	-1.50	670.63	1.93
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	2.86
AGUA	0.205	205.00		224.88	27.48183428
AIRE	0.020				

Rel A/(C+CCA) Efectiva	0.61
------------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO PARA 0.06 M³

DESCRIPCION	VOL	MATERIAL EN KG
CEMENTO	0.06	20.87
CENIZA	0.06	1.10
AGREGADO FINO	0.06	40.24
AG. GRUESO	0.06	59.65
AGUA	0.06	13.49



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.

FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO : ACI 211.1 - CONCRETO CON ADICION DE CENIZAS
POR EQUIVALENTE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
90 % CEMENTO + 5 % CENIZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	P.E.	PESO	% CONTENID.
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3.08	42.5	90.00%
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	2.14		5.00%

DESCRIPCION	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³	1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.07	1.46
ABSORCION	%	3.57	2.49
MODULO DE FINEZA		3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f _c PROM.	TMN	SLUMP	AGUA	AIRE	Agua/cem	Factor cem.	Por equiv.	AIRE INC	Factor Agregado G.
f _{cr} (Kg/m ²)	(pulg)	(pulg)	(lit/m ³)	(%)	A/C	FC (Kg/m ³)	A/(C+CCA)	%	b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	0.56	NO	0.60

CALCULO DEL MATERIAL CEMENTANTE

CALCULO DE (C+P)	366.07
------------------	--------

CONTENIDO DE CEMENTO Y CENIZA

CONTENIDO DE CENIZA VOLANTE	18.30	kg/m ³
CONTENIDO DE CEMENTO	329.46	kg/m ³

DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ABSOLUTO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.107	329.46		329.46	1.00
CENIZA	0.009	18.30		18.30	0.06
AGREGADO FINO	0.267	672.02	-1.50	685.92	2.08
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	3.02
AGUA	0.205	205.00		225.10	29.03761925
AIRE	0.020				

Rel A/(C+CCA) Efectiva	0.65
------------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO PARA 0.06 M³

DESCRIPCION	VOL	MATERIAL EN KG
CEMENTO	0.06	19.77
CENIZA	0.06	1.10
AGREGADO FINO	0.06	41.15
AG. GRUESO	0.06	59.65
AGUA	0.06	13.51



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO : ACI 211.1 - CONCRETO CON ADICION DE CENIZAS
POR EQUIVALENTE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
90 % CEMENTO + 10 % CENIZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	P.E.	PESO	% CONTENID.
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3.08	42.5	90.00%
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	2.14		10.00%

DESCRIPCION	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.07	1.46
ABSORCION	%	3.57	2.49
MODULO DE FINEZA		3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f'c PROM. fcr (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Por equiv. A/(C+CCA)	AIRE INC %	Factor Agregado G. b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	0.56	NO	0.60

CALCULO DEL MATERIAL CEMENTANTE

CALCULO DE (C+P)	366.07
------------------	--------

CONTENIDO DE CEMENTO Y CENIZA

CONTENIDO DE CENIZA VOLANTE	36.61	kg/m ³
CONTENIDO DE CEMENTO	329.46	kg/m ³

DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ABSOLUTO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.107	329.46		329.46	1.00
CENIZA	0.017	36.61		36.61	0.11
AGREGADO FINO	0.258	650.47	-1.50	663.91	2.02
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	3.02
AGUA	0.205	205.00		224.78	28.99585756
AIRE	0.020				

Rel A/(C+CCA) Efectiva	0.61
------------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO PARA 0.06 M³

DESCRIPCION	VOL	MATERIAL EN KG
CEMENTO	0.06	19.77
CENIZA	0.06	2.20
AGREGADO FINO	0.06	39.83
AG. GRUESO	0.06	59.65
AGUA	0.06	13.49



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
 UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
 FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
 METODO : ACI 211.1 - CONCRETO CON ADICION DE CENIZAS
 POR EQUIVALENTE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 85 % CEMENTO + 5 % CENIZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	P.E.	PESO	% CONTENID.
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3.08	42.5	85.00%
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	2.14		5.00%

DESCRIPCION	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³	1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.07	1.46
ABSORCION	%	3.57	2.49
MODULO DE FINEZA		3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f'c PROM. fcr (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Por equiv. A/(C+CCA)	AIRE INC %	Factor Agregado G. b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	0.56	NO	0.60

CALCULO DEL MATERIAL CEMENTANTE

CALCULO DE (C+P)	366.07
------------------	--------

CONTENIDO DE CEMENTO Y CENIZA

CONTENIDO DE CENIZA VOLANTE	18.30	kg/m ³
CONTENIDO DE CEMENTO	311.16	kg/m ³

DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ABSOLUTO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.101	311.16		311.16	1.00
CENIZA	0.009	18.30		18.30	0.06
AGREGADO FINO	0.273	687.00	-1.50	701.20	2.25
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	3.20
AGUA	0.205	205.00		225.33	30.77643571
AIRE	0.020				

Rel A/(C+CCA) Efectiva	0.68
------------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO PARA 0.06 M³

DESCRIPCION	VOL	MATERIAL EN KG
CEMENTO	0.06	18.67
CENIZA	0.06	1.10
AGREGADO FINO	0.06	42.07
AG. GRUESO	0.06	59.65
AGUA	0.06	13.52



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
 TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
 UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
 FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
 METODO : ACI 211.1 - CONCRETO CON ADICION DE CENIZAS
 POR EQUIVALENTE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 85 % CEMENTO + 10 % CENIZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	P.E.	PESO	% CONTENID.
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3.08	42.5	85.00%
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	2.14		10.00%

DESCRIPCION	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.07	1.46
ABSORCION	%	3.57	2.49
MODULO DE FINEZA		3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f'c PROM.	TMN	SLUMP	AGUA	AIRE	Agua/cem	Factor cem.	Por equiv.	AIRE INC	Factor Agregado G.
f'c (Kg/m ²)	(pulg)	(pulg)	(lit/m ³)	(%)	A/C	FC (Kg/m ³)	A/(C+CCA)	%	b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	0.56	NO	0.60

CALCULO DEL MATERIAL CEMENTANTE

CALCULO DE (C+P)	366.07
------------------	--------

CONTENIDO DE CEMENTO Y CENIZA

CONTENIDO DE CENIZA VOLANTE	36.61	kg/m ³
CONTENIDO DE CEMENTO	311.16	kg/m ³

DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ABSOLUTO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.101	311.16		311.16	1.00
CENIZA	0.017	36.61		36.61	0.12
AGREGADO FINO	0.264	665.45	-1.50	679.20	2.18
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	3.20
AGUA	0.205	205.00		225.00	30.73221949
AIRE	0.020				

Rel A/(C+CCA) Efectiva	0.65
------------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO PARA 0.06 M³

DESCRIPCION	VOL	MATERIAL EN KG
CEMENTO	0.06	18.67
CENIZA	0.06	2.20
AGREGADO FINO	0.06	40.75
AG. GRUESO	0.06	59.65
AGUA	0.06	13.50



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO : ACI 211.1 - CONCRETO CON ADICION DE CENIZAS
POR EQUIVALENTE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
85 % CEMENTO + 15 % CENIZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	P.E.	PESO	% CONTENID.
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3.08	42.5	85.00%
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	2.14		15.00%

DESCRIPCION	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³	1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.07	1.46
ABSORCION	%	3.57	2.49
MODULO DE FINEZA		3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f _c PROM. f _{cr} (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Por equiv. A/(C+CCA)	AIRE INC %	Factor Agregado G. b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	0.56	NO	0.60

CALCULO DEL MATERIAL CEMENTANTE

CALCULO DE (C+P)	366.07
------------------	--------

CONTENIDO DE CEMENTO Y CENIZA

CONTENIDO DE CENIZA VOLANTE	54.91	kg/m ³
CONTENIDO DE CEMENTO	311.16	kg/m ³

DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ABSOLUTO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.101	311.16		311.16	1.00
CENIZA	0.026	54.91		54.91	0.18
AGREGADO FINO	0.255	643.89	-1.50	657.20	2.11
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	3.20
AGUA	0.205	205.00		224.68	30.68800123
AIRE	0.020				

Rel A/(C+CCA) Efectiva	0.61
------------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO PARA 0.06 M³

DESCRIPCION	VOL	MATERIAL EN KG
CEMENTO	0.06	18.67
CENIZA	0.06	3.29
AGREGADO FINO	0.06	39.43
AG. GRUESO	0.06	59.65
AGUA	0.06	13.48



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO : ACI 211.1 - CONCRETO CON ADICION DE CENIZAS
POR EQUIVALENTE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
80 % CEMENTO + 5 % CENIZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	P.E.	PESO	% CONTENID
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3.08	42.5	80.00%
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	2.14		5.00%

DESCRIPCION	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.07	1.46
ABSORCION	%	3.57	2.49
MODULO DE FINEZA		3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f'c PROM.	TMN	SLUMP	AGUA	AIRE	Agua/cem	Factor cem.	Por equiv.	AIRE INC	Factor Agregado G.
f'cr (Kg/m ²)	(pulg)	(pulg)	(lit/m ³)	(%)	A/C	FC (Kg/m ³)	A/(C+CCA)	%	b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	0.56	NO	0.60

CALCULO DEL MATERIAL CEMENTANTE

CALCULO DE (C+P)	366.07
------------------	--------

CONTENIDO DE CEMENTO Y CENIZA

CONTENIDO DE CENIZA VOLANTE	18.30	kg/m ³
CONTENIDO DE CEMENTO	292.86	kg/m ³

DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ABSOLUTO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.095	292.86		292.86	1.00
CENIZA	0.009	18.30		18.30	0.06
AGREGADO FINO	0.279	701.98	-1.50	716.49	2.45
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	3.39
AGUA	0.205	205.00		225.55	32.7326064
AIRE	0.020				

Rel A/(C+CCA) Efectiva	0.72
------------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO PARA 0.06 M³

DESCRIPCION	VOL	MATERIAL EN KG
CEMENTO	0.06	17.57
CENIZA	0.06	1.10
AGREGADO FINO	0.06	42.99
AG. GRUESO	0.06	59.65
AGUA	0.06	13.53



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO : ACI 211.1 - CONCRETO CON ADICION DE CENIZAS
POR EQUIVALENTE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
80 % CEMENTO + 10 % CENIZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	P.E.	PESO	% CONTENID.
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3.08	42.5	80.00%
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	2.14		10.00%

DESCRIPCION	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³	1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.07	1.46
ABSORCION	%	3.57	2.49
MODULO DE FINEZA		3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f'c PROM. fcr (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Por equiv. A/(C+CCA)	AIRE INC %	Factor Agregado G. b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	0.56	NO	0.60

CALCULO DEL MATERIAL CEMENTANTE

CALCULO DE (C+P)	366.07
------------------	--------

CONTENIDO DE CEMENTO Y CENIZA

CONTENIDO DE CENIZA VOLANTE	36.61	kg/m ³
CONTENIDO DE CEMENTO	292.86	kg/m ³

DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ABSOLUTO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.095	292.86		292.86	1.00
CENIZA	0.017	36.61		36.61	0.12
AGREGADO FINO	0.270	680.42	-1.50	694.49	2.37
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	3.39
AGUA	0.205	205.00		225.23	32.68562449
AIRE	0.020				

Rel A/(C+CCA) Efectiva	0.68
------------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO PARA 0.06 M³

DESCRIPCION	VOL.	MATERIAL EN KG
CEMENTO	0.06	17.57
CENIZA	0.06	2.20
AGREGADO FINO	0.06	41.67
AG. GRUESO	0.06	59.65
AGUA	0.06	13.51



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER.
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".
UBICACION : FICA-CIUDAD UNIVERSITARIA.
FECHA : 06 DE SETIEMBRE DEL 2017

DISEÑO DE MEZCLAS
METODO : ACI 211.1 - CONCRETO CON ADICION DE CENIZAS
POR EQUIVALENTE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
80 % CEMENTO + 20 % CENIZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	P.E.	PESO	% CONTENID.
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3.08	42.5	80.00%
CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	2.14		20.00%

DESCRIPCION	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	N° 4	3/4 "
PESO ESPECIFICO	gr/oc	2.52	2.49
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³	1550	1485
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³	1713	1633
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.07	1.46
ABSORCION	%	3.57	2.49
MODULO DE FINEZA		3.02	6.21

VALORES DE DISEÑO

f _c PROM. f _{cr} (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Por equiv. A/(C+CCA)	AIRE INC %	Factor Agregado G. b/b ₀
294	3/4 "	3" - 4"	205	2	0.56	366.07	0.56	NO	0.60

CALCULO DEL MATERIAL CEMENTANTE

CALCULO DE (C+P)	366.07
------------------	--------

CONTENIDO DE CEMENTO Y CENIZA

CONTENIDO DE CENIZA VOLANTE	73.21	kg/m ³
CONTENIDO DE CEMENTO	292.86	kg/m ³

DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ABSOLUTO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESO CORR. KG/M ³	PROPORCION EN PESO
CEMENTO	0.095	292.86		292.86	1.00
CENIZA	0.034	73.21		73.21	0.25
AGREGADO FINO	0.253	637.31	-1.50	650.48	2.22
AGREGADO GRUESO	0.393	979.85	-1.02	994.20	3.39
AGUA	0.205	205.00		224.58	32.59166285
AIRE	0.020				

Rel A/(C+CCA) Efectiva	0.61
------------------------	------

CANTIDAD DE MATERIAL CORREGIDO PARA 0.06 M³

DESCRIPCION	VOL	MATERIAL EN KG
CEMENTO	0.06	17.57
CENIZA	0.06	4.39
AGREGADO FINO	0.06	39.03
AG. GRUESO	0.06	59.65
AGUA	0.06	13.47

ANEXOS F: ANALISIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS

Anexo F-1: Análisis estadístico.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

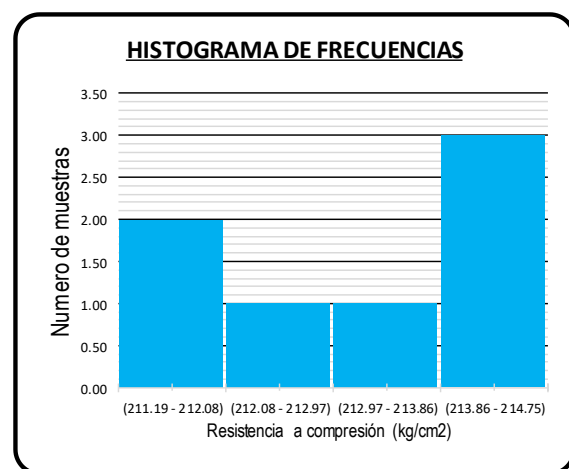
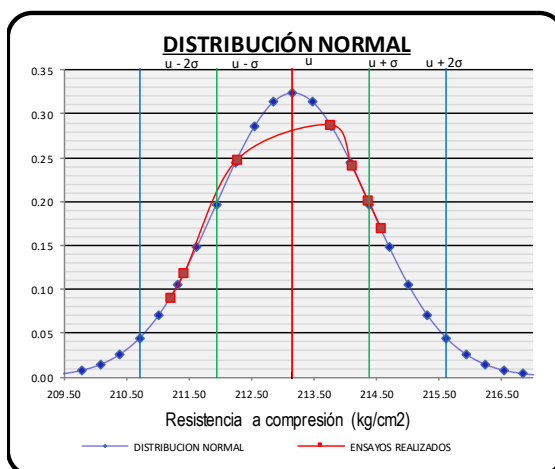
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR GENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANALISIS ESTADISTICO - CONCRETO PATRON (100%C+0%CCA)

Diseño	Probeta	Resistencia
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS	CP - 1	214.11
	CP - 2	214.36
	CP - 3	214.56
	CP - 4	212.26
	CP - 5	211.42
	CP - 6	213.76
	CP - 7	211.19

Intervalos de	X_i	f_i	F_i	$f_i \cdot X_i$	$(X_i - u)$	$(X_i - u)^2$	$f_i(X_i - u)^2$
[211.19 - 212.08 >	211.64	2.00	2.00	423.27	-1.53	2.33	4.66
[212.08 - 212.97 >	212.53	1.00	3.00	212.53	-0.64	0.40	0.40
[212.97 - 213.86 >	213.42	1.00	4.00	213.42	0.25	0.06	0.06
[213.86 - 214.75 >	214.31	3.00	7.00	642.92	1.14	1.31	3.93
		7.00		1492.13			9.05

NUMERO DE MUESTRAS : n = 7.00	VARIANZA : $\sigma^2 = 1.51$
RANGO DE DATOS : $R_x = 3.37$	DESVIACION ESTANDAR : $\sigma = 1.23$
$X_{max} = 214.56$ $X_{min} = 211.19$	COEFICIENTE DE VARIACION : CV = 0.58
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K = 3.79	PERCENTIL : $P_{10} \geq 0.70 = 211.50$
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C = 0.89	PERCENTIL : $P_{25} \geq 1.75 = 211.97$
MEDIA : u = 213.16	PERCENTIL : $P_{75} \geq 5.25 = 214.23$
MEDIANA : $u_m = 213.42$	PERCENTIL : $P_{90} \geq 6.30 = 214.54$
MODA : $u_o = 214.22$	
1er COEFICIENTE DE PEARSON : ($A_s=0 ; A_s>0 \rightarrow$ Der. ; $A_s<0 \rightarrow$ lzq.)	lzquierda -0.86
2do COEFICIENTE DE PEARSON : ($A_s=0 ; A_s>0 \rightarrow$ Der. ; $A_s<0 \rightarrow$ lzq.)	lzquierda -0.28
COEFICIENTE DE CURTOSIS : ($K<0.263 \rightarrow$ Lepto; $K=0.263 \rightarrow$ Meso; $K>0.263 \rightarrow$ Plati)	Plasticurtica 0.37





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

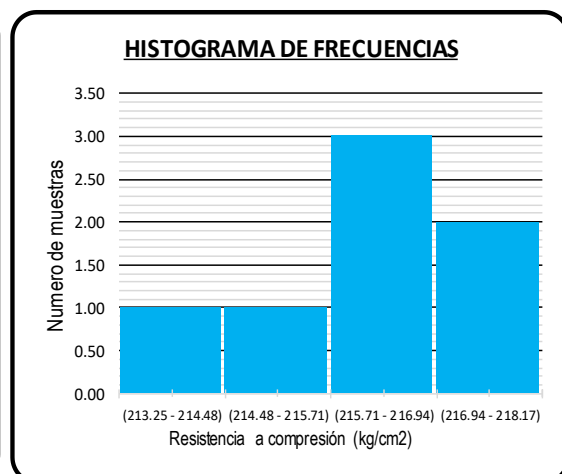
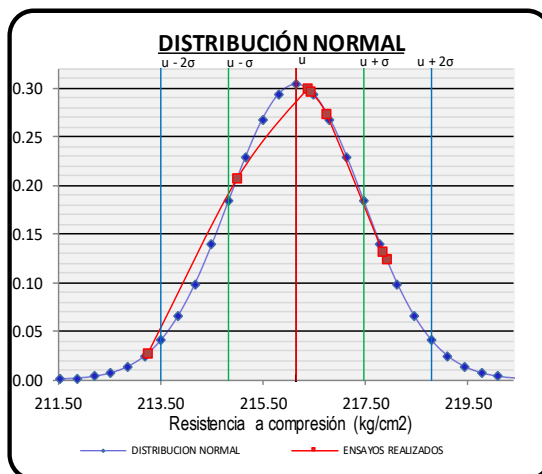
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR GENZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONCRETO CON SUSTITUCION (95%C+5%CCA)

Diseño	Probeta	Resistencia
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS	95% _C +5% _{CCA} - 1	216.75
	95% _C +5% _{CCA} - 2	216.37
	95% _C +5% _{CCA} - 3	217.91
	95% _C +5% _{CCA} - 4	217.85
	95% _C +5% _{CCA} - 5	216.42
	95% _C +5% _{CCA} - 6	213.25
	95% _C +5% _{CCA} - 7	215.00

Intervalos de	X _i	f _i	F _i	f _i .X _i	(X _i -u)	(X _i -u) ²	f _i (X _i -u) ²
[213.25 - 214.48 >	213.87	1.00	1.00	213.87	-2.28	5.22	5.22
[214.48 - 215.71 >	215.10	1.00	2.00	215.10	-1.05	1.11	1.11
[215.71 - 216.94 >	216.33	3.00	5.00	648.98	0.18	0.03	0.09
[216.94 - 218.17 >	217.56	2.00	7.00	435.11	1.41	1.98	3.95
		7.00		1513.05			10.37

NUMERO DE MUESTRAS : n = 7.00	VARIANZA : $\sigma^2 = 1.73$
RANGO DE DATOS : R _x = 4.66	DESVIACION ESTANDAR : $\sigma = 1.31$
X _{max} = 217.91 X _{min} = 213.25	COEFICIENTE DE VARIACION : CV = 0.61
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K = 3.79	PERCENTIL : P ₁₀ ≥ 0.70 = 214.11
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C = 1.23	PERCENTIL : P ₂₅ ≥ 1.75 = 215.40
MEDIA : u = 216.15	PERCENTIL : P ₇₅ ≥ 5.25 = 217.09
MEDIANA : u _m = 216.33	PERCENTIL : P ₉₀ ≥ 6.30 = 217.74
MODA : u _o = 216.53	
1er COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Izquierda -0.29
2do COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Izquierda -0.09
COEFICIENTE DE CURTOSIS : (K<0.263 → Lepto; K=0.263 → Meso; K>0.263 → Plat)	Leptocurtica 0.23





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

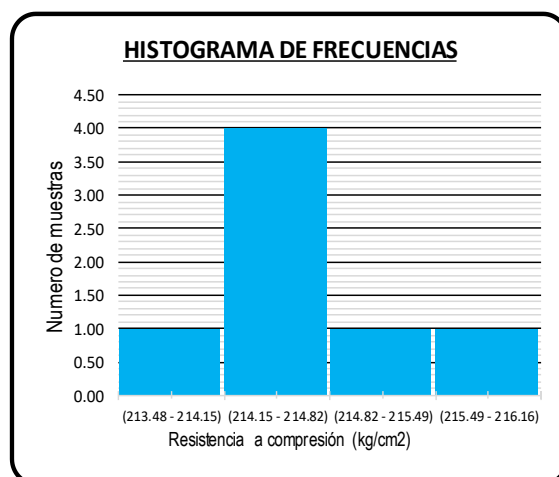
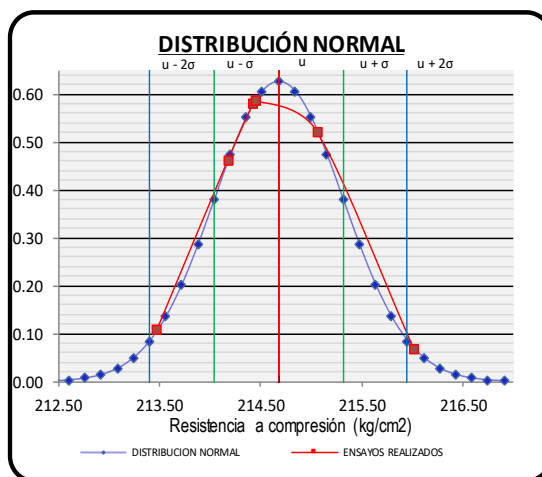
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR GENZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONCRETO CON SUSTITUCION (90%C+5%CCA)

Diseño	Probeta	Resistencia
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS	90% _C +5% _{CCA} - 1	213.48
	90% _C +5% _{CCA} - 2	214.45
	90% _C +5% _{CCA} - 3	214.18
	90% _C +5% _{CCA} - 4	214.43
	90% _C +5% _{CCA} - 5	215.06
	90% _C +5% _{CCA} - 6	216.02
	90% _C +5% _{CCA} - 7	214.45

Intervalos de	X _i	f _i	F _i	f _i .X _i	(X _i -u)	(X _i -u) ²	f _i (X _i -u) ²
[213.48 - 214.15 >	213.82	1.00	1.00	213.82	-0.86	0.74	0.74
[214.15 - 214.82 >	214.49	4.00	5.00	857.94	-0.19	0.04	0.15
[214.82 - 215.49 >	215.16	1.00	6.00	215.16	0.48	0.23	0.23
[215.49 - 216.16 >	215.83	1.00	7.00	215.83	1.15	1.32	1.32
		7.00		1502.74			2.44

NUMERO DE MUESTRAS : n = 7.00	VARIANZA : σ ² = 0.41
RANGO DE DATOS : R _x = 2.54	DESVIACION ESTANDAR : σ = 0.64
X _{max} = 216.02 X _{min} = 213.48	COEFICIENTE DE VARIACION : CV = 0.30
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K = 3.79	PERCENTIL : P ₁₀ ≥ 0.70 = 213.95
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C = 0.67	PERCENTIL : P ₂₅ ≥ 1.75 = 214.28
MEDIA : u = 214.68	PERCENTIL : P ₇₅ ≥ 5.25 = 214.99
MEDIANA : u _m = 213.82	PERCENTIL : P ₉₀ ≥ 6.30 = 215.69
MODA : u _o = 214.49	
1er COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Derecha 0.30
2do COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Derecha 2.29
COEFICIENTE DE CURTOSIS : (K<0.263 → Lepto; K=0.263 → Meso; K>0.263 → Plat)	Leptocurtica 0.20





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

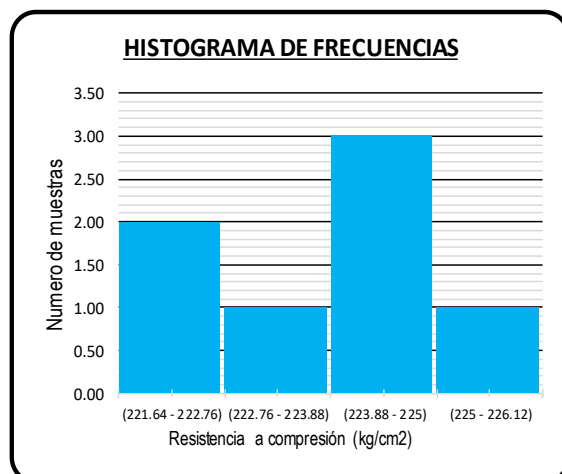
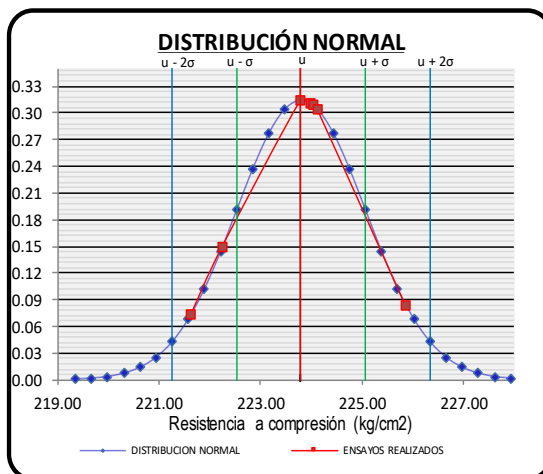
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANALISIS ESTADISTICO - CONCRETO CON SUSTITUCION (90%C+10%CCA)

Diseño	Probeta	Resistencia
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f _c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS	90% _c +10% _{CCA} - 1	223.98
	90% _c +10% _{CCA} - 2	224.04
	90% _c +10% _{CCA} - 3	223.80
	90% _c +10% _{CCA} - 4	224.13
	90% _c +10% _{CCA} - 5	225.87
	90% _c +10% _{CCA} - 6	222.25
	90% _c +10% _{CCA} - 7	221.64

Intervalos de	X _i	f _i	F _i	f _i .X _i	(X _i -u)	(X _i -u) ²	f _i (X _i -u) ²
221.64 - 222.76 >	222.20	2.00	2.00	444.40	-1.60	2.56	5.12
222.76 - 223.88 >	223.32	1.00	3.00	223.32	-0.48	0.23	0.23
223.88 - 225.00 >	224.44	3.00	6.00	673.32	0.64	0.41	1.23
225.00 - 226.12 >	225.56	1.00	7.00	225.56	1.76	3.10	3.10
		7.00		1566.60			9.68

NUMERO DE MUESTRAS : n = 7.00	VARIANZA : σ ² = 1.61
RANGO DE DATOS : R _x = 4.23	DESVIACION ESTANDAR : σ = 1.27
X _{max} = 225.87 X _{min} = 221.64	COEFICIENTE DE VARIACION : CV = 0.57
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K = 3.79	PERCENTIL : P ₁₀ ≥ 0.70 = 222.03
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C = 1.12	PERCENTIL : P ₂₅ ≥ 1.75 = 222.48
MEDIA : u = 223.80	PERCENTIL : P ₇₅ ≥ 5.25 = 224.16
MEDIANA : u _m = 224.07	PERCENTIL : P ₉₀ ≥ 6.30 = 225.34
MODA : u _o = 224.44	
1er COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Izquierda -0.50
2do COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Izquierda -0.89
COEFICIENTE DE CURTOSIS : (K<0.263 → Lepto; K=0.263 → Meso; K>0.263 → Plati)	Leptocurtica 0.25





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

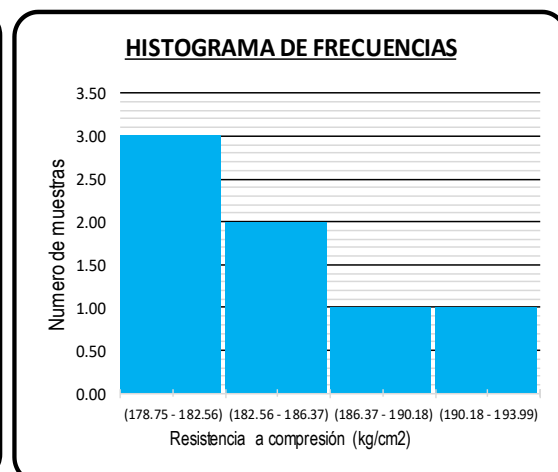
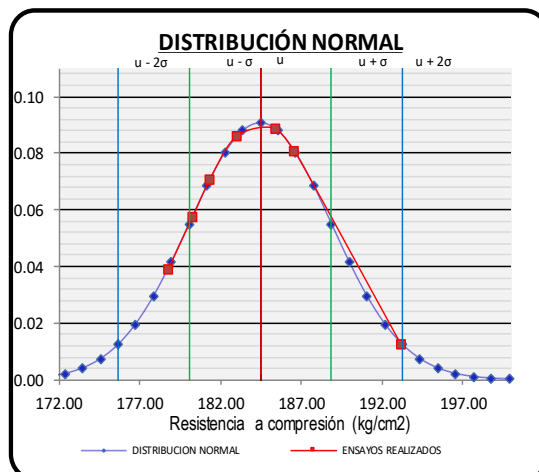
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANALISIS ESTADISTICO - CONCRETO CON SUSTITUCION (85%C+5%CCA)

Diseño	Probeta	Resistencia
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS	85% _C +5% _{CCA} - 1	185.38
	85% _C +5% _{CCA} - 2	181.34
	85% _C +5% _{CCA} - 3	180.26
	85% _C +5% _{CCA} - 4	183.00
	85% _C +5% _{CCA} - 5	186.58
	85% _C +5% _{CCA} - 6	178.75
	85% _C +5% _{CCA} - 7	193.19

Intervalos de	X _i	f _i	F _i	f _i .X _i	(X _i -u)	(X _i -u) ²	fi(X _i -u) ²
[178.75 - 182.56 >	180.66	3.00	3.00	541.97	-3.81	14.52	43.55
[182.56 - 186.37 >	184.47	2.00	5.00	368.93	0.00	0.00	0.00
[186.37 - 190.18 >	188.28	1.00	6.00	188.28	3.81	14.52	14.52
[190.18 - 193.99 >	192.09	1.00	7.00	192.09	7.62	58.06	58.06
		7.00		1291.26			116.13

NUMERO DE MUESTRAS : n = 7.00	VARIANZA : σ ² = 19.35
RANGO DE DATOS : R _x = 14.44	DESVIACION ESTANDAR : σ = 4.40
X _{max} = 193.19 X _{min} = 178.75	COEFICIENTE DE VARIACION : CV = 2.38
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K = 3.79	PERCENTIL : P ₁₀ ≥ 0.70 = 179.64
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C = 3.81	PERCENTIL : P ₂₅ ≥ 1.75 = 180.18
MEDIA : u = 184.47	PERCENTIL : P ₇₅ ≥ 5.25 = 187.32
MEDIANA : u _m = 180.66	PERCENTIL : P ₉₀ ≥ 6.30 = 191.32
MODA : u _o = 181.61	
1er COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Derecha 0.65
2do COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Derecha 0.87
COEFICIENTE DE CURTOSIS : (K<0.263 → Lepto; K=0.263 → Meso; K>0.263 → Plati)	Plasticurtica 0.31





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

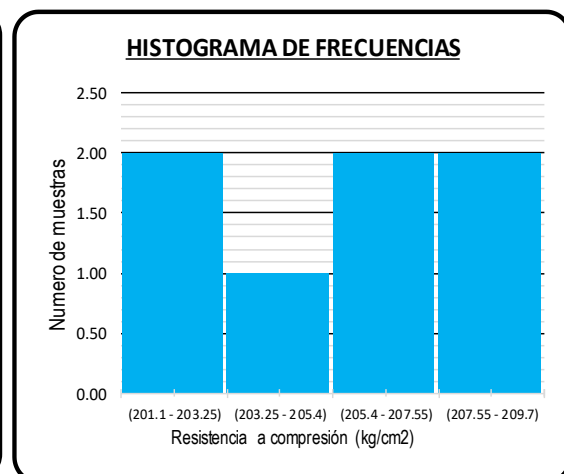
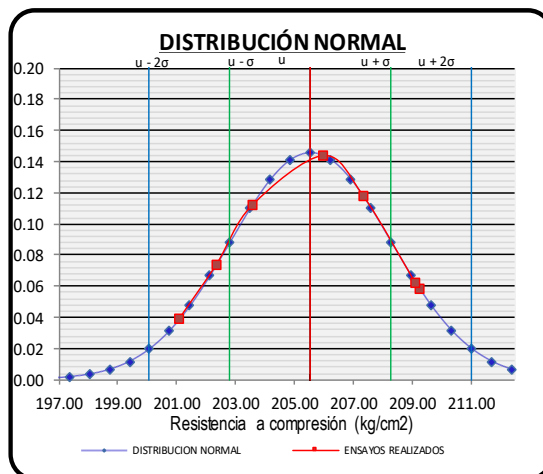
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANALISIS ESTADISTICO - CONCRETO CON SUSTITUCION (85%C+10%CCA)

Diseño	Probeta	Resistencia
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS	85% _C +10% _{CCA} - 1	205.96
	85% _C +10% _{CCA} - 2	207.33
	85% _C +10% _{CCA} - 3	209.11
	85% _C +10% _{CCA} - 4	209.25
	85% _C +10% _{CCA} - 5	202.36
	85% _C +10% _{CCA} - 6	203.57
	85% _C +10% _{CCA} - 7	201.10

Intervalos de	X _i	f _i	F _i	f _i .X _i	(X _i -u)	(X _i -u) ²	f _i (X _i -u) ²
[201.10 - 203.25 >	202.18	2.00	2.00	404.35	-3.38	11.41	22.83
[203.25 - 205.40 >	204.33	1.00	3.00	204.33	-1.23	1.51	1.51
[205.40 - 207.55 >	206.48	2.00	5.00	412.95	0.92	0.85	1.70
[207.55 - 209.70 >	208.63	2.00	7.00	417.25	3.07	9.43	18.87
		7.00		1438.88			44.90

NUMERO DE MUESTRAS : n = 7.00	VARIANZA : σ ² = 7.48
RANGO DE DATOS : R _x = 8.15	DESVIACION ESTANDAR : σ = 2.74
X _{max} = 209.25 X _{min} = 201.10	COEFICIENTE DE VARIACION : CV = 1.33
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K = 3.79	PERCENTIL : P ₁₀ ≥ 0.70 = 201.85
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C = 2.15	PERCENTIL : P ₂₅ ≥ 1.75 = 202.71
MEDIA : u = 205.55	PERCENTIL : P ₇₅ ≥ 5.25 = 207.82
MEDIANA : u _m = 205.94	PERCENTIL : P ₉₀ ≥ 6.30 = 208.95
MODA : u _o = 207.55	
1er COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Izquierda -0.73
2do COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Izquierda -0.26
COEFICIENTE DE CURTOSIS : (K<0.263 → Lepto; K=0.263 → Meso; K>0.263 → Plati)	Plasticurtica 0.36





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

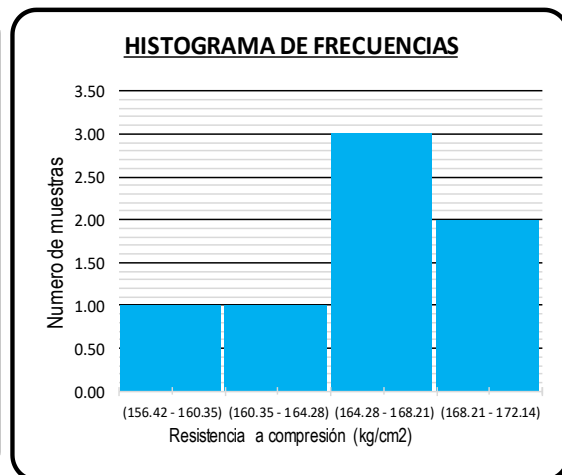
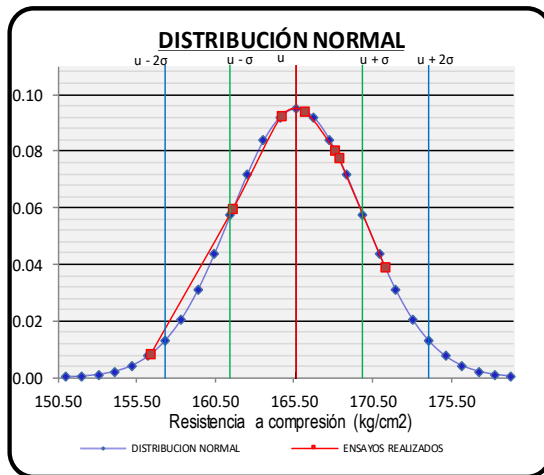
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANALISIS ESTADISTICO - CONCRETO CON SUSTITUCION (85%C+15%CCA)

Diseño	Probeta	Resistencia
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS	85% _C +15% _{CCA} - 1	168.13
	85% _C +15% _{CCA} - 2	171.31
	85% _C +15% _{CCA} - 3	168.36
	85% _C +15% _{CCA} - 4	166.21
	85% _C +15% _{CCA} - 5	164.75
	85% _C +15% _{CCA} - 6	156.42
	85% _C +15% _{CCA} - 7	161.61

Intervalos de	X _i	f _i	F _i	f _i .X _i	(X _i -u)	(X _i -u) ²	f _i (X _i -u) ²
[156.42 - 160.35 >	158.39	1.00	1.00	158.39	-7.30	53.27	53.27
[160.35 - 164.28 >	162.32	1.00	2.00	162.32	-3.37	11.35	11.35
[164.28 - 168.21 >	166.25	3.00	5.00	498.74	0.56	0.32	0.95
[168.21 - 172.14 >	170.18	2.00	7.00	340.35	4.49	20.17	40.35
		7.00		1159.79			105.91

NUMERO DE MUESTRAS : n = 7.00	VARIANZA : σ ² = 17.65
RANGO DE DATOS : R _x = 14.89	DESVIACION ESTANDAR : σ = 4.20
X _{max} = 171.31 X _{min} = 156.42	COEFICIENTE DE VARIACION : CV = 2.54
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K = 3.79	PERCENTIL : P ₁₀ ≥ 0.70 = 159.17
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C = 3.93	PERCENTIL : P ₂₅ ≥ 1.75 = 163.30
MEDIA : u = 165.68	PERCENTIL : P ₇₅ ≥ 5.25 = 168.70
MEDIANA : u _m = 166.25	PERCENTIL : P ₉₀ ≥ 6.30 = 170.76
MODA : u _o = 166.90	
1er COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Izquierda -0.29
2do COEFICIENTE DE PEARSON : (A _k =0 ; A _k >0 → Der. ; A _k <0 → lzq.)	Izquierda -0.09
COEFICIENTE DE CURTOSIS : (K<0.263 → Lepto; K=0.263 → Meso; K>0.263 → Plat)	Leptocurtica 0.23





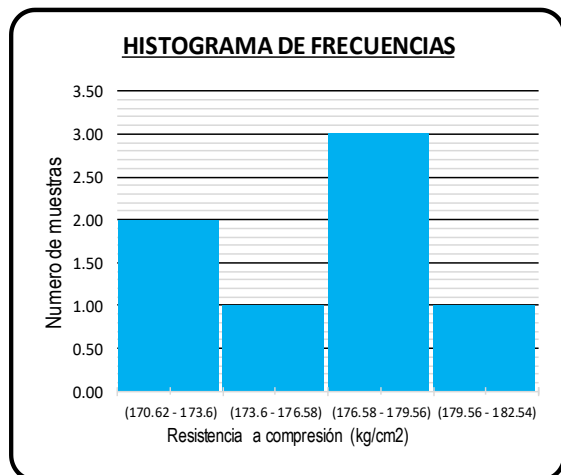
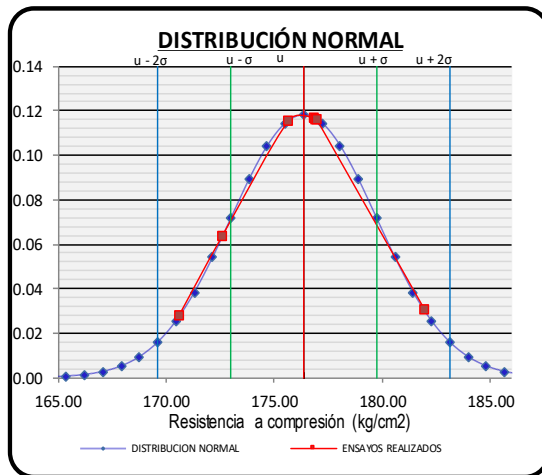
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR GENZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANÁLISIS ESTADÍSTICO - CONCRETO CON SUSTITUCION (80%C+5%CCA)							
Diseño		Probeta		Resistencia			
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS		80% _C +5% _{CCA} - 1		176.85			
		80% _C +5% _{CCA} - 2		176.92			
		80% _C +5% _{CCA} - 3		181.91			
		80% _C +5% _{CCA} - 4		175.67			
		80% _C +5% _{CCA} - 5		176.95			
		80% _C +5% _{CCA} - 6		172.60			
		80% _C +5% _{CCA} - 7		170.62			
Intervalos de	X _i	f _i	F _i	f _i .X _i	(X _i -u)	(X _i -u) ²	f _i (X _i -u) ²
[170.62 - 173.60 >	172.11	2.00	2.00	344.22	-4.26	18.12	36.25
[173.60 - 176.58 >	175.09	1.00	3.00	175.09	-1.28	1.63	1.63
[176.58 - 179.56 >	178.07	3.00	6.00	534.21	1.70	2.90	8.70
[179.56 - 182.54 >	181.05	1.00	7.00	181.05	4.68	21.93	21.93
		7.00		1234.57			68.51
NUMERO DE MUESTRAS	: n =	7.00	VARIANZA	: σ ² =	11.42		
RANGO DE DATOS	: R _x =	11.29	DESVIACION ESTANDAR	: σ =	3.38		
X _{max} = 181.91	X _{min} = 170.62		COEFICIENTE DE VARIACION	: CV =	1.92		
Nº DE INTERVALOS DE CLASE	: K =	3.79	PERCENTIL : P ₁₀ ≥ 0.70	=	171.66		
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS:	C =	2.98	PERCENTIL : P ₂₅ ≥ 1.75	=	172.86		
MEDIA	: u =	176.37	PERCENTIL : P ₇₅ ≥ 5.25	=	177.33		
MEDIANA	: u _m =	177.08	PERCENTIL : P ₉₀ ≥ 6.30	=	180.45		
MODA	: u _o =	178.07					
1er COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)					Izquierda	-0.50	
2do COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)					Izquierda	-0.89	
COEFICIENTE DE CURTOSIS : (K<0.263 → Lepto; K=0.263 → Meso; K>0.263 → Plati)					Leptocurtica	0.25	





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

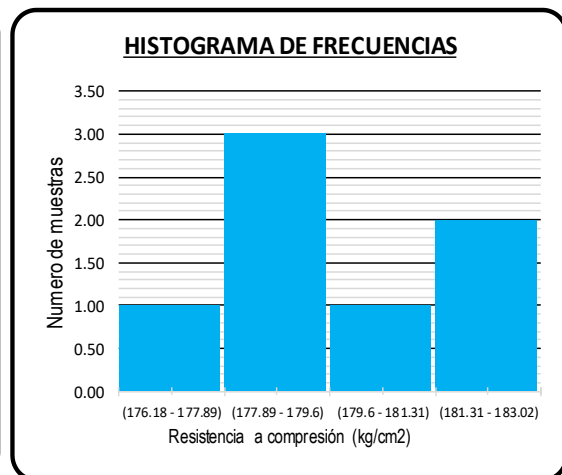
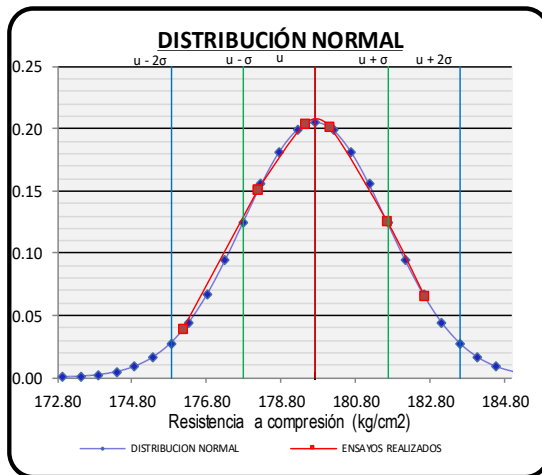
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANALISIS ESTADISTICO - CONCRETO CON SUSTITUCION (80%C+10%CCA)

Diseño	Probeta	Resistencia
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS	80% _C +10% _{CCA} - 1	179.46
	80% _C +10% _{CCA} - 2	180.11
	80% _C +10% _{CCA} - 3	176.18
	80% _C +10% _{CCA} - 4	181.65
	80% _C +10% _{CCA} - 5	178.19
	80% _C +10% _{CCA} - 6	182.65
	80% _C +10% _{CCA} - 7	178.19

Intervalos de	X _i	f _i	F _i	f _i .X _i	(X _i -u)	(X _i -u) ²	f _i (X _i -u) ²
[176.18 - 177.89 >	177.04	1.00	1.00	177.04	-2.69	7.22	7.22
[177.89 - 179.60 >	178.75	3.00	4.00	536.24	-0.98	0.95	2.86
[179.60 - 181.31 >	180.46	1.00	5.00	180.46	0.73	0.54	0.54
[181.31 - 183.02 >	182.17	2.00	7.00	364.33	2.44	5.97	11.94
		7.00		1258.06			22.56

NUMERO DE MUESTRAS : n =	7.00	VARIANZA : σ ² =	3.76
RANGO DE DATOS : R _x =	6.47	DESVIACION ESTANDAR : σ =	1.94
X _{max} = 182.65 X _{min} = 176.18		COEFICIENTE DE VARIACION : CV =	1.08
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K =	3.79	PERCENTIL : P ₁₀ ≥ 0.70	= 177.38
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C =	1.71	PERCENTIL : P ₂₅ ≥ 1.75	= 178.32
MEDIA : u =	179.72	PERCENTIL : P ₇₅ ≥ 5.25	= 181.52
MEDIANA : u _m =	178.75	PERCENTIL : P ₉₀ ≥ 6.30	= 182.42
MODA : u _o =	178.75		
1er COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → Izq.)		Derecha	0.50
2do COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → Izq.)		Derecha	0.73
COEFICIENTE DE CURTOSIS : (K<0.263 → Lepto; K=0.263 → Meso; K>0.263 → Plati)		Plasticurtica	0.32





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



REALIZADO POR : QUISPE VILCA, YONNY WILBER

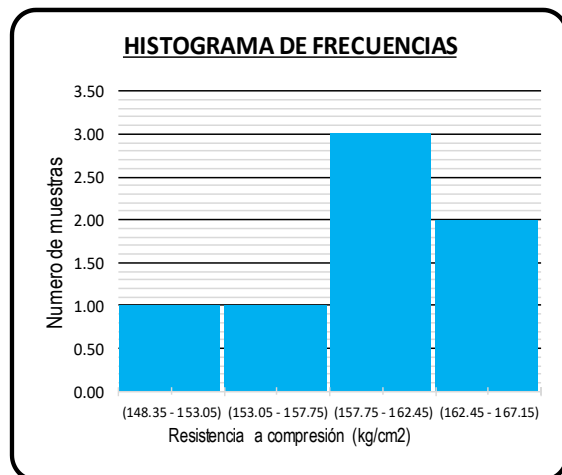
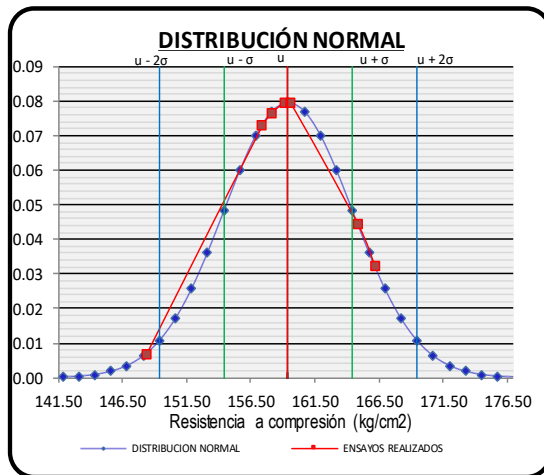
TESIS : "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR GENZA DE CASCARA DE ARROZ EN LA ZONA ALTIPLÁNICA".

ANALISIS ESTADISTICO - CONCRETO CON SUSTITUCION (80%C+20%CCA)

Diseño	Probeta	Resistencia
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f _c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS	80% _c +20% _{CCA} - 1	159.15
	80% _c +20% _{CCA} - 2	166.16
	80% _c +20% _{CCA} - 3	158.09
	80% _c +20% _{CCA} - 4	164.85
	80% _c +20% _{CCA} - 5	157.35
	80% _c +20% _{CCA} - 6	148.35
	80% _c +20% _{CCA} - 7	159.63

Intervalos de	X _i	f _i	F _i	f _i .X _i	(X _i -u)	(X _i -u) ²	f _i (X _i -u) ²
[148.35 - 153.05 >	150.70	1.00	1.00	150.70	-8.73	76.19	76.19
[153.05 - 157.75 >	155.40	1.00	2.00	155.40	-4.03	16.23	16.23
[157.75 - 162.45 >	160.10	3.00	5.00	480.30	0.67	0.45	1.35
[162.45 - 167.15 >	164.80	2.00	7.00	329.60	5.37	28.85	57.70
		7.00		1116.00			151.47

NUMERO DE MUESTRAS : n = 7.00	VARIANZA : σ ² = 25.25
RANGO DE DATOS : R _x = 17.81	DESVIACION ESTANDAR : σ = 5.02
X _{max} = 166.16 X _{min} = 148.35	COEFICIENTE DE VARIACION : CV = 3.15
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K = 3.79	PERCENTIL : P ₁₀ ≥ 0.70 = 151.64
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C = 4.70	PERCENTIL : P ₂₅ ≥ 1.75 = 156.58
MEDIA : u = 159.43	PERCENTIL : P ₇₅ ≥ 5.25 = 163.04
MEDIANA : u _m = 160.10	PERCENTIL : P ₉₀ ≥ 6.30 = 165.51
MODA : u _o = 160.88	
1er COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Izquierda -0.29
2do COEFICIENTE DE PEARSON : (A _s =0 ; A _s >0 → Der. ; A _s <0 → lzq.)	Izquierda -0.09
COEFICIENTE DE CURTOSIS : (K<0.263 → Lepto; K=0.263 → Meso; K>0.263 → Plati)	Leptocurtica 0.23



ANEXOS G: TABLAS ESTADÍSTICAS.

Anexo G-1: Tablas de distribución “t” de student.

354 | CIRO MARTÍNEZ BENCARDINO
ESTADÍSTICA Y MUESTREO

Tabla 8.3 Tabla de distribución “t” de Student

NIVEL DE SIGNIFICACIÓN PARA PRUEBAS DE UNA COLA						
Grados de libertad v	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
	Nivel de significación para pruebas de dos colas					
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,598
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,941
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,859
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,405
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,767
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291

Fuente: Esta tabla es un resumen de la Tabla III de Fisher y Yates: *Statistical Tables for Biological, Agricultural, and Medical Research*, obra publicada por Oliver & Boyd Ltd., Edimburgo.

ANEXOS H: NORMAS Y REPORTES.

Anexo H-1: Práctica estándar para fabricación y curado de especímenes de concreto (ASTM C 31/ C 31M – 03a).



Designation: C 31/C 31M – 03a

Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field¹

This standard is issued under the fixed designation C 31/C 31M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice covers procedures for making and curing cylinder and beam specimens from representative samples of fresh concrete for a construction project.

1.2 The concrete used to make the molded specimens shall be sampled after all on-site adjustments have been made to the mixture proportions, including the addition of mix water and admixtures. This practice is not satisfactory for making specimens from concrete not having measurable slump or requiring other sizes or shapes of specimens.

1.3 The values stated in either inch-pound units or SI units shall be regarded separately as standard. The SI units are shown in brackets. The values stated may not be exact equivalents; therefore each system must be used independently of the other. Combining values from the two units may result in nonconformance.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates²
- C 138/C 138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete²
- C 143/C 143M Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete²
- C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete²
- C 173/C 173M Test Method for Air Content of Freshly

Mixed Concrete by the Volumetric Method²

C 192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²

C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method²

C 330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete²

C 403/C 403M Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance²

C 470/C 470M Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically²

C 511 Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes³

C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²

C 1064/C 1064M Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete²

2.2 American Concrete Institute Publication:⁴

- CP-1 Concrete Field Testing Technician, Grade I
- 309R Guide for Consolidation of Concrete

3. Terminology

3.1 For definitions of terms used in this practice, refer to Terminology C 125.

4. Significance and Use

4.1 This practice provides standardized requirements for making, curing, protecting, and transporting concrete test specimens under field conditions.

4.2 If the specimens are made and standard cured, as stipulated herein, the resulting strength test data when the specimens are tested are able to be used for the following purposes:

- 4.2.1 Acceptance testing for specified strength,
- 4.2.2 Checking adequacy of mixture proportions for strength, and

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Feb. 10, 2003. Published April 2003. Originally approved in 1920. Last previous edition approved in 2003 as C 31/C 31M-03.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.01.

⁴ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333-9094.

C 31/C 31M – 03a

4.2.3 Quality control.

4.3 If the specimens are made and field cured, as stipulated herein, the resulting strength test data when the specimens are tested are able to be used for the following purposes:

4.3.1 Determination of whether a structure is capable of being put in service,

4.3.2 Comparison with test results of standard cured specimens or with test results from various in-place test methods,

4.3.3 Adequacy of curing and protection of concrete in the structure, or

4.3.4 Form or shoring removal time requirements.

5. Apparatus

5.1 *Molds, General*—Molds for specimens or fastenings thereto in contact with the concrete shall be made of steel, cast iron, or other nonabsorbent material, nonreactive with concrete containing portland or other hydraulic cements. Molds shall hold their dimensions and shape under all conditions of use. Molds shall be watertight during use as judged by their ability to hold water poured into them. Provisions for tests of water leakage are given in the Test Methods for Elongation, Absorption, and Water Leakage section of Specification C 470/C 470M. A suitable sealant, such as heavy grease, modeling clay, or microcrystalline wax shall be used where necessary to prevent leakage through the joints. Positive means shall be provided to hold base plates firmly to the molds. Reusable molds shall be lightly coated with mineral oil or a suitable nonreactive form release material before use.

5.2 *Cylinder Molds*—Molds for casting concrete test specimens shall conform to the requirements of Specification C 470/C 470M.

5.3 *Beam Molds*—Beam molds shall be of the shape and dimensions required to produce the specimens stipulated in 6.2. The inside surfaces of the molds shall be smooth. The sides, bottom, and ends shall be at right angles to each other and shall be straight and true and free of warp. Maximum variation from the nominal cross section shall not exceed 1/8 in. [3 mm] for molds with depth or breadth of 6 in. [150 mm] or more. Molds shall produce specimens at least as long but not more than 1/16 in. [2 mm] shorter than the required length in 6.2.

5.4 *Tamping Rod*—A round, straight steel rod with the dimensions conforming to those in Table 1, having the tamping end or both ends rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod.

5.5 *Vibrators*—Internal vibrators shall be used. The vibrator frequency shall be at least 7000 vibrations per minute [150 Hz] while the vibrator is operating in the concrete. The diameter of a round vibrator shall be no more than one-fourth the diameter of the cylinder mold or one-fourth the width of the beam mold. Other shaped vibrators shall have a perimeter equivalent to the

circumference of an appropriate round vibrator. The combined length of the vibrator shaft and vibrating element shall exceed the depth of the section being vibrated by at least 3 in. [75 mm]. The vibrator frequency shall be checked periodically.

NOTE 1—For information on size and frequency of various vibrators and a method to periodically check vibrator frequency see ACI 309.

5.6 *Mallet*—A mallet with a rubber or rawhide head weighing 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.2 kg] shall be used.

5.7 *Small Tools*—Shovels, hand-held floats, scoops, and a vibrating-reed tachometer shall be provided.

5.8 *Slump Apparatus*—The apparatus for measurement of slump shall conform to the requirements of Test Method C 143/C 143M.

5.9 *Sampling Receptacle*—The receptacle shall be a suitable heavy gage metal pan, wheelbarrow, or flat, clean nonabsorbent board of sufficient capacity to allow easy remixing of the entire sample with a shovel or trowel.

5.10 *Air Content Apparatus*—The apparatus for measuring air content shall conform to the requirements of Test Methods C 173/C 173M or C 231.

5.11 *Temperature Measuring Devices*—The temperature measuring devices shall conform to the applicable requirements of Test Method C 1064/C 1064M.

6. Testing Requirements

6.1 *Cylindrical Specimens*—Compressive or splitting tensile strength specimens shall be cylinders cast and allowed to set in an upright position. The length shall be twice the diameter. The cylinder diameter shall be at least 3 times the nominal maximum size of the coarse aggregate. When the nominal maximum size of the coarse aggregate exceeds 2 in. [50 mm], the concrete sample shall be treated by wet sieving through a 2-in. [50-mm] sieve as described in Practice C 172. For acceptance testing for specified compressive strength, cylinders shall be 6 by 12 in. [150 by 300 mm] or when specified 4 × 8 in. [100 × 200 mm] (Note 2).

NOTE 2—When molds in SI units are required and not available, equivalent inch-pound unit size mold should be permitted.

6.2 *Beam Specimens*—Flexural strength specimens shall be beams of concrete cast and hardened in the horizontal position. The length shall be at least 2 in. [50 mm] greater than three times the depth as tested. The ratio of width to depth as molded shall not exceed 1.5. The standard beam shall be 6 by 6 in. [150 by 150 mm] in cross section, and shall be used for concrete with nominal maximum size coarse aggregate up to 2 in. [50 mm]. When the nominal maximum size of the coarse aggregate exceeds 2 in. [50 mm], the smaller cross sectional dimension of the beam shall be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate. Unless required by project specifications, beams made in the field shall not have a width or depth of less than 6 in. [150 mm].

6.3 *Field Technicians*—The field technicians making and curing specimens for acceptance testing shall be certified ACI Field Testing Technicians, Grade 1 or equivalent. Equivalent personnel certification programs shall include both written and performance examinations, as outlined in ACI CP-1.

TABLE 1 Tamping Rod Requirements

Diameter of Cylinder or Width of Beam in. [mm]	Rod Dimensions ^a	
	Diameter in. [mm]	Length of Rod in. [mm]
4 [100]	3/8 [10]	12 [300]
6 [150]	5/8 [16]	20 [500]
9 [225]	5/8 [16]	26 [650]

^a Rod tolerances length ± 4 in. [100 mm] and diameter ± 1/16 in. [2 mm].

C 31/C 31M – 03a

7. Sampling Concrete

7.1 The samples used to fabricate test specimens under this standard shall be obtained in accordance with Practice C 172 unless an alternative procedure has been approved.

7.2 Record the identification of the sample with respect to the location of the concrete represented and the time of casting.

8. Slump, Air Content, and Temperature

8.1 *Slump*—Measure and record the slump of each batch of concrete from which specimens are made immediately after remixing in the receptacle, as required in Test Method C 143/C 143M.

8.2 *Air Content*— Determine and record the air content in accordance with either Test Method C 173/C 173M or Test Method C 231. The concrete used in performing the air content test shall not be used in fabricating test specimens.

8.3 *Temperature*— Determine and record the temperature in accordance with Test Method C 1064/C 1064M.

NOTE 3—Some specifications may require the measurement of the unit weight of concrete. The volume of concrete produced per batch may be desired on some projects. Also, additional information on the air content measurements may be desired. Test Method C 138/C 138M is used to measure the unit weight, yield, and gravimetric air content of freshly mixed concrete.

9. Molding Specimens

9.1 *Place of Molding*— Mold specimens promptly on a level, rigid surface, free of vibration and other disturbances, at a place as near as practicable to the location where they are to be stored.

9.2 *Casting Cylinders*—Select the proper tamping rod from 5.4 and Table 1 or the proper vibrator from 5.5. Determine the method of consolidation from Table 2, unless another method is specified. If the method of consolidation is rodding, determine molding requirements from Table 3. If the method of consolidation is vibration, determine molding requirements from Table 4. Select a small tool of a size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle will be representative and small enough so concrete is not lost when being placed in the mold. While placing the concrete in the mold, move the small tool around the perimeter of the mold opening to ensure an even distribution of the concrete and minimize segregation. Each layer of concrete shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation.

9.3 *Casting Beams*— Select the proper tamping rod from 5.4 and Table 1 or proper vibrator from 5.5. Determine the method of consolidation from Table 2, unless another method is specified. If the method of consolidation is rodding, determine the molding requirements from Table 3. If the method of consolidation is vibration, determine the molding requirements from Table 4. Determine the number of roddings per layer, one

TABLE 2 Method of Consolidation Requirements

Slump in. (mm)	Method of Consolidation
≥ 1 [25]	rodding or vibration
< 1 [25]	vibration

TABLE 3 Molding Requirements by Rodding

Specimen Type and Size	Number of Layers of Approximately Equal Depth	Number of Roddings per Layer
Cylinders:		
Diameter, in. [mm]		
4 [100]	2	25
6 [150]	3	25
9 [225]	4	50
Beams:		
Width, in. [mm]		
6 [150] to 8 [200]	2	see 9.3
>8 [200]	3 or more equal depths, each not to exceed 6 in. [150 mm].	see 9.3

TABLE 4 Molding Requirements by Vibration

Specimen Type and Size	Number of Layers	Number of Vibrator Insertions per Layer	Approximate Depth of Layer, in. [mm]
Cylinders:			
Diameter, in. [mm]			
4 [100]	2	1	one-half depth of specimen
6 [150]	2	2	one-half depth of specimen
9 [225]	2	4	one-half depth of specimen
Beams:			
Width, in. [mm]			
6 [150] to 8 [200]	1	see 9.4.2	depth of specimen
over 8 [200]	2 or more	see 9.4.2	8 [200] as near as practicable

for each 2 in.² [14 cm²] of the top surface area of the beam. Select a small tool, of the size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle is representative and small enough so concrete is not lost when placed in the mold. Each layer shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation. Place the concrete so that it is uniformly distributed within each layer with a minimum of segregation.

9.4 *Consolidation*— The methods of consolidation for this practice are rodding or internal vibration.

9.4.1 *Rodding*—Place the concrete in the mold, in the required number of layers of approximately equal volume. Rod each layer with the rounded end of the rod using the required number of roddings. Rod the bottom layer throughout its depth. Distribute the roddings uniformly over the cross section of the mold. For each upper layer, allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is rodded, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet, to close any holes left by rodding and to release any large air bubbles that may have been trapped. Use an open hand to tap light-gage single-use cylinder molds which are susceptible to damage if tapped with a mallet. After tapping, spade each layer of the concrete along the sides and ends of beam molds with a trowel or other suitable tool. Underfilled molds shall be adjusted with representative concrete during consolidation of the top layer. Overfilled molds shall have excess concrete removed.



C 31/C 31M – 03a

9.4.2 *Vibration*—Maintain a uniform duration of vibration for the particular kind of concrete, vibrator, and specimen mold involved. The duration of vibration required will depend upon the workability of the concrete and the effectiveness of the vibrator. Usually sufficient vibration has been applied as soon as the surface of the concrete has become relatively smooth and large air bubbles cease to break through the top surface. Continue vibration only long enough to achieve proper consolidation of the concrete (see Note 4). Fill the molds and vibrate in the required number of approximately equal layers. Place all the concrete for each layer in the mold before starting vibration of that layer. In compacting the specimen, insert the vibrator slowly and do not allow it to rest on the bottom or sides of the mold. Slowly withdraw the vibrator so that no large air pockets are left in the specimen. When placing the final layer, avoid overfilling by more than $\frac{1}{4}$ in. [6 mm].

NOTE 4—Generally, no more than 5 s of vibration should be required for each insertion to adequately consolidate concrete with a slump greater than 3 in. [75 mm]. Longer times may be required for lower slump concrete, but the vibration time should rarely have to exceed 10 s per insertion.

9.4.2.1 *Cylinders*—The number of insertions of the vibrator per layer is given in Table 4. When more than one insertion per layer is required distribute the insertion uniformly within each layer. Allow the vibrator to penetrate through the layer being vibrated, and into the layer below, approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold at least 10 times with the mallet, to close holes that remain and to release entrapped air voids. Use an open hand to tap cardboard and single-use metal molds that are susceptible to damage if tapped with a mallet.

9.4.2.2 *Beams*—Insert the vibrator at intervals not exceeding 6 in. [150 mm] along the center line of the long dimension of the specimen. For specimens wider than 6 in., use alternating insertions along two lines. Allow the shaft of the vibrator to penetrate into the bottom layer approximately 1 in. (25 mm). After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold sharply at least 10 times with the mallet to close holes left by vibrating and to release entrapped air voids.

9.5 *Finishing*—After consolidation, strike off excess concrete from the surface and float or trowel as required. Perform all finishing with the minimum manipulation necessary to produce a flat even surface that is level with the rim or edge of the mold and that has no depressions or projections larger than $\frac{1}{8}$ in. [3.3 mm].

9.5.1 *Cylinders*—After consolidation, finish the top surfaces by striking them off with the tamping rod where the consistency of the concrete permits or with a wood float or trowel. If desired, cap the top surface of freshly made cylinders with a thin layer of stiff portland cement paste which is permitted to harden and cure with the specimen. See section on Capping Materials of Practice C 617.

9.5.2 *Beams*—After consolidation of the concrete, use a hand-held float to strike off the top surface to the required tolerance to produce a flat, even surface.

9.6 *Identification*—Mark the specimens to positively identify them and the concrete they represent. Use a method that will not alter the top surface of the concrete. Do not mark the

removable caps. Upon removal of the molds, mark the test specimens to retain their identities.

10. Curing

10.1 *Standard Curing*—Standard curing is the curing method used when the specimens are made and cured for the purposes stated in 4.2.


10.1.1 *Storage*—If specimens cannot be molded at the place where they will receive initial curing, immediately after finishing move the specimens to an initial curing place for storage. The supporting surface on which specimens are stored shall be level to within $\frac{1}{4}$ in. per ft [20 mm per m]. If cylinders in the single use molds are moved, lift and support the cylinders from the bottom of the molds with a large trowel or similar device. If the top surface is marred during movement to place of initial storage, immediately refinish.

10.1.2 *Initial Curing*—Immediately after molding and finishing, the specimens shall be stored for a period up to 48 h in a temperature range from 60 and 80°F [16 and 27°C] and in an environment preventing moisture loss from the specimens. For concrete mixtures with a specified strength of 6000 psi [40 MPa] or greater, the initial curing temperature shall be between 68 and 78°F [20 and 26°C]. Various procedures are capable of being used during the initial curing period to maintain the specified moisture and temperature conditions. An appropriate procedure or combination of procedures shall be used (Note 5). Shield all specimens from the direct sunlight and, if used, radiant heating devices. The storage temperature shall be controlled by use of heating and cooling devices, as necessary. Record the temperature using a maximum-minimum thermometer. If cardboard molds are used, protect the outside surface of the molds from contact with wet burlap or other sources of water.

NOTE 5—A satisfactory moisture environment can be created during the initial curing of the specimens by one or more of the following procedures: (1) immediately immerse molded specimens with plastic lids in water saturated with calcium hydroxide, (2) store in properly constructed wooden boxes or structures, (3) place in damp sand pits, (4) cover with removable plastic lids, (5) place inside plastic bags, or (6) cover with plastic sheets or nonabsorbent plates if provisions are made to avoid drying and damp burlap is used inside the enclosure, but the burlap is prevented from contacting the concrete surfaces. A satisfactory temperature environment can be controlled during the initial curing of the specimens by one or more of the following procedures: (1) use of ventilation, (2) use of ice, (3) use of thermostatically controlled heating or cooling devices, or (4) use of heating methods such as stoves or light bulbs. Other suitable methods may be used provided the requirements limiting specimen storage temperature and moisture loss are met. For concrete mixtures with a specified strength of 6000 psi [40 MPa] or greater, heat generated during the early ages may raise the temperature above the required storage temperature. Immersion in water saturated with calcium hydroxide may be the easiest method to maintain the required storage temperature. When specimens are to be immersed in water saturated with calcium hydroxide, specimens in cardboard molds or other molds that expand when immersed in water should not be used. Early-age strength test results may be lower when stored at 60°F [16°C] and higher when stored at 80°F [27°C]. On the other hand, at later ages, test results may be lower for higher initial storage temperatures.

10.1.3 Final Curing:

10.1.3.1 *Cylinders*—Upon completion of initial curing and within 30 min after removing the molds, cure specimens with

 C 31/C 31M – 03a

free water maintained on their surfaces at all times at a temperature of $73 \pm 3^\circ\text{F}$ [$23 \pm 2^\circ\text{C}$] using water storage tanks or moist rooms complying with the requirements of Specification C 511, except when capping with sulfur mortar capping compound and immediately prior to testing. When capping with sulfur mortar capping compound, the ends of the cylinder shall be dry enough to preclude the formation of steam or foam pockets under or in cap larger than $\frac{1}{4}$ in. [6 mm] as described in Practice C 617. For a period not to exceed 3 h immediately prior to test, standard curing temperature is not required provided free moisture is maintained on the cylinders and ambient temperature is between 68 and 86°F [20 and 30°C].

10.1.3.2 *Beams*—Beams are to be cured the same as cylinders (see 10.1.3.1) except that they shall be stored in water saturated with calcium hydroxide at $73 \pm 3^\circ\text{F}$ [$23 \pm 2^\circ\text{C}$] at least 20 h prior to testing. Drying of the surfaces of the beam shall be prevented between removal from water storage and completion of testing.

Note 6—Relatively small amounts of surface drying of flexural specimens can induce tensile stresses in the extreme fibers that will markedly reduce the indicated flexural strength.

10.2 *Field Curing*—Field curing is the curing method used for the specimens made and cured as stated in 4.3.

10.2.1 *Cylinders*—Store cylinders in or on the structure as near to the point of deposit of the concrete represented as possible. Protect all surfaces of the cylinders from the elements in as near as possible the same way as the formed work. Provide the cylinders with the same temperature and moisture environment as the structural work. Test the specimens in the moisture condition resulting from the specified curing treatment. To meet these conditions, specimens made for the purpose of determining when a structure is capable of being put in service shall be removed from the molds at the time of removal of form work.

10.2.2 *Beams*—As nearly as practicable, cure beams in the same manner as the concrete in the structure. At the end of 48 ± 4 h after molding, take the molded specimens to the storage location and remove from the molds. Store specimens representing pavements of slabs on grade by placing them on the ground as molded, with their top surfaces up. Bank the sides and ends of the specimens with earth or sand that shall be kept damp, leaving the top surfaces exposed to the specified curing treatment. Store specimens representing structure concrete as near the point in the structure they represent as possible, and afford them the same temperature protection and

moisture environment as the structure. At the end of the curing period leave the specimens in place exposed to the weather in the same manner as the structure. Remove all beam specimens from field storage and store in water saturated with calcium hydroxide at $73 \pm 3^\circ\text{F}$ [$23 \pm 2^\circ\text{C}$] for 24 ± 4 h immediately before time of testing to ensure uniform moisture condition from specimen to specimen. Observe the precautions given in 10.1.3.2 to guard against drying between time of removal from curing to testing.

10.3 *Structural Lightweight Concrete Curing*—Cure structural lightweight concrete cylinders in accordance with Specification C 330.

11. Transportation of Specimens to Laboratory

11.1 Prior to transporting, cure and protect specimens as required in Section 10. Specimens shall not be transported until at least 8 h after final set. (See Note 7). During transporting, protect the specimens with suitable cushioning material to prevent damage from jarring. During cold weather, protect the specimens from freezing with suitable insulation material. Prevent moisture loss during transportation by wrapping the specimens in plastic, wet burlap, by surrounding them with wet sand, or tight fitting plastic caps on plastic molds. Transportation time shall not exceed 4 h.

Note 7—Setting time may be measured by Test Method C 403.

12. Report

12.1 Report the following information to the laboratory that will test the specimens:

- 12.1.1 Identification number,
- 12.1.2 Location of concrete represented by the samples,
- 12.1.3 Date, time and name of individual molding specimens,
- 12.1.4 Slump, air content, and concrete temperature, test results and results of any other tests on the fresh concrete and any deviations from referenced standard test methods, and
- 12.1.5 Curing method. For standard curing method, report the initial curing method with maximum and minimum temperatures and final curing method. For field curing method, report the location where stored, manner of protection from the elements, temperature and moisture environment, and time of removal from molds.

13. Keywords

13.1 beams; casting samples; concrete; curing; cylinders; testing

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

Anexo H-2: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C39/C39M – 14).



Designation: C39/C39M – 14

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m³ [50 lb/ft³].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in the Manual of Aggregate and Concrete Testing are recommended.)*

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds

C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation

C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

E4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines
Manual of Aggregate and Concrete Testing

3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

4.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices C31/C31M, C192/C192M, C617, and C1231/C1231M and Test Methods C42/C42M and C873.

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Feb. 1, 2014. Published February 2014. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2012 as C39/C39M–12a. DOI: 10.1520/C0039_C0039M-14.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014
Downloaded/printed by

Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

 C39/C39M – 14

operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures; and similar uses.

4.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall meet the concrete laboratory technician requirements of Practice C1077, including an examination requiring performance demonstration that is evaluated by an independent examiner.

NOTE 1—Certification equivalent to the minimum guidelines for ACI Concrete Laboratory Technician, Level I or ACI Concrete Strength Testing Technician will satisfy this requirement.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 7.5.

5.1.1 Verify calibration of the testing machines in accordance with Practices E4, except that the verified loading range shall be as required in 5.3. Verification is required:

5.1.1.1 Within 13 months of the last calibration.

5.1.1.2 On original installation or immediately after relocation.

5.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the mass of bearing blocks or specimen, or both, or

5.1.1.4 Whenever there is reason to suspect the accuracy of the indicated loads.

5.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

5.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 7.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

5.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E74.

NOTE 2—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

5.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

5.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed $\pm 1.0\%$ of the indicated load.

5.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

5.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification

device shall be recorded at each test point. Calculate the error, E , and the percentage of error, E_p , for each point from these data as follows:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100(A - B)/B$$

where:

A = load, kN [lbf] indicated by the machine being verified, and

B = applied load, kN [lbf] as determined by the calibrating device.

5.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket acceptance or rejection. In no case shall the loading range be stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load estimable on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10% of the maximum range capacity.

5.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

5.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.

5.2 The testing machine shall be equipped with two steel bearing blocks with hardened faces (Note 3), one of which is a spherically seated block that will bear on the upper surface of the specimen, and the other a solid block on which the specimen shall rest. Bearing faces of the blocks shall have a minimum dimension at least 3% greater than the diameter of the specimen to be tested. Except for the concentric circles described below, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.02 mm [0.001 in.] in any 150 mm [6 in.] of blocks 150 mm [6 in.] in diameter or larger, or by more than 0.02 mm [0.001 in.] in the diameter of any smaller block; and new blocks shall be manufactured within one half of this tolerance. When the diameter of the bearing face of the spherically seated block exceeds the diameter of the specimen by more than 13 mm [0.5 in.], concentric circles not more than 0.8 mm [0.03 in.] deep and not more than 1 mm [0.04 in.] wide shall be inscribed to facilitate proper centering.

NOTE 3—It is desirable that the bearing faces of blocks used for compression testing of concrete have a Rockwell hardness of not less than 55 HRC.

5.2.1 Bottom bearing blocks shall conform to the following requirements:

5.2.1.1 The bottom bearing block is specified for the purpose of providing a readily machinable surface for maintenance of the specified surface conditions (Note 4). The top and bottom surfaces shall be parallel to each other. If the testing machine is so designed that the platen itself is readily maintained in the specified surface condition, a bottom block is not required. Its least horizontal dimension shall be at least 3%

C39/C39M - 14

greater than the diameter of the specimen to be tested. Concentric circles as described in 5.2 are optional on the bottom block.

NOTE 4—The block may be fastened to the platen of the testing machine.

5.2.1.2 Final centering must be made with reference to the upper spherical block. When the lower bearing block is used to assist in centering the specimen, the center of the concentric rings, when provided, or the center of the block itself must be directly below the center of the spherical head. Provision shall be made on the platen of the machine to assure such a position.

5.2.1.3 The bottom bearing block shall be at least 25 mm [1 in.] thick when new, and at least 22.5 mm [0.9 in.] thick after any resurfacing operations.

5.2.2 The spherically seated bearing block shall conform to the following requirements:

5.2.2.1 The maximum diameter of the bearing face of the suspended spherically seated block shall not exceed the values given below:

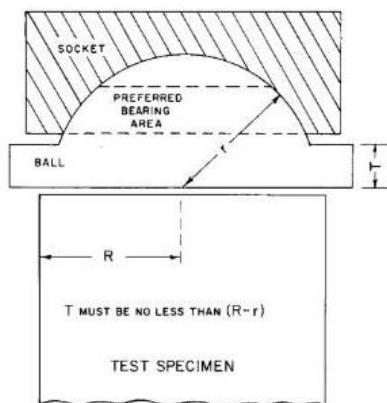
Diameter of Test Specimens, mm [in.]	Maximum Diameter of Bearing Face, mm [in.]
50 [2]	105 [4]
75 [3]	130 [5]
100 [4]	165 [6.5]
150 [6]	255 [10]
200 [8]	280 [11]

NOTE 5—Square bearing faces are permissible, provided the diameter of the largest possible inscribed circle does not exceed the above diameter.

5.2.2.2 The center of the sphere shall coincide with the surface of the bearing face within a tolerance of $\pm 5\%$ of the radius of the sphere. The diameter of the sphere shall be at least 75 % of the diameter of the specimen to be tested.

5.2.2.3 The ball and the socket shall be designed so that the steel in the contact area does not permanently deform when loaded to the capacity of the testing machine.

NOTE 6—The preferred contact area is in the form of a ring (described as "preferred bearing area") as shown on Fig. 1.



NOTE 1—Provision shall be made for holding the ball in the socket and for holding the entire unit in the testing machine.

FIG. 1 Schematic Sketch of a Typical Spherical Bearing Block

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 3
Downloaded/printed by
Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

5.2.2.4 At least every six months, or as specified by the manufacturer of the testing machine, clean and lubricate the curved surfaces of the socket and of the spherical portion of the machine. The lubricant shall be a petroleum-type oil such as conventional motor oil or as specified by the manufacturer of the testing machine.

NOTE 7—To ensure uniform seating, the spherically seated head is designed to tilt freely as it comes into contact with the top of the specimen. After contact, further rotation is undesirable. Friction between the socket and the spherical portion of the head provides restraint against further rotation during loading. Petroleum-type oil such as conventional motor oil has been shown to permit the necessary friction to develop. Pressure-type greases can reduce the desired friction and permit undesired rotation of the spherical head and should not be used unless recommended by the manufacturer of the testing machine.

5.2.2.5 If the radius of the sphere is smaller than the radius of the largest specimen to be tested, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen. The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere (see Fig. 1).

5.2.2.6 The movable portion of the bearing block shall be held closely in the spherical seat, but the design shall be such that the bearing face can be rotated freely and tilted at least 4° in any direction.

5.2.2.7 If the ball portion of the upper bearing block is a two-piece design composed of a spherical portion and a bearing plate, a mechanical means shall be provided to ensure that the spherical portion is fixed and centered on the bearing plate.

5.3 Load Indication:

5.3.1 If the load of a compression machine used in concrete testing is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that is readable to at least the nearest 0.1 % of the full scale load (NOTE 8). The dial shall be readable within 1 % of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment located outside the dialcase and easily accessible from the front of the machine while observing the zero mark and dial pointer. Each dial shall be equipped with a suitable device that at all times, until reset, will indicate to within 1 % accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 8—Readability is considered to be 0.5 mm [0.02 in.] along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of a scale interval is readable with reasonable certainty when the spacing on the load indicating mechanism is between 1 mm [0.04 in.] and 2 mm [0.06 in.]. When the spacing is between 2 and 3 mm [0.06 and 0.12 in.], one third of a scale interval is readable with reasonable certainty. When the spacing is 3 mm [0.12 in.] or more, one fourth of a scale interval is readable with reasonable certainty.

5.3.2 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read.

C39/C39M – 14

The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

5.4 Documentation of the calibration and maintenance of the testing machine shall be in accordance with Practice C1077.

6. Specimens

6.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

NOTE 9—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding, or when a core drill deflects or shifts during drilling.

6.2 Prior to testing, neither end of test specimens shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 1 mm in 100 mm [0.12 in. in 12 in.]). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.050 mm [0.002 in.] shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C617 or, when permitted, Practice C1231/C1231M. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.25 mm [0.01 in.] by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.

6.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter is not prohibited from being reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.5 mm [0.02 in.]. When the average diameters do not fall within the range of 0.5 mm [0.02 in.] or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

6.4 If the purchaser of the testing services requests measurement of density of test specimens, determine the mass of specimens before capping. Remove any surface moisture with a towel and measure the mass of the specimen using a balance or scale that is accurate to within 0.3 % of the mass being measured. Measure the length of the specimen to the nearest 1 mm [0.05 in.] at three locations spaced evenly around the circumference. Compute the average length and record to the nearest 1 mm [0.05 in.]. Alternatively, determine the cylinder density by weighing the cylinder in air and then submerged

under water at 23.0 ± 2.0 °C [73.5 ± 3.5 °F], and computing the volume according to 8.3.1.

6.5 When density determination is not required and the length to diameter ratio is less than 1.8 or more than 2.2, measure the length of the specimen to the nearest 0.05 D.

7. Procedure

7.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

7.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

7.3 All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible time tolerances prescribed as follows:

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	± 0.5 h or 2.1 %
3 days	2 h or 2.8 %
7 days	6 h or 3.6 %
28 days	20 h or 3.0 %
90 days	2 days 2.2 %

7.4 *Placing the Specimen*—Place the plain (lower) bearing block, with its hardened face up, on the table or platen of the testing machine directly under the spherically seated (upper) bearing block. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks and of the test specimen and place the test specimen on the lower bearing block. If using unbonded caps, wipe clean the bearing surfaces of the retaining ring or rings and center the unbonded cap or caps on the cylinder. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically seated block.

7.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (Note 10). After placing the specimen in the machine but prior to applying the load on the specimen, tilt the movable portion of the spherically seated block gently by hand so that the bearing face appears to be parallel to the top of the test specimen.

NOTE 10—The technique used to verify and adjust load indicator to zero will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner's manual or compression machine calibrator for the proper technique.

7.4.2 *Verification of Alignment When Using Unbonded Caps*—If using unbonded caps, verify the alignment of the specimen after application of load, but before reaching 10 % of the anticipated specimen strength. Check to see that the axis of the cylinder does not depart from vertical by more than 0.5° (Note 11) and that the ends of the cylinder are centered within the retaining rings. If the cylinder alignment does not meet these requirements, release the load, and carefully recenter the specimen. Reapply load and recheck specimen centering and alignment. A pause in load application to check cylinder alignment is permissible.

NOTE 11—An angle of 0.5° is equal to a slope of approximately 1 mm in 100 mm [$\frac{1}{200}$ inches in 12 inches]

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 4
 Downloaded/printed by
 Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

ASTM C39/C39M - 14

7.5.1 The load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a stress rate on the specimen of 0.25 ± 0.05 MPa/s [35 ± 7 psi/s] (See Note 12). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase.

NOTE 12—For a screw-driven or displacement-controlled testing machine, preliminary testing will be necessary to establish the required rate of movement to achieve the specified stress rate. The required rate of movement will depend on the size of the test specimen, the elastic modulus of the concrete, and the stiffness of the testing machine.

7.5.2 During application of the first half of the anticipated loading phase, a higher rate of loading shall be permitted. The higher loading rate shall be applied in a controlled manner so that the specimen is not subjected to shock loading.

7.5.3 Make no adjustment in the rate of movement (platen to crosshead) as the ultimate load is being approached and the stress rate decreases due to cracking in the specimen.

7.6 Apply the compressive load until the load indicator shows that the load is decreasing steadily and the specimen displays a well-defined fracture pattern (Types 1 to 4 in Fig. 2). For a testing machine equipped with a specimen break detector, automatic shut-off of the testing machine is prohibited until the load has dropped to a value that is less than 95 % of the peak

load. When testing with unbonded caps, a corner fracture similar to a Type 5 or 6 pattern shown in Fig. 2 may occur before the ultimate capacity of the specimen has been attained. Continue compressing the specimen until the user is certain that the ultimate capacity has been attained. Record the maximum load carried by the specimen during the test, and note the type of fracture pattern according to Fig. 2. If the fracture pattern is not one of the typical patterns shown in Fig. 2, sketch and describe briefly the fracture pattern. If the measured strength is lower than expected, examine the fractured concrete and note the presence of large air voids, evidence of segregation, whether fractures pass predominantly around or through the coarse aggregate particles, and verify end preparations were in accordance with Practice C617 or Practice C1231/C1231M.

8. Calculation

8.1 Calculate the compressive strength of the specimen by dividing the maximum load carried by the specimen during the test by the average cross-sectional area determined as described in Section 6 and express the result to the nearest 0.1 MPa [10 psi].

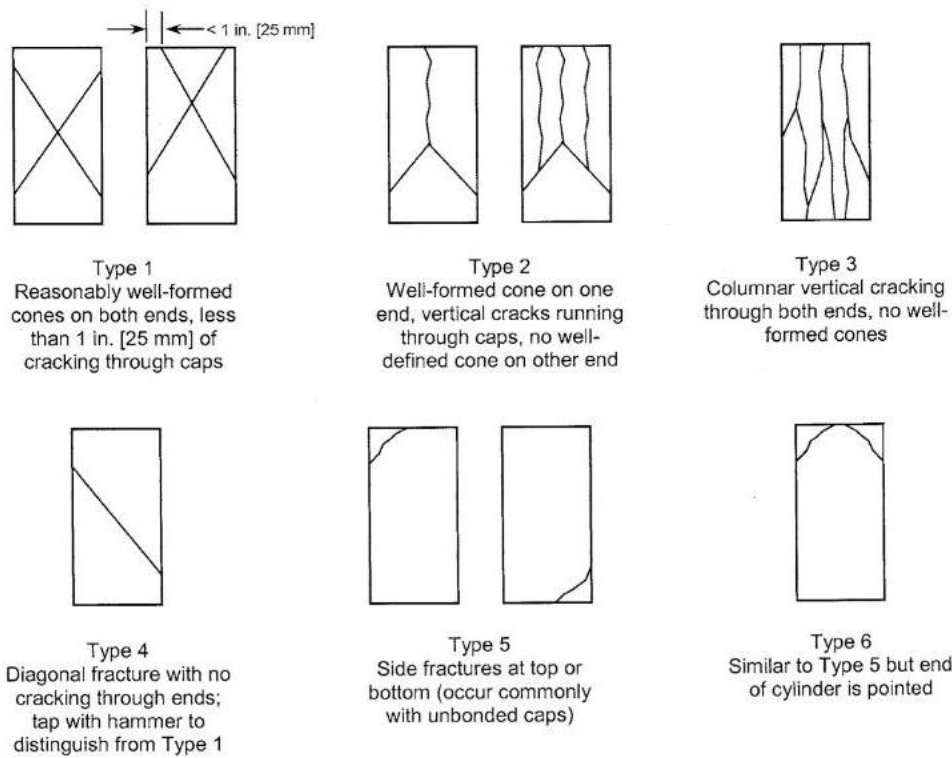


FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 5
Downloaded/printed by
Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

C39/C39M – 14

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table **Note 13**:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

NOTE 13—Correction factors depend on various conditions such as moisture condition, strength level, and elastic modulus. Average values are given in the table. These correction factors apply to low-density concrete weighing between 1600 and 1920 kg/m³ [100 and 120 lb/ft³] and to normal-density concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading and for nominal concrete strengths from 14 to 42 MPa [2000 to 6000 psi]. For strengths higher than 42 MPa [6000 psi] correction factors may be larger than the values listed above³.

8.3 When required, calculate the density of the specimen to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³] as follows:

$$Density = \frac{W}{V} \tag{2}$$

where:

W = mass of specimen, kg [lb], and
 V = volume of specimen computed from the average diameter and average length or from weighing the cylinder in air and submerged, m³ [ft³]

8.3.1 When the volume is determined from submerged weighing, calculate the volume as follows:

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w} \tag{3}$$

where:

W_s = apparent mass of submerged specimen, kg [lb], and
 γ_w = density of water at 23 °C [73.5 °F] = 997.5 kg/m³ [62.27 lbs/ft³].

9. Report

- 9.1 Report the following information:
 - 9.1.1 Identification number,
 - 9.1.2 Average measured diameter (and measured length, if outside the range of 1.8 D to 2.2 D), in millimetres [inches],
 - 9.1.3 Cross-sectional area, in square millimetres [square inches],
 - 9.1.4 Maximum load, in kilonewtons [pounds-force],
 - 9.1.5 Compressive strength calculated to the nearest 0.1 MPa [10 psi],
 - 9.1.6 Type of fracture (see Fig. 2),
 - 9.1.7 Defects in either specimen or caps, and,
 - 9.1.8 Age of specimen.
 - 9.1.9 When determined, the density to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³].

10. Precision and Bias

10.1 Precision

³ Bartlett, F.M. and MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," *ACI Materials Journal*, Vol 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339-348.

10.1.1 *Within-Test Precision*—The following table provides the within-test precision of tests of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] and 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders made from a well-mixed sample of concrete under laboratory conditions and under field conditions (see 10.1.2).

	Coefficient of Variation ⁴	Acceptable Range ⁴ of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

10.1.2 The within-test coefficient of variation represents the expected variation of measured strength of companion cylinders prepared from the same sample of concrete and tested by one laboratory at the same age. The values given for the within-test coefficient of variation of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 2000 and 15 to 55 MPa [8000 psi] and those for 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 17 to 32 MPa [2500 and 4700 psi]. The within-test coefficients of variation for 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions and a collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.⁵ The within-test coefficient of variation of 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions.

10.1.3 *Multilaboratory Precision*—The multi-laboratory coefficient of variation for compressive strength test results of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders has been found to be 5.0 %⁴; therefore, the results of properly conducted tests by two laboratories on specimens prepared from the same sample of concrete are not expected to differ by more than 14 %⁴ of the average (See **Note 14**). A strength test result is the average of two cylinders tested at the same age.

NOTE 14—The multilaboratory precision does not include variations associated with different operators preparing test specimens from split or independent samples of concrete. These variations are expected to increase the multilaboratory coefficient of variation.

10.1.4 The multilaboratory data were obtained from six separate organized strength testing round robin programs where 150 x 300 mm [6 x 12 in.] cylindrical specimens were prepared at a single location and tested by different laboratories. The range of average strength from these programs was 17.0 to 90 MPa [2500 to 13 000 psi].

NOTE 15—Subcommittee C09.61 will continue to examine recent concrete proficiency sample data and field test data and make revisions to precisions statements when data indicate that they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

10.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

⁴ These numbers represent respectively the (1s %) and (d2s %) limits as described in Practice C670.

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR-C09-1006.

 C39/C39M – 14

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12a, that may impact the use of this test method. (Approved February 1, 2014)

(1) Modified 7.4.

(2) Added 7.4.2 and Note 11.

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12, that may impact the use of this test method. (Approved September 1, 2012)

(1) Revised 5.1.1.1.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT/).

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 7
Downloaded/printed by
Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

Anexo H-3: Especificaciones estándar para cenizas volantes de carbón y puzolanas naturales en bruto o calcinadas para su uso en concreto (ASTM C 618 – 12a).



Designation: C618 – 12a

Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C618; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This specification covers coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete where cementitious or pozzolanic action, or both, is desired, or where other properties normally attributed to fly ash or pozzolans may be desired, or where both objectives are to be achieved.

NOTE 1—Finely divided materials may tend to reduce the entrained air content of concrete. Hence, if a fly ash or natural pozzolan is added to any concrete for which entrainment of air is specified, provision should be made to ensure that the specified air content is maintained by air content tests and by use of additional air-entraining admixture or use of an air-entraining admixture in combination with air-entraining hydraulic cement.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes, which provide explanatory information. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C311 Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 The terms used in this specification are defined in Terminology **C125**.

¹This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.24 on Supplementary Cementitious Materials.

Current edition approved Dec. 15, 2012. Published January 2013. Originally approved in 1968. Last previous edition approved in 2012 as C618–12. DOI: 10.1520/C0618-12a.

²For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Sat Mar 29 06:53:01 EDT 2014

Downloaded/printed by

SERC pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

3.1.2 *fly ash*—the finely divided residue that results from the combustion of ground or powdered coal and that is transported by flue gasses.

NOTE 2—This definition of fly ash does not include, among other things, the residue resulting from: (1) the burning of municipal garbage or any other refuse with coal; (2) the injection of lime directly into the boiler for sulfur removal; or (3) the burning of industrial or municipal garbage in incinerators commonly known as “incinerator ash.”

4. Classification

4.1 *Class N*—Raw or calcined natural pozzolans that comply with the applicable requirements for the class as given herein, such as some diatomaceous earths; opaline cherts and shales; tuffs and volcanic ashes or pumicites, calcined or uncalcined; and various materials requiring calcination to induce satisfactory properties, such as some clays and shales.

4.2 *Class F*—Fly ash that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash has pozzolanic properties.

4.3 *Class C*—Fly ash that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash, in addition to having pozzolanic properties, also has some cementitious properties.

NOTE 3—Class F fly ash is typically produced from burning anthracite or bituminous coal, but may also be produced from subbituminous coal and from lignite. Class C fly ash is typically produced from burning lignite or subbituminous coal, and may also be produced from anthracite or bituminous coal. Class C fly ashes typically have total calcium contents, expressed as calcium oxide (CaO), that are higher than Class F fly ashes.

5. Ordering Information

5.1 The purchaser shall specify any supplementary optional physical requirements.

5.2 The purchaser shall indicate which procedure, A or B, shall be used when specifying requirements for effectiveness in contribution to sulfate resistance under **Table 3**.

6. Chemical Composition

6.1 Fly ash and natural pozzolans shall conform to the requirements as to chemical composition prescribed in **Table 1**.

C618 - 12a

TABLE 1 Chemical Requirements

	Class		
	N	F	C
Silicon dioxide (SiO ₂) plus aluminum oxide (Al ₂ O ₃) plus iron oxide (Fe ₂ O ₃), min, %	70.0	70.0	50.0
Sulfur trioxide (SO ₃), max, %	4.0	5.0	5.0
Moisture content, max, %	3.0	3.0	3.0
Loss on ignition, max, %	10.0	6.0 ^A	6.0

^AThe use of Class F pozzolan containing up to 12.0 % loss on ignition may be approved by the user if either acceptable performance records or laboratory test results are made available.

TABLE 2 Physical Requirements

	Class		
	N	F	C
Fineness:			
Amount retained when wet-sieved on 45 µm (No. 325) sieve, max, %	34	34	34
Strength activity index:^A			
With portland cement, at 7 days, min, percent of control	75 ^B	75 ^B	75 ^B
With portland cement, at 28 days, min, percent of control	75 ^B	75 ^B	75 ^B
Water requirement, max, percent of control	115	105	105
Soundness:^C			
Autoclave expansion or contraction, max, %	0.8	0.8	0.8
Uniformity requirements:			
The density and fineness of individual samples shall not vary from the average established by the ten preceding tests, or by all preceding tests if the number is less than ten, by more than:			
Density, max variation from average, %	5	5	5
Percent retained on 45-µm (No. 325), max variation, percentage points from average	5	5	5

^AThe strength activity index with portland cement is not to be considered a measure of the compressive strength of concrete containing the fly ash or natural pozzolan. The mass of fly ash or natural pozzolan specified for the test to determine the strength activity index with portland cement is not considered to be the proportion recommended for the concrete to be used in the work. The optimum amount of fly ash or natural pozzolan for any specific project is determined by the required properties of the concrete and other constituents of the concrete and is to be established by testing. Strength activity index with portland cement is a measure of reactivity with a given cement and is subject to variation depending on the source of both the fly ash or natural pozzolan and the cement.

^BMeeting the 7 day or 28 day strength activity index will indicate specification compliance.

^CIf the fly ash or natural pozzolan will constitute more than 20 % by mass of the cementitious material in the project mixture, the test specimens for autoclave expansion shall contain that anticipated percentage. Excessive autoclave expansion is highly significant in cases where water to cementitious material ratios are low, for example, in block or shotcrete mixtures.

Note 4—The chemical component determinations and the limits placed on each do not predict the performance of the fly ash or natural pozzolan with hydraulic cement in concrete, but collectively help describe composition and uniformity of the material.

7. Physical Properties

7.1 Fly ash or natural pozzolans shall conform to the physical requirements prescribed in Table 2. Supplementary optional physical requirements are shown in Table 3.

8. Methods of Sampling and Testing

8.1 Sample and test the fly ash or natural pozzolan in accordance with the requirements of Test Methods C311.

8.2 Use cement of the type proposed for use in the work and, if available, from the mill proposed as the source of the cement, in all tests requiring the use of hydraulic cement.

9. Storage and Inspection

9.1 The fly ash or natural pozzolan shall be stored in such a manner as to permit easy access for proper inspection and identification of each shipment.

9.2 Inspection of the material shall be made as agreed upon by the purchaser and the seller as part of the purchase contract.

10. Rejection

10.1 The purchaser has the right to reject material that fails to conform to the requirements of this specification. Rejection shall be reported to the producer or supplier promptly and in writing.

10.2 The purchaser has the right to reject packages varying more than 5 % from the stated weight. The purchaser also has the right to reject the entire shipment if the average weight of the packages in any shipment, as shown by weighing 50 packages taken at random, is less than that specified.

10.3 The purchaser has the right to require that material in storage prior to shipment for a period longer than 6 months after testing be retested. The purchaser has the right to reject such material if it fails to meet the fineness requirements.

11. Packaging and Package Marking

11.1 When the fly ash or natural pozzolan is delivered in packages, the class, name, and brand of the producer, and the

C618 – 12a

TABLE 3 Supplementary Optional Physical Requirements

NOTE 1—These optional requirements apply only when specifically requested.

	Class		
	N	F	C
Increase of drying shrinkage of mortar bars at 28 days, max. difference, in %, over control ^a	0.03	0.03	0.03
Uniformity Requirements:			
In addition, when air-entraining concrete is specified, the quantity of air-entraining agent required to produce an air content of 18.0 vol % of mortar shall not vary from the average established by the ten preceding tests or by all preceding tests if less than ten, by more than, %	20	20	20
Effectiveness in Controlling Alkali-Silica Reaction: ^b			
Expansion of test mixture as percentage of low-alkali cement control, at 14 days, max. %	100	100	100
Effectiveness in Contributing to Sulfate Resistance: ^c			
Procedure A:			
Expansion of test mixture:			
For moderate sulfate exposure after 6 months exposure, max. %	0.10	0.10	0.10
For high sulfate exposure after 6 months exposure, max. %	0.05	0.05	0.05
Procedure B:			
Expansion of test mixture as a percentage of sulfate resistance cement control after at least 6 months exposure, max. %	100	100	100

^a Determination of compliance or noncompliance with the requirement relating to increase in drying shrinkage will be made only at the request of the purchaser.
^b Fly ash or natural pozzolans meeting this requirement are considered as effective in controlling alkali-silica reactions as the use of the low-alkali control cement used in the evaluation. However, the fly ash or natural pozzolan shall be considered effective only when used at percentages by mass of the total cementitious material equal to or exceeding that used in the tests and when the alkali content of the cement to be used does not exceed that used in the tests by more than 0.05 %. See Appendix X1, Test Methods C311.

^c Fly ash or natural pozzolan shall be considered effective only when the fly ash or natural pozzolan is used at percentages, by mass, of the total cementitious material within 2 % of those that are successful in the test mixtures or between two percentages that are successful, and when the C₂A content of the project cement is less than, or equal to, that which was used in the test mixtures. See Appendix X2 of Test Method C311.

weight of the material contained therein, shall be plainly marked on each package. Similar information shall be provided in the shipping invoices accompanying the shipment of packaged or bulk material.

12. Supplier's Certification

12.1 Upon request of the purchaser, in the contract or the order, a supplier's report shall be furnished stating the results of tests made on samples of the material and certifying the product conforms to all applicable requirements of this specification. In addition, the report shall include the percentages of

magnesium oxide (MgO), sodium oxide (Na₂O), potassium oxide (K₂O), and calcium oxide (CaO), all determined as described in Test Methods C311. The report shall also include the total alkali content of the material, expressed as equivalent percentage of sodium oxide (Na₂Oe).

NOTE 5—Guidance on preparing the supplier's report is provided in Appendix X1.

13. Keywords

13.1 fly ash; natural pozzolan; pozzolans

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. SUPPLIER'S CERTIFICATION REPORT

X1.1 To provide uniformity for reporting the results of tests performed on pozzolans under this specification, and affirming

compliance to the applicable limits of this standard, an example report of analysis is shown in Fig. X1.1.

C618 – 12a

REPORT OF POZZOLAN ANALYSIS

Plant: XYZ Power Station **Date:** March 10, 20XX
Supplier: ABC Materials Company
Product Class: CLASS F
Sampling Period: January 10, 20XX to February 10, 20XX **Type:** Composite

STANDARD REQUIREMENTS (ASTM C618 Tables 1 and 2)

Chemical Composition (mass %)	Result	ASTM C618-12a Limits		
		Class N	Class F	Class C
Silicon Oxide (SiO ₂)	61			
Aluminum Oxide (Al ₂ O ₃)	18			
Iron Oxide (Fe ₂ O ₃ (T))	5.2			
SUM (SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ (T))	84.2	70.0 min.	70.0 min.	50.0 min.
Sulfur Trioxide (SO ₃)	2.3	4.0 max.	5.0 max.	5.0 max.
Calcium Oxide (CaO)	6			
Magnesium Oxide (MgO)	1			
Sodium Oxide (Na ₂ O)	0.7			
Potassium Oxide (K ₂ O)	0.8			
Sodium Oxide Equivilant (Na ₂ O+0.658K ₂ O)	1.2			
Moisture Content	0.5	3.0 max.	3.0 max.	3.0 max.
Loss on Ignition	0.2	10.0 max.	6.0 max.	6.0 max.
Physical Tests				
Fineness				
Retained on a 45-µm sieve (%)	12.0	34 max.	34 max.	34 max.
Strength Activity Index				
Ratio to Control @ 7 days	94	75 min.	75 min.	75 min.
Ratio to Control @ 28 days	103	75 min.	75 min.	75 min.
Water Requirement (% of Control)	98	115 max.	105 max.	105 max.
Soundness				
Autoclave Expansion (%)	0.05	0.8 max.	0.8 max.	0.8 max.
Density (grams per cubic cm)	2.45			
Uniformity (average established from ten preceding tests or all tests if less than 10 values are available)				
Fineness (percentage points from avg.)	-1.1	±5 max.	±5 max.	±5 max.
Density (percentage points from avg.)	+1.5	±5 max.	±5 max.	±5 max.

SUPPLEMENTARY OPTIONAL PHYSICAL REQUIREMENTS (ASTM C618 Table 3)

No tests requested

Signature: _____ Title: _____


FIG. X1.1 Example of a Supplier's Report

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this specification since the last issue, C618 – 12, that may impact the use of this specification. (Approved December 15, 2012)

- (1) Added new Section 12 Supplier's Certification.
- (2) Added new Note 5 to refer to example of supplier's report.
- (3) Added example of a supplier's report in new Appendix X1.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Sat Mar 29 06:53:01 EDT 2014 4
 Downloaded/printed by
 SERC pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

 C618 – 12a

Committee C09 has identified the location of selected changes to this specification since the last issue C618 – 08a, that may impact the use of this specification. (Approved February 1, 2012)

(J) Revised **Note 3** to remove reference to 10 % CaO.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT/).

ANEXOS I: PANEL FOTOGRÁFICO.



IMAGEN N° 01

TRASLADO DE MATERIAL DE LA CANTERA CUTIMBO. UBICADO EN EL DESVIÓ PUENTE CUTIMBO SALIDA A MOQUEGUA A 24.30 KM DE LA CIUDAD DE PUNO



IMAGEN N° 02

ZARANDEO CON MALLA N° 4, UTILIZADA PARA LA SEPARACIÓN DEL AGREGADO GRUESO Y EL AGREGADO FINO



IMAGEN N° 03

ENSAYO DE AGREGADOS, CUARTEO DE AGREGADO FINO



IMAGEN N° 04

ENSAYO DE AGREGADOS, TAMIZADO DEL AGREGADO FINO.



IMAGEN N° 05

ENSAYO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO



IMAGEN N° 06

EQUIPOS, ACCESORIO PARA EL ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO.



IMAGEN N° 07

SE APRECIA EL ENSAYO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO



IMAGEN N° 08

PESADO DEL AGREGADO GRUESO AL RECIPIENTE PARA EL CÁLCULO DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTO



IMAGEN N° 09

SE APRECIA EL RECOJO DE LA CASCARA DE ARROZ, FUE PROPORCIONADA POR EL MOLINO "VILLA HERMOSA" DE LA CIUDAD DE CAMANA UBICADO EN EL PASAJE VILLA HERMOSA N° 150



IMAGEN N° 10

CALCINACIÓN DE LA CASCARA DE ARROZ EN HORNO DE LADRILLO. PARA UNA ADECUADA CALCINACIÓN Y CONTROL SE UTILIZO QUEMADOR A GAS Y TERMÓMETRO PARA ALTAS TEMPERATURAS



IMAGEN N° 11

SE APRECIA EL MEZCLADO DE CONCRETO CON APLICACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ.



IMAGEN N° 12

MEDIDA DEL REVENIMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ



IMAGEN N° 13

**CURADO A TEMPERATURA AMBIENTE DE BRIQUETAS DE CONCRETO
SUSTITUIDO PARCIALMENTE AL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE
ARROZ.**



IMAGEN N° 14

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON
SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CENIZA DE CASCARA DE ARROZ**