

**Universidad Nacional de San Cristóbal de
Huamanga**

Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



**MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON
ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA
LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA
SUCRE-AYACUCHO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

EPIFANIO ALFARO TORRES

ASESOR:

ING. ÁNGEL HUGO VÍLCHEZ PEÑA

AYACUCHO - PERÚ

2019

Resumen

El presente trabajo de investigación MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA DE SUCRE-AYACUCHO, tiene como objetivo principal mejorar la resistencia a la compresión de un concreto simple con adiciones de ceniza de chala de maíz. Se utilizó agregado fino y grueso de la cantera La Moderna de la ciudad de Ayacucho, Cemento Portland IP, ceniza de chala de maíz del distrito de Chilcayoc provincia de Sucre, el diseño de mezcla para el concreto patrón y el concreto adicionado con ceniza de chala de maíz se realizó mediante el método ACI 211. Dentro de la investigación se analiza la variación del comportamiento del concreto con adiciones de ceniza de chala de maíz como sustituto en peso del cemento Portland en 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20% de su proporción, diseñados en base a una mezcla patrón de calidad de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

Después de tener el diseño de mezcla patrón y las mezclas con diferentes porcentajes de adición de ceniza de chala de maíz en estado fresco se realizaron las pruebas de asentamiento y contenido de aire, se observó que los diseños no presentan exudación ni segregación, también se realizaron ensayos de resistencia a la compresión en estado endurecido a los 7,14, 21 y 28 días de edad.

Palabras clave: Ceniza de chala de maíz, puzolanas, segregación, resistencia, asentamiento, trabajabilidad.

Abstract

The present research work IMPROVING THE COMPRESSION RESISTANCE OF A SIMPLE CONCRETE WITH ADDITIONS OF CHALA DE CORN IN THE LOCATION OF CHILCAYOC, PROVINCE OF SUCRE-AYACUCHO, has as main objective to improve the compressive strength of a simple concrete with additions of corn husk ash. Thin and coarse aggregate from the La Moderna quarry in the city of Ayacucho, Portland IP Cement, corn husk ash from the Chilcayoc district of Sucre province, the mix design for the standard concrete and the concrete added with chala ash was used of corn was performed using the ACI 211 method.

Within the investigation, the variation in the behavior of concrete with additions of corn husk ash as a substitute for weight of Portland cement in 5 %, 10 %, 12.5 %, 15 %, 17.5 % and 20 is analyzed % of its proportion, designed based on a standard mix of quality of $f^c = 210 \text{ Kgf / cm}^2$.

After having the standard mix design and mixtures with different percentages of fresh corn husk ash addition, the settlement and air content tests were carried out, it was observed that the designs do not exhibit exudation or segregation, they were also performed tests of resistance to compression in a hardened state at 7,14, 21 and 28 days of age.

keywords: Corn shack ash, pozzolans, segregation, resistance, settlement, workability.

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 permita mejorar la resistencia mecánica. La ceniza es conocido por sus beneficios en términos de resistencia en mezcla de concreto; también la ceniza de chala de maíz se considera como material puzolánico; ya que posee un alto contenido de óxido de sílice y óxido de aluminio, los cuales junto con el hidróxido de calcio generan un material cementante.

El presente trabajo de investigación estudia los valores de resistencia a la compresión y asentamiento de concreto adicionado con ceniza de chala de maíz; para obtener mayores valores de las propiedades de resistencia a la compresión. La tesis tuvo como finalidad de mejorar la resistencia a la compresión de un concreto simple con adiciones de ceniza de chala de maíz, en porcentajes de 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20% frente a un concreto patrón, determinado la variación de la consistencia del concreto en estado fresco.

El presente trabajo de investigación se dividió en cinco capítulos. Capítulo I: Planteamiento del Problema, comprende situación problemática, formulación del problema, delimitaciones de la investigación, justificación e importancia de la investigación, limitaciones de la investigación y objetivos de la investigación. En el Capítulo II: Marco Teórico, comprende antecedentes de estudios, base teórica científica y marco conceptual. En el Capítulo III: Método de la Investigación, comprende enfoque, alcance, diseño de investigación, población y muestra, hipótesis, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos, técnicas estadísticas para el procesamiento de la información y desarrollo del trabajo de tesis. En el Capítulo IV: Análisis e Interpretación de Resultados, comprende contrastación de la hipótesis, análisis e interpretación. En el Capítulo V: Conclusiones, comprende conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros, por último, la Referencia Bibliográfica y Anexos.

Dedicatoria.

A Dios por su gracia y bendiciones, a mis padres Godofredo Alfaro Garibay y Ubaldina Torres Quinto, quienes me han brindado su apoyo incondicional y sus consejos para culminar mi carrera profesional. A mis hermanos Yolanda, Karina, Godofredo y Jhonmy por sus consejos y alientos para seguir adelante en este proyecto trazado

Agradecimientos

A los docentes de la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga - Escuela profesional de Ingeniería Civil, por su contribución durante mi desarrollo académico y profesional

A mi asesor Msc. Ing. Ángel H. Vilchez Peña, por su incondicional apoyo en todo el proceso y desarrollo de la presente investigación..

A mis jurados el Msc. Ing. Moisés N. Barbaran Oriundo y Msc. Ing. Saúl Retamozo Fernández, por todo el apoyo y concejos brindados durante la revisión de este trabajo.

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga por mi formación académica.

A los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga por contribuir y ser parte de mi formación académica profesional, durante mi vida universitaria.

A mis amigos y compañeros de la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga quienes contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

AYACUCHO, DICIEMBRE DE 2019

EPIFANIO ALFARO TORRES

Índice General

Resumen	ii
Introducción	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice General	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tablas	xiv
Glosarios	xvii
Lista de acrónimos	xix
Símbolos	xx

Capítulo I

Planteamiento del Problema	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Delimitación del Problema	1
1.2.1. Espacial(geográfica).	1
1.2.2. Temporal	3
1.2.3. Temática y unidad de análisis	3
1.3. Formulación del problema.	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problema específicos	3
1.4. Justificación e importancia	4
1.4.1. Justificación	4
1.4.2. Importancia	4
1.5. Limitaciones de la investigación.	5
1.6. Objetivos	5
1.6.1. Objetivo general.	5
1.6.2. Objetivos específicos	5

Capítulo II

Marco Teórico.	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Investigaciones internacionales	6
2.1.2. Investigaciones nacionales.	7
2.2. Bases teóricas	7

2.3. Marco conceptual	8
2.3.1. Concreto	8
2.3.2. Tipos de concreto	9
2.3.2.1. Concreto simple	9
2.3.2.2. Concreto armado	9
2.3.2.3. concreto estructural	9
2.3.3. Puzolanas	9
2.3.4. Cenizas	9
2.3.5. Materiales	10
2.3.5.1. Cemento	10
2.3.5.2. Agregados	13
2.3.5.3. Agua	20
2.3.5.4. Planta de maíz	21
2.3.5.5. Ceniza de chala de maíz	22
2.3.6. Concreto en estado fresco	24
2.3.6.1. Trabajabilidad y consistencia	24
2.3.6.2. Contenido de aire	25
2.3.7. Concreto en estado endurecido	26
2.3.7.1. Resistencia a la compresión	26
Capítulo III	
Método de la investigación	27
3.1. Enfoque	27
3.2. Alcance	27
3.3. Diseño de investigación	27
3.4. Población y muestra	28
3.4.1. Población	28
3.4.2. Muestra	28
3.5. Hipótesis	29
3.5.1. Hipótesis general	29
3.5.2. Hipótesis específicos	29
3.6. Operacionalización de variables	29
3.6.1. Variables independientes	29
3.6.2. Variables dependientes	29
3.7. Técnicas e instrumentos	31
3.7.1. Instrumentos de recolección de datos	31
3.7.2. Equipos de laboratorio	31

3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento	31
3.8.1. Distribución t de student	32
3.8.1.1. Hipótesis de una cola	32
3.8.1.2. Procedimiento de cálculo.	33
3.9. Desarrollo del trabajo de tesis	34

Capítulo IV

Resultados. 35

4.1. Contrastación de hipótesis.	35
4.1.1. Contraste de hipótesis resistencia a la compresión	35
4.1.2. Contraste de hipótesis trabajabilidad del concreto.	37
4.2. Análisis e interpretación	42
4.2.1. Análisis del agregado fino	42
4.2.1.1. Granulometría	42
4.2.1.2. Contenido de humedad.	44
4.2.1.3. Peso específico y absorción del agregado fino	45
4.2.1.4. Peso unitario del agregado fino	46
4.2.2. Análisis del agregado grueso	48
4.2.2.1. Granulometría	48
4.2.2.2. Contenido de humedad.	49
4.2.2.3. Peso específico y absorción del agregado grueso	51
4.2.2.4. Peso unitario del agregado grueso	52
4.2.2.5. Abrasión.	54
4.2.3. Obtención de ceniza de chala de maíz	55
4.2.3.1. Recolección de chala de maíz como materia prima.	55
4.2.3.2. Secado de chala de maíz	56
4.2.3.3. Incineración de chala de maíz	57
4.2.3.4. Tamizado de ceniza de chala de maíz	58
4.2.3.5. Composición química de la ceniza de chala de maíz.	58
4.2.4. Diseño de mezcla patrón	59
4.2.5. Resultados del ensayo del concreto en estado fresco.	60
4.2.5.1. Trabajabilidad	60
4.2.6. Resultados mecánicas del concreto según la edad.	62
4.2.6.1. Resistencia a la compresión.	62
4.2.7. Análisis comparativo de costos	74

Capítulo V

Conclusiones	76
5.1. Conclusiones	76
5.2. Recomendaciones	77
5.3. Trabajos Futuros	77
Referencias bibliográficas	78
Anexo A	
Agregados de la cantera La Moderna	81
A.1. Diseño y propiedades físicas, mecánicas de los agregados de la cantera La Moderna	81
Anexo B	
Análisis de composición química	95
B.1. Análisis de composición química por difracción de rayos x.	95
B.2. Costo de producción de ceniza de chala de maíz	95
Anexo C	
Panel fotográfico	98
C.1. Panel fotográfico	98
Anexo D	
Instrumentos de medición	110
D.1. Instrumentos de medición	110

Índice de Figuras

Figura 1	Plano de ubicación del proyecto de investigación cantera La Moderna.....	2
Figura 2	Planta de producción de agregados La Moderna.	3
Figura 3	Campo de maizal..	21
Figura 4	Chala de maíz.	23
Figura 5	Ceniza de chala de maíz	23
Figura 6	Medición de slump en el concreto patrón	25
Figura 7	Inyectando agua por la válvula	25
Figura 8	Rotura de briquetas en la prensa hidráulica	26
Figura 9	Curva de distribución para hipótesis de una cola a la derecha.	32
Figura 10	Diagrama del desarrollo del trabajo de tesis	34
Figura 11	Gráfica de la distribución t para $\alpha = 0.05$ y 4 grados de libertad	37
Figura 12	Gráfica de la distribución t para $\alpha = 0.05$ y 2 grados de libertad	40
Figura 13	Tamizado del agregado fino.	42
Figura 14	Curva granulométrica del agregado fino	43
Figura 15	Peso del agregado fino después del horno.	44
Figura 16	Verificación del estado saturado superficialmente seco del agregado fino ...	45
Figura 17	Enrasado y pesado del recipiente con la muestra del agregado fino	46
Figura 18	Apisonado con la barra compactadora del agregado fino.	47
Figura 19	Tamizado del agregado grueso.	48
Figura 20	Curva granulométrica del agregado grueso	49
Figura 21	Contenido de humedad del agregado grueso.	50
Figura 22	Escurrecimiento del agua y esparcido del agregado Grueso sobre la franela ...	51
Figura 23	Enrasado del molde metálico con agregado grueso.	52
Figura 24	Pesado del recipiente con la muestra del agregado grueso.	53
Figura 25	Apisonado con la barra compactadora del agregado grueso.	54
Figura 26	Colocación del agregado grueso en la máquina de los Ángeles	55
Figura 27	Recolección de chala de maíz	56
Figura 28	Secado del material por medio de exposición solar.	56
Figura 29	Quemado de chala de maíz en horno artesanal	57
Figura 30	Obtención de la ceniza de chala de maíz	57
Figura 31	Tamizado del material obtenido por la malla Nro 50.	58
Figura 32	Variación de asentamiento según porcentajes de ceniza de chala de maíz ...	61
Figura 33	Resistencia a la compresión del concreto patrón.	63

Figura 34	Resultados de la resistencia a la compresión con 5% de ceniza de chala de maíz.	64
Figura 35	Resultados de la resistencia a la compresión con 10% de ceniza de chala de maíz.	65
Figura 36	Resultados de la resistencia a la compresión con 12.5% de ceniza de chala de maíz.	66
Figura 37	Resultados de la resistencia a la compresión con 15% de ceniza de chala de maíz.	67
Figura 38	Resultados de la resistencia a la compresión con 17.5% de ceniza de chala de maíz.	68
Figura 39	Resultados de la resistencia a la compresión con 20% de ceniza de chala de maíz.	69
Figura 40	Resultados de la resistencia a la compresión promedio vs edad	71
Figura 41	Evolución de las densidades del concreto con diferentes porcentajes de ceniza de chala de maíz.	73
Figura C.1	Planta de producción de agregados de la cantera La Moderna.	99
Figura C.2	Colocación del agregado grueso en la máquina de los Ángeles.	99
Figura C.3	Granulometría del agregado fino.	100
Figura C.4	Apisonado de la segunda capa del agregado grueso con la barra compactadora.	100
Figura C.5	Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.	101
Figura C.6	Ensayo de absorción del agregado grueso.	101
Figura C.7	Elaboración de la mezcla del concreto patrón.	102
Figura C.8	Elaboración de mezcla de concreto con adición de 10% de ceniza de chala de maíz.	102
Figura C.9	Ensayo de asentamiento(Slump) del concreto patrón.	103
Figura C.10	Ensayo de asentamiento(Slump) con adición de 15% de ceniza de chala de maíz.	103
Figura C.11	Colocación de la mezcla de concreto en las probetas.	104
Figura C.12	Curado de probetas	104
Figura C.13	Rotura de probetas del concreto patrón.	105
Figura C.14	Rotura de probetas con adición de 5% de ceniza de chala de maíz.	105
Figura C.15	Rotura de probetas con adición de 10% de ceniza de chala de maíz 28 días.	106
Figura C.16	Rotura de probetas con adición de 12.5% de ceniza de chala de maíz.	106
Figura C.17	Rotura de probetas con adición de 15% de ceniza de chala de maíz.	107
Figura C.18	Rotura de probetas con adición de 17.5% de ceniza de chala de maíz.	107
Figura C.19	Rotura de probetas con adición de 20% de ceniza de chala de maíz.	108

Figura C.20 Secado del material por medio de exposición solar.	108
Figura C.21 Quemado de chala de maíz en el horno artesanal.....	109
Figura C.22 Obtención de ceniza de chala de maíz.	109

Índice de Tablas

Tabla 1	Composición química del cemento	12
Tabla 2	Análisis granulométrico para agregado fino	13
Tabla 3	Límites granulométricos para agregado grueso	17
Tabla 4	Porcentajes permisibles para el agua de mezclado y curado	21
Tabla 5	Clases de mezclas según su asentamiento	24
Tabla 6	Distribución de probetas de la muestra a ensayar	28
Tabla 7	Operacionalización de variables	30
Tabla 8	Distribución de t Student.	36
Tabla 9	Decisión de la hipótesis H_0 para la resistencia a la compresión a 28 días de edad. 38	
Tabla 10	Distribución de t Student.	40
Tabla 11	Decisión de la hipótesis H_0 con el t_p para la trabajabilidad del concreto fresco	41
Tabla 12	Resultados del análisis granulometría del agregado fino.	43
Tabla 13	Cálculo de contenido de humedad del agregado fino	45
Tabla 14	Resultados del peso específico y absorción del agregado fino	46
Tabla 15	Resultados del peso unitario suelto del agregado fino.	47
Tabla 16	Resultados del peso unitario compacto del agregado fino.	48
Tabla 17	Resultados del análisis granulometría del agregado grueso	49
Tabla 18	Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.	50
Tabla 19	Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso	52
Tabla 20	Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso.	53
Tabla 21	Resultados del peso unitario compacto del agregado grueso.	54
Tabla 22	Resultados del ensayo de abrasión del agregado grueso	55
Tabla 23	Análisis químico de la ceniza de chala de maíz.	59
Tabla 24	Resultados de ensayo de propiedades físicas.	59
Tabla 25	Resultado de los ensayos de las propiedades de los agregados	60
Tabla 26	Diseño final del concreto patrón $f^c=210 \text{ kgf/cm}^2$	60
Tabla 27	Resumen de material en peso para diferentes porcentajes de ceniza de chala de maíz.	60
Tabla 28	Resultado del ensayo de trabajabilidad	61
Tabla 29	Resultado de la resistencia a la compresión del concreto según la edad.	62
Tabla 30	Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7, 14, 21 y 28 días	63

Tabla 31	Resistencia a la compresión con adición de 5 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días	64
Tabla 32	Resistencia a la compresión con adición de 10 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días	65
Tabla 33	Resistencia a la compresión con adición de 12.5 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días	66
Tabla 34	Resistencia a la compresión con adición de 15 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días	67
Tabla 35	Resistencia a la compresión con adición de 17.5% de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días	68
Tabla 36	Resistencia a la compresión con adición de 20 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días	69
Tabla 37	Resumen de resistencia a la compresión del diseño patrón y con adiciones de 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20% de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días	70
Tabla 38	Resumen comparativo de las densidades promedio de las probetas de concreto a los 7, 14, 21 y 28 días	72
Tabla 39	Análisis de costo del concreto patrón por m ³ (0% de CHM) f'c = 210kg/cm ²	
Tabla 40	Análisis de costo del concreto con adición de ceniza de chala de maíz por m ³ (12.5% de CHM).	75
Tabla 41	Resumen de costos de concreto por m ³	75
Tabla A.1	Granulometría del agregado fino	82
Tabla A.2	Granulometría del agregado grueso	83
Tabla A.3	Peso unitario suelto seco de los agregados	84
Tabla A.4	Peso unitario compacto seco de los agregados	85
Tabla A.5	Peso específico y absorción de los agregados	86
Tabla A.6	Diseño de mezcla patrón f'c 210kgf/cm ²	87
Tabla A.7	Ensayo de la resistencia a la compresión diseño patrón f'c 210kgf/cm ²	88
Tabla A.8	Ensayo de la resistencia a la compresión con 5% de ceniza de chala de maiz	89
Tabla A.9	Ensayo de la resistencia a la compresión con 10% de ceniza de chala de maiz	90
Tabla A.10	Ensayo de la resistencia a la compresión con 12.5% de ceniza de chala de maiz	91
Tabla A.11	Ensayo de la resistencia a la compresión con 15% de ceniza de chala de maiz	92
Tabla A.12	Ensayo de la resistencia a la compresión con 17.5% de ceniza de chala de maiz	93
Tabla A.13	Ensayo de la resistencia a la compresión con 20% de ceniza de chala de maiz	94

Tabla B.1	Análisis de composición química de ceniza de chala de maíz.	96
Tabla B.2	Análisis de costo unitario de la producción de ceniza de chala de maíz por Kg ⁷	
Tabla D.1	Formato para la descripción de agregados.	111
Tabla D.2	Contenido de humedad del agregado grueso y fino.	112
Tabla D.3	Granulometría del agregado grueso y fino.	113
Tabla D.4	Peso unitario suelto.	114
Tabla D.5	Peso unitario compacto.	115
Tabla D.6	Peso específico y absorción del agregado grueso y fino.	116
Tabla D.7	Formato roturas de probetas de concreto.	117

Glosarios

Aglomerante : Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

Cantera : Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.

Cemento portland tipo IP : Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre 15% y 40% del peso total.

Cemento portland : Es un producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

Ceniza : Polvo mineral de color gris claro que queda como residuo de una combustión completa.

Chala de maíz : La chala de maíz se llama en si a la planta seca; al ser calcinada generan cenizas puzolánicas que posee un alto contenido de óxido de sílice y óxido de aluminio.

Concreto : Mezcla de material aglomerante (cemento portland y agua) y agregados fino y grueso. pueden contener aditivos para darle cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

Cono de Abrams : Molde con forma de cono trunco constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, que se usa para medir la consistencia de la mezcla de concreto fresco. se conoce también como cono de asentamiento o slump.

Contenido de humedad : Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

Peso unitario : Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

Relación agua cemento : Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

Slump : Establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laborato-

rio como en el campo. Este método consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono trunco, según las características y procedimientos que establezcan las especificaciones técnicas correspondientes.

Tamaño máximo nominal : Menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Tamaño máximo : Menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

Trabajabilidad : Es aquella propiedad que determina el esfuerzo requerido para manejar una cantidad de concreto recién mezclado con el mínimo de homogeneidad al ser transportado y colocado.

Lista de acrónimos

ACI	: Instituto Americano del Concreto
ASTM	: Asociación Americana de Ensayo de Materiales
CHM	: Ceniza de Chala de Maíz
CP	: Concreto Patrón
MF	: Módulo de Fineza
NTP	: Norma Técnica Peruana
PUC	: Peso Unitario Compacto
PUS	: Peso Unitario Suelto
RAE	: Diccionario de la Lengua Española
TM	: Tamaño Máximo
TMN	: Tamaño Máximo Nominal
UNSCH	: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga

Símbolos

- A_S : Aceleración [m/s²]
- f'_c : Resistencia a la compresión del Concreto [kgf/cm²]
- \bar{X}_{CHM} : Media de la resistencia a la compresión del concreto con ceniza de chala de maíz [kgf/cm²]
- \bar{X}_{CP} : Media de la resistencia a la compresión del concreto patrón [kgf/cm²]
- n_1 : Numero de observaciones del concreto patrón
- n_2 : Numero de observaciones del concreto con adición de ceniza de chala de maíz
- P_e : Peso especifico [tn/m³]
- P_{ew} : Peso especifico del agua [kg/cm³]
- P_T : Peso total [tn]
- α : Nivel de significancia [%]
- S_2^2 : Varianza del concreto con ceniza de chala de maíz
- S_1^2 : Varianza del concreto patrón

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1 Descripción del problema

La industria del cemento es responsable de cerca del 5% del total de las emisiones del CO₂ generados por el hombre, por esta razón se ha generado estudios y campañas para disminuir la huella de carbón que genera la producción actual del cemento. Materiales con componentes puzolánicos han sido utilizados en las últimas décadas como sustituto parcial del cemento Portland en mezclas de concreto, con la finalidad de mejorar sus propiedades del concreto, minimizar el impacto ambiental y reducir los costos.(Orrala & Gómez, 2015).

Actualmente en la ciudad de Ayacucho no existen estudios sobre la adición de ceniza de chala de maíz en concretos tradicionales, por ello surge la idea de poder adicionar este elemento en mezclas de concreto tradicionales, con la finalidad de obtener posibles mejoras en la resistencia a la compresión de este nuevo concreto adicionado con ceniza de chala de maíz.

Como resultado se espera obtener valores de resistencia a la compresión adicionado ceniza de chala de maíz con respecto a un concreto patrón, de tal manera que se encuentre un punto óptimo de resistencia a la compresión, minimizando así, la cantidad de cemento a utilizar en un diseño de mezcla tradicional, lo que conlleva a la optimización de recursos en el proceso de diseño de mezcla.(Galicia & Velásquez, 2016).

1.2 Delimitación del Problema

1.2.1 Espacial(geográfica)

El presente trabajo de investigación se realizó en la Región de Ayacucho, para el trabajo de investigación se utilizó agregados de la Cantera *La Moderna* (Fluencia del Río Cachi). Los ensayos fueron realizados en el laboratorio V.G. GEOTECNIA & INGENIERIA.

Ubicación de la Cantera : Cantera La Moderna

- **Localidad:** Simpapata
- **Distrito:** San José de Tierras
- **Provincia:** Huamanga
- **Departamento:** Ayacucho
- **Cordenadas:** E=578719.52, N=8554542.84
- **Altitud:** 2425msnm
- **Distancia:** 21.9Km
- **Vía de acceso:** Ayacucho-Huanta, desvió en Lagunilla dirección Compañía
- **Tiempo de viaje:** 40 minutos desde la ciudad de Ayacucho

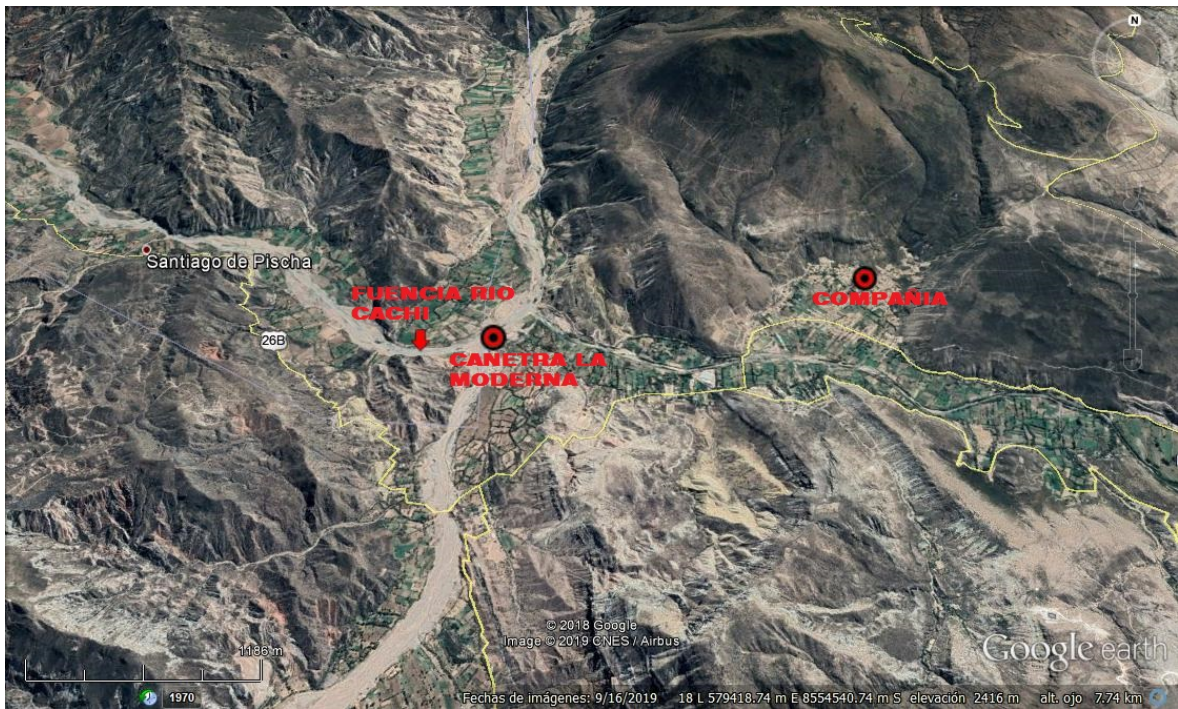


Figura 1 Plano de ubicación del proyecto de investigación cantera La Moderna.

*Fuente:*google earth



Figura 2 Planta de producción de agregados La Moderna.

Fuente: elaboración propia

1.2.2 Temporal

El presente trabajo de investigación se desarrolló durante el periodo comprendido entre los meses de Abril y Setiembre del 2019.

1.2.3 Temática y unidad de análisis

El presente trabajo de investigación se realizó en concreto simple con adiciones de ceniza de chala de maíz en diferentes porcentajes.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿ Con una adición adecuada de la ceniza de chala de maíz se mejorará la resistencia a la compresión del concreto?

1.3.2 Problema específicos

1. ¿ Cómo son las propiedades fisico-químicas de la ceniza de chala de maíz calcinadas en el horno artesanal?

2. ¿Cuál será el porcentaje óptimo de la ceniza de chala de maíz adicionado al concreto para obtener la mayor resistencia a la compresión?
3. ¿Cómo afectaría la ceniza de chala de maíz en la consistencia y trabajabilidad del concreto patrón?

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación

Esta investigación se justifica ya que a través de la incorporación de la ceniza de chala de maíz al concreto reducirá la contaminación ambiental y mejorará algunas propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico, como la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto. Con lo explicado anteriormente se estaría fomentando este trabajo experimental, que contribuirá al desarrollo de nuevos concretos con una sustitución parcial del cemento, para lo cual se está planteando la adición de la ceniza de chala de maíz con diferentes dosificaciones. Una vez concluida la investigación se podrá constatar si verdaderamente la implementación de la puzolana artificial obtenida de la calcinación de chala de maíz posee una influencia directa en la resistencia a la compresión del concreto.

1.4.2 Importancia

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 permite mejorar la resistencia. Es importante realizar este trabajo de buscar sustituciones parciales del cemento para obtener un concreto con mayor resistencia a la compresión en su estado endurecido, haciendo uso de algún componente que provenga de manera fácil, útil y que representa un ahorro considerable en el uso de la materia prima, a la vez que reduce las emisiones del CO₂ al medio ambiente contribuyendo de esta forma a aliviar los problemas ecológicos que provoca esta industria tan necesaria en el desarrollo sostenido de nuestro país.

Es importante esta investigación, ya que es una nueva alternativa de aprovechar la chala de maíz que en si es un desecho, el cual es provechoso para crear mezclas de concreto por sus propiedades cementantes, utilizando como sustituto parcial del cemento portland para mejorar la resistencia a la compresión.

1.5 Limitaciones de la investigación

- Este trabajo de investigación tiene como alcance al estudio del concreto simple con adiciones de ceniza de chala de maíz.
- Se utilizó un horno artesanal
- El uso de ceniza de chala de maíz del distrito de chilcayoc provincia Sucre
- Se utilizó ceniza de chala de maíz en porcentajes de 5%, 10%, 12.5% 15%, 17.5% y 20% tomados respecto al peso del cemento, para la resistencia a la compresión.
- Se aplicó el método ACI 211, como la alternativa para el diseño de mezcla
- El uso de agregado grueso y fino de la cantera La Moderna
- Diseño de mezcla de $f'c = 210\text{kgf/cm}^2$

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Determinar la resistencia a compresión de un concreto con adiciones de ceniza de chala de maíz.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Constatar si las propiedades Físico-Químicas de la ceniza de chala de maíz cumplen con las recomendaciones y normas para elaborar mezclas de concreto.
2. Determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de chala de maíz adicionado al concreto para obtener la mayor resistencia a la compresión.
3. Evaluar como la ceniza de chala de maíz afecta en la consistencia y trabajabilidad del concreto patrón.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Investigaciones internacionales

(Orrala & Gómez, 2015). Ecuador; en la tesis ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE PUZOLANA OBTENIDA DE LA CALCINACIÓN DE RESIDUOS DEL CULTIVO DE MAÍZ PRODUCIDO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA. El presente trabajo de grado evalúa el uso de mezclas de hormigón con contenido de puzolana arteriales, adquiridas de las cenizas obtenidas de los residuos del cultivo de maíz como sustituto parcial del cemento Portland en 5%, 10% y 15% de su proporción, diseñadas en base a una mezcla patrón con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm². La resistencia a la compresión promedio de la muestra patrón fue de 312.12 kg/cm². Las probetas ensayadas con mezcla de adiciones puzolánicas del 5%, 10% y 15% llegaron a una resistencia a la compresión de 338.36kg/cm², 378.49kgf/cm² y 324.15kgf/cm² respectivamente, siendo su valor más alto con el 10% de adición, lo que representa un incremento con respecto a la resistencia a la compresión de la muestra patrón de 11.56%.

(Escalera, 2012). España; en la tesis ESTUDIO DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND CON CENIZA DE RASTROJO DE MAÍZ: POSIBILIDADES DE USO EN CONSTRUCCIÓN RURALES. En este trabajo de investigación se realiza una calcinación a temperaturas entre 400 a 1000°C, entre estas temperaturas la que da una mejor composición mineralógica es la de 700°C, con composición de Caolinita y Sanidina, que en su mayoría tiene contenido de Cal y Silicio; luego se realizó ensayos de resistencia a los 28 días, 56 días y 90 días; los resultados demuestran que tiene una composición de puzolana teniendo una resistencia a compresión similar a las de los morteros de control que se tuvieron en la investigación.

2.1.2 Investigaciones nacionales

(Vásquez & Vigil, 2000). Piura; en la tesis LAS CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ, ADICIÓN PUZOLÁNICA EN CEMENTO Y CONCRETO. Mediante la calcinación controlada de la cascara de arroz, a 400°C se ha obtenido una ceniza que consiste esencialmente en sílice amorfa, con un alto contenido de SiO₂ (93%); los cementos Portland estudiados con la adición de la puzolana de Ceniza de Cáscara de Arroz, mejoran sus resultados en los ensayos de resistencia a la compresión; estos demuestran la facilidad de la técnica de elaboración utilizada, el mejor comportamiento de la adición de esta ceniza es al 30% de su adicción.

(Lencinas & Incahuanaco, 2017).Puno; en la tesis EVALUACION DE MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIONES DE CENIZA DE PAJA DE TRIGO COMO SUSTITUTO EN PORCENTAJES DEL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO IP EN LA ZONA ALTIPLÁNICA. La presente investigación estudio la evaluación de las mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto del cemento Portland para determinar la resistencia a la compresión y la trabajabilidad de concreto adicionado con ceniza de paja de trigo. En este trabajo de investigación se demostró que al adicionar ceniza de paja de trigo al 5% respecto al peso del cemento; incrementa su resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón.

(Meza & Leon, 2016). Cusco; en la tesis ANÁLISIS POR VARIABILIDAD DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CALIDAD DE 210 kgf/cm² CONCRETO USADO ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES Y MICRO SÍLICE CON CEMENTO IP CON AGREGADO DE LA CANTERA DE HUANCABAMBA Y PAMPAS EN LA CIUDAD DE ADAHUAYLAS DEPARTAMENTO DE APURÍMAC. En este trabajo de investigación se demostró que al adicionar un superplastificante y micro sílice al 10% respecto al peso del cemento; incrementa su resistencia a la compresión hasta 397 kgf/cm² con respecto al concreto patrón de 210 kgf/cm².

2.2 Bases teóricas

- Según (Orrala & Gómez, 2015). En su tesis para obtener el título de Ingeniería Civil con adiciones de 5%, 10% y 15% de puzolanas obtenidas de la calcinación de residuos de cultivo de maíz y con ceniza calcinada a 500°C determinan resistencias a la compresión de 338.36kgf/cm², 378.49kgf/cm² y 324.15kgf/cm² respectivamente, siendo su

valor más alto la ensayada con 10% de adición. Lo que representa un máximo incremento encontrado que es el 21.26% con respecto a la resistencia del concreto patrón.

- Según. (Fernandez, 2009). En su investigación evaluación del concretos puzolánicos elaborados con contenido ceniza de hoja de maíz para uso estructural con 10%, 15% y 20% afirma que el porcentaje óptimo de sustitución de ceniza de hoja de maíz es de 10%, debido a que con el mismo se obtuvo un incremento en la resistencia a la compresión de 1.10% en función de su mezcla patrón.
- Según. (Neville, 2013). El diseño de la mezcla puede definirse como el proceso de selección de los ingredientes adecuados del concreto, para determinar sus cantidades relativas con el propósito de producir un concreto económico, con ciertas propiedades mínimas, notable manejabilidad, resistencia y durabilidad.
- Según.(Calleja, 1969). Según su origen, las puzolanas se dividen en dos grupos: puzolanas naturales y las puzolanas artificiales. Las puzolanas naturales, cuando son de origen mineral, son generalmente cenizas volcánicas procedentes de erupciones explosivas que han pasado por un rápido enfriamiento. Las puzolanas artificiales por su parte, se obtiene a partir de la calcinación de rocas arcillosas o esquistosas o de subproductos industriales, que involucran altas temperaturas.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Concreto

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. 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, 2009). La presente investigación trata de un concreto conformado con los siguientes materiales: cemento portland, ceniza de chala de maíz, agregado fino, agregado grueso y agua, entonces es necesario conocer las componentes y su interrelación de los materiales antes descritos.

2.3.2 Tipos de concreto

2.3.2.1 Concreto simple

Es una mezcla del cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. (Abanto, 2009).

2.3.2.2 Concreto armado

Se denomina así al concreto simple, cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. (Abanto, 2009).

2.3.2.3 concreto estructural

Se denomina así al concreto simple, cuando éste es dosificado, mezclado, transportado y colocado de acuerdo a las especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre-establecida y una durabilidad adecuada. (Abanto, 2009).

2.3.3 Puzolanas

Las puzolanas son materiales silíceos o alumino-silíceos, el cual en si mismo posee pequeño o ningún valor cementante, pero cuando esta finamente dividido y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura normal para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

Las puzolanas naturales, cuando son de origen mineral, son generalmente cenizas volcánicas procedentes de erupciones explosivas que han pasado por un rápido enfriamiento. Las puzolanas artificiales por su parte, se obtiene a partir de la calcinación de rocas arcillosas o esquistas o de subproductos industriales, que involucran altas temperaturas.(Rivva, 2014).

2.3.4 Cenizas

Las cenizas, un sub producto de la combustión de carbón o de la cascara de arroz, son el residuo finamente dividido de la combustión de éstos. Contienen partículas esféricas muy pequeñas de material vítreo con propiedades puzolánica. Son también materiales puzolánicos

que tienden a ser más reactivos aquellos con alto contenido de calcio. Son compatibles con los cementos Portland. Ellas pueden ser empleadas ya sea como un material de dosificación separado o como un componente del cemento mezclado. Su empleo se ha incrementado debido a que mejoran algunas propiedades del concreto y reducir el costo de éste.(Rivva, 2014).

De acuerdo a la tesis realizado por (Lencinas & Incahuanaco, 2017)La norma ASTM C 618-03 divide en tres los tipos de ceniza:

- **Clase N:** Puzolanas naturales calcinadas o sin calcinar, como algunas tierras diatomáceas; horstemos 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 tiene exceso de cal y poco de óxido de alúmina y oxido de fierro.(Rivva, 2014).

2.3.5 Materiales

2.3.5.1 Cemento

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. (Rivva, 2014).

Para la presente investigación usaremos el Cemento Portland Tipo I proveniente de la fábrica de Cementos Andino S.A. la cual cumple con las normas y es la más usada en la ciudad de Ayacucho.

a) Propiedades del cemento

- **Finura:** (Huamaní, 2018), su tesis menciona que: La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación del cemento y por lo tanto mayor desarrollo de resisten-

cia. Cumple con la norma ASTM C325, C430.

- **Consistencia:** (Huamaní, 2018), su tesis menciona que: La consistencia se refiere a la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien a su capacidad de fluir, cumple con la norma ASTM C230.
- **Fraguado:** El fraguado como el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto (o mortero de cemento). La velocidad de fraguado viene limitado por las normas estableciendo un periodo de tiempo, a partir del amasado, dentro del cual debe producirse el principio y fin del fraguado. Cumple con la norma ASTM C150.(Huamaní, 2018).
- **Resistencia a la compresión:** En términos generales, la resistencia mecánica, que potencialmente puede desarrollar el concreto, depende de la resistencia individual de los agregados, la pasta de cemento endurecida y la cantidad de vacíos que este posee por la adherencia que se produce en ambos materiales.

La resistencia es medida a los 7, 14, 21 y 28 días, teniendo estas que cumplir los valores mínimos. Para determinar la resistencia a la compresión se realiza un ensayo de compresión de acuerdo a la norma NTP 339.034.(Huamaní, 2018)

b) Cemento portland

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

$$\text{CementoPortland} = \text{ClinkerPortland} + \text{Yeso}$$

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso, que al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.(Huamaní, 2018)

c) Composición química del cemento

Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química, no obstante, hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento los cuales se representa a continuación:

Tabla 1 Composición química del cemento

Compuesto	Formula del oxido	Notación	Nombre común
Silicato tricálcico	3CaO SiO ₂	C3S	Alita
Silicato dicálcico	2CaO SiO ₂	C2S	Belita
Aluminato tricálcico	3CaO Al ₂ O ₃	C3A	Aluminato
Alumino ferrito tetracálcico	4CaO Al ₂ O ₃ FeO ₃	C4AF	Ferrita

Fuente: (Rivva, 2014)

- **Silicato tricálcico (C3S)**, se hidrata y endurece rápidamente y es responsable en gran medida del fraguado inicial y de la resistencia temprana.
- **Silicato dicálcico (C2S)**, se hidrata y endurece lentamente y contribuye en gran parte al incremento de resistencia a edades mayores de una semana.
- **Aluminato tricálcico (C3A)**, libera una gran cantidad de calor en los primeros días de hidratación y endurecimiento. También contribuye al desarrollo de la resistencia temprana; el yeso que se agrega al cemento durante la molienda final, retrasa la velocidad de hidratación del C3A. Sin el yeso un cemento que contuviera C3A fraguaría rápidamente, los cementos con bajos porcentajes de C3A son particularmente resistentes a los suelos y agua que contienen sulfatos.
- **El aluminoferrito tetracálcico (C4AF)**, reduce la temperatura de formación del Clinker, ayudando por tanto a la manufactura del cemento.

d) Tipos de cemento

Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland ASTM C 150. Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland ASTM C 150. (Rivva, 2014).

- **Tipo I:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- **Tipo II:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general y a obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- **Tipo III:** Es el cemento de alta resistencia inicial. Especiales para uso en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras o para usos en climas fríos.

- **Tipo IV:** Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación, recomendables para concretos masivos.
- **Tipo V:** Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. De estos cinco tipos en el Perú solo se fabrica los tipos I, II y V.(Rivva, 2008).

2.3.5.2 Agregados

La Norma (NTP 400.011) define a los agregados como un conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.037.

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 del concreto.(Rivva, 2008).

a) Agregado fino

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 9.5mm (Tamiz 3/8”) y que cumpla con los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037.(Rivva, 2008).

Granulometría

En relación con su granulometría, el agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33. (Rivva, 2008).

En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites.

Tabla 2 Análisis granulométrico para agregado fino

Malla	% Que Pasa
3/8”	100
Nro 4	95 a 100
Nro 8	80 a 100
Nro 16	50 a 85
Nro 30	25 a 60
Nro 50	10 a 30
Nro 100	02 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

Módulo de fineza

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos de 2.2 y 2.8 producen concretos de

buena trabajabilidad y reduce segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son los más favorables para los concretos de alta resistencia. (Abanto, 2009).

El módulo de fineza se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3/8", Nro 4, Nro 8, Nro 16, Nro 30, Nro 50, Nro 100 dividido entre 100.

$$MF = \frac{\sum \%ret.acum.(3/8", Nro4, Nro8, Nro16, Nro30, Nro50, Nro100)}{100}$$

Contenido de humedad

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas. (Pasquel, 1998).

$$\%de.humedad = \frac{peso.humedo - peso.seco}{peso.seco} 100$$

Peso específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas: Las normas NTP 400.021 (ASTM C-127) y NTP 400.022 (ASTM C-128) establecen el procedimiento estandarizada para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. (Pasquel, 1998).

- **Peso específico de la muestra (Pem)**

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

$$Pem = \frac{A}{B + S - C}$$

- **Peso específico de la muestra saturada con superficie seca (Pesss)**

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa de agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas),

comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas.

$$P_{ess} = \frac{A}{B + S - C}$$

- **Peso específico aparente (Pea)**

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

$$P_{ea} = \frac{A}{B + A - C}$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra seca en el horno (gr).

B: Peso del picnómetro lleno con agua (gr).

C: Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración (gr).

S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr).

Peso unitario

El peso unitario o peso aparente del agregado, es el peso que alcanza determinado volumen unitario. El peso unitario está influenciado por: La gravedad específica, granulometría, perfil y textura superficial, contenido de humedad, y de factores externos como: Grado de compactación impuesto, diámetro nominal máximo en relación con el volumen. (Calla, 2013).

Existen dos tipos de pesos unitarios:

- **Peso unitario suelto(P.U.S)**

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que se llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término peso volumétrico unitario porque se trata del volumen ocupado por el agregado y por los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades de volumen.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso.del.material}}{\text{Volumen.del.material}}$$

- **Peso unitario compacto(P.U.C)**

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

Todos los agregados presentan distinta proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto.

$$P.U.C = \frac{\text{Peso.del.material.compacto}}{\text{Volumen.del.recipiente}}$$

b) Agregado grueso Es el agregado que queda retenido en el tamiz Nro 4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánico de las rocas y que cumplan con los límites establecidos en la Norma ASTM C33 y NTP 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (Abanto, 2009).

Granulometría

Denominado también análisis granulométrico, viene hacer la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Si un agregado no está dentro del huso granulométrico se puede ajustar separando el material pasándolo por una malla intermedia en las proporciones debidas. (Calla, 2013).

Tabla 3 Límites granulométricos para agregado grueso

HUSO	Tamaño Máximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso														
		Porcentaje que pasa por Tamices Normalizados														
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300 mm	
4 pulg.	3 ½ pulg.	3 pulg.	2 ½ pulg.	2 pulg.	1 ½ pulg.	1 pulg.	¾ pulg.	½ pulg.	⅜ pulg.	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 50			
1	90 mm a 37.5 mm	3 ½ pulg. a 1 ½ pulg.	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	
2	63 mm a 37.5 mm	3 ½ pulg. a 1 ½ pulg.	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	
3	50 mm a 25.0 mm	2 pulg. a 1 pulg.	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	
357	50 mm a 4.75 mm	2 pulg. a Nº 4	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	
4	37.5 mm a 19.0 mm	1 ½ pulg. a ¼ pulg.	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	
467	37.5 mm a 4.75 mm	1 ½ pulg. a Nº 4	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	
5	25.0 mm a 9.5 mm	1 pulg. a ½ pulg.	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	
56	25.0 mm a 9.5 mm	1 pulg. a ⅜ pulg.	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	
57	25.0 mm a 4.75 mm	1 pulg. a Nº 4	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	
6	19.0 mm a 9.5 mm	¾ pulg. a ⅜ pulg.	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	
67	19.0 mm a 4.75 mm	¾ pulg. a Nº 4	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	
7	12.5 mm a 4.75 mm	½ pulg. a Nº 4	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	
8	9.5 mm a 2.36 mm	⅜ pulg. a Nº 8	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9.5 mm a 1.18 mm	⅜ pulg. a Nº 16	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	475 mm a 1.18 mm	Nº 4 a Nº 16	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	40 a 10	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

- **Tamaño máximo**

De acuerdo a la norma NTP 400.037 define el Tamaño Máximo del agregado grueso como aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

El tamaño máximo del agregado grueso viene a ser el tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado. (Quevedo, 2013).

- **Tamaño máximo nominal**

De acuerdo a la norma NTP 400.037 define el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso como aquel que corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso viene a ser el tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado. (Quevedo, 2013).

Módulo de fineza

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando este índice el alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos. (Abanto, 2009).

$$MF = \frac{\sum \%rete.acum.(3", 11/2", 3/8", Nro4, Nro4, Nro8, Nro16, Nro30, Nro50, Nro100)}{100}$$

Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante porque puede hacer variar la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto. (Abanto, 2009).

$$\%de.humedad = \frac{Peso.humedo - Peso.seco}{Peso.seco} 100$$

Peso específico

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750 kgf/m³. (Tufino, 2009).

- **Peso específico de la muestra (Pem)**

$$Pem = \frac{A}{B - C}$$

- **Peso específico de la muestra saturada con superficie seca (Pesss)**

$$Pesss = \frac{B}{B - C}$$

- **Peso específico aparente**

$$Pea = \frac{A}{A - C}$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr).

B: Peso de la muestra saturada con superficialmente seca en el aire (gr).

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

Absorción

Se entiende por absorción, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco. La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y secado superficial. Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto. (Rivva, 2008).

$$\%Absorción.del.A.Grueso = \frac{B - A}{A} 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca, en gramos

B: Peso de la muestra saturada con superficialmente seca, en gramos.

Peso unitario

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

Los agregados redondeados de textura suavizada tienen, generalmente, un peso unitario más alto que las partículas de perfil angular y textura rugosa, de la misma composición mineralógica y granulométrica. (Rivva, 2008).

existen dos tipos de pesos unitarios:

- **Peso unitario suelto(P.U.S)**

$$P.U.S = \frac{\text{Peso.del.material}}{\text{Volumen.del.recipiente}}$$

- **Peso unitario compactado(P.U.C)**

$$P.U.C = \frac{\text{Peso.del.material.compacto}}{\text{Volumen.del.recipiente}}$$

Abrasión

En la mayoría de las Normas sobre agregados a nivel internacional se establecen pruebas de desgaste o abrasión, siendo la más generalizada el denominado Ensayo de los Ángeles, el cual fundamentalmente consiste en colar una muestra de agregado con granulometría especificada en un cilindro rotatorio horizontal, conjuntamente con un número de bolas de acero, aplicando al tambor un número dado de vueltas. El porcentaje de material fragmentada constituye un indicador de calidad.

El agregado grueso que va a ser empleada en aquellas estructuras sometidas a abrasión o erosión, como concretos para pavimentos o pisos, no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a la Norma NTP 400.019 ó 400.020, o de la Norma ASTM C 131. (Rivva, 2014).

$$\%Desg. = \frac{P_o - P_f}{P_o} 100$$

Donde:

Po: Peso inicial de la muestra (gr).

Pf: Peso final de la muestra (gr).

2.3.5.3 Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma técnica peruana NTP 339.088 y de ser, preferencia, potable. Está prohibido el empleo de aguas acidas; calcáreas; minerales; carbonatadas; aguas provenientes de minas o relaves; aguas q contengan residuos minerales o industriales; aguas con un contenido de sulfatos mayor de 1%; aguas que contengas algas, materia orgánica, humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados. (Rivva, 2008).

Requisitos de calidad del agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos

de la Norma NTP 339.088, y de ser preferencia potable.

Tabla 4 Porcentajes permisibles para el agua de mezclado y curado

Descripción	Valor máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088

2.3.5.4 Planta de maíz

La planta de maíz, *Zea mays* L, es una planta anual, originaria de América, explotada desde la época en que los aborígenes regían gran parte de Centro y Sudamérica, para aprovechar su valor alimenticio y sufrir de alimentos a personas y animales del reino. A diferencia de otro tipo de plantas, este cultivo puede ser usado como alimento o materia prima de las distintas fases del desarrollo de la misma, incluso después de la cosecha sigue manteniendo un gran valor. (Partesdel.com, 2018).



Figura 3 Campo de maizal.

Fuente: Elaboración propia

Clasificación

La planta de maíz se encuentra clasificada como

- Reino: Vegetal

- División: Spermatofitas
- Familia: Gramíneas
- Género: Zea
- Especie: Mays L.

Descripción botánica

La planta de maíz, al pertenecer a la familia de las gramíneas posee características definidas, las cuales podemos denotar a continuación:

Raíces

Fasciculadas y robustas, permite un anclaje perfecto y aporte adecuado de nutrientes.

Tallo

Posee aspecto de caña, con entrenudos rellenos de una médula esponjosa, erecto, sin ramificaciones, de aproximadamente de 1 pulgada de diámetro y una altura media entre los 2 metros.

Hojas

Son alternas, paralelinervias, abrazadas al tallo y provistas de vellosidades con extremos afilados y cortantes; el número de hojas depende de la variedad, del ciclo y la época de siembra llega a poseer de 10-25 hojas.

2.3.5.5 Ceniza de chala de maíz

Chala de maíz

El estudio se trabajará con plantas de maíz(tallo, hoja y espiga) cultivadas en el departamento de Ayacucho provincia de Sucre distrito de Chilcayoc. La chala de maíz se llama en si a la planta seca; esta planta tiene un crecimiento rápido; el tallo es simple, rígido y sólido. Presenta hojas de aproximadamente 1m de longitud y hasta 10cm de ancho, ásperas al tacto.(Galicia & Velásquez, 2016).



Figura 4 Chala de maíz
*Fuente:*Elaboración propia

Ceniza de chala de maíz

La chala de maíz se llama en si a la planta seca; al ser calcinado entre 400°C - 600°C, generan cenizas puzolánicas que posee un alto contenido de óxido de sílice y óxido de aluminio los cuales juntos con el hidróxido de calcio generan un material cementante.



Figura 5 Ceniza de chala de maíz
*Fuente:*Elaboración propia

2.3.6 Concreto en estado fresco

2.3.6.1 Trabajabilidad y consistencia

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

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia.

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada (Abanto, 2009).

Tabla 5 Clases de mezclas según su asentamiento

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	(0") a (2")	Poco trabajable	Vibrado Normal
Plástica	(3") a (4")	Trabajable	Vibrado Ligero
Fluida	Mayor a (5")	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: (Abanto, 2009)

El ensayo de revenimiento o asentamiento del cono de Abrams, es el método más ampliamente aceptable y utilizado para medir la consistencia del concreto, normado por la NTP 339.035 CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.

El equipo de prueba consiste en un cono de revenimiento (molde cónico metal de 300 mm (12pulg.) de altura, con 200 mm (8pulg.) de diámetro de base y 100 mm (4pulg.) de diámetro de la parte superior) y una varilla de metal con 16mm de diámetro (5/8 pulg.) y 600 mm (24 pulg.) de longitud con una punta de forma hemisférica.(Rivva, 2014).



Figura 6 Medición de slump en el concreto patrón

*Fuente:*Elaboración propia

2.3.6.2 Contenido de aire

Toda mezcla de concreto tiene aire atrapado entre los materiales (agua, cemento y agregados). La cantidad de este aire depende de las proporciones físicas de los agregados, del método de compactación y de las proporciones en que se han cambiado los ingredientes de la mezcla. Generalmente este aire ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla, salvo que el concreto estará expuesto a cambios bruscos de temperatura (congelase y descongelarse), para lo cual se necesita incorporar aire mediante el uso de aditivos, por lo tanto, el volumen de aire de la mezcla aumentaría.(Sánchez, 2001).



Figura 7 Inyectando agua por la válvula

*Fuente:*Elaboración propia

2.3.7 Concreto en estado endurecido

2.3.7.1 Resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a compresión se realizó de acuerdo a la NTP 339.034 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para el esfuerzo de compresión de muestra cilíndrica de concreto.

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima por unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto, 2009).

La resistencia a la compresión de la briqueta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

f'c: Resistencia de rotura a la compresión (kgf/cm²).

P: Carga de rotura (kg).

A: Área de la sección (cm²).



Figura 8 Rotura de briquetas en la prensa hidráulica

*Fuente:*Elaboración propia

Capítulo III

Método de la investigación

3.1 Enfoque

El enfoque de la presente investigación es de tipo cuantitativa, ya que se deben realizar diferentes ensayos y cumplir con las normas para obtener los objetivos planteados, adaptando el método a las condiciones de la Región y mejorar la resistencia a la compresión de un concreto adicionando ceniza de chala de maíz.

3.2 Alcance

La presente investigación es de alcance explicativo, ya que se explicará como se comporta la resistencia y la trabajabilidad del concreto con adición de ceniza de chala de maíz. Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales.

3.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental. Según (Hernandez, Fernandez & Baptista, 2014). Es decir los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. Ya que el objetivo fue conocer las causas y los fenómenos que ocurre al adicionar porcentajes de ceniza de chala de maíz al concreto tradicional y analizar los cambios que produce para poder explicar los fenómenos ocurridos. Se aplicó seis porcentajes de dosis para evaluar la resistencia mecánica a la compresión en estado endurecido a las 7, 14, 21 y 28 días de fraguado.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población de la presente investigación está conformada por todas las probetas de concreto con adición y sin adición de ceniza de chala de maíz, con agregados de la cantera *La Moderna*.

3.4.2 Muestra

La muestra fue seleccionada mediante un muestreo aleatorio estratificado y dentro de cada estrato se elegirán las muestras (3 unidades) para cada 7,14,21 y 28 días para su ensayo mediante un muestreo aleatorio simple sin reposición a la población, en la que cada uno de las probetas tendrán la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra las cuales serán representativos.

Tabla 6 Distribución de probetas de la muestra a ensayar

EDAD	CONCRETO PATRÓN	CHM 5.0%	CHM 10.0%	CHM 12.5%	CHM 15.0%	CHM 17.5%	CHM 20.0%
7 días	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2
	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3
14 días	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2
	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3
21 días	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2
	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3
28 días	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2	M-2
	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3	M-3
Parcial	12	12	12	12	12	12	12
Total de probetas = 84							

Fuente: Elaboración propia

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

Con la adición de la ceniza de chala de maíz aumentará la resistencia a la compresión del concreto.

3.5.2 Hipótesis específicos

1. Las propiedades Físico-Químicas de la ceniza de chala de maíz del distrito de Chilcayoc, provincia de Sucre, tienen características aceptables según la norma para elaborar mezclas de concreto.
2. El porcentaje óptimo de la ceniza de chala de maíz que se le añadirá al concreto para obtener la mayor resistencia a la compresión se determinará mediante el ensayo de resistencia a la compresión.
3. La adición de la ceniza de chala de maíz en el concreto incrementaría la consistencia y trabajabilidad del concreto patrón.

3.6 Operacionalización de variables

3.6.1 Variables independientes

$$X = (X1, X2)$$

X1 = Porcentaje de ceniza de chala de maíz.

X2 = Concreto $f'c=210$ kgf/cm² elaborados con agregados de la cantera La Moderna.

3.6.2 Variables dependientes

$$Y = (Y1, Y2, Y3)$$

Y1 = Resistencia a la compresión de un concreto con adición de ceniza de chala de maíz.

Y2 = Propiedades físicas y químicas de ceniza de chala de maíz.

Y3 = Consistencia

Tabla 7 Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	Ceniza de chala de maíz	Es el quemado de chala de maíz, que al ser calcinado este presenta propiedades puzolánicas	Peso de ceniza / cemento	Kg
	Diseño de mezcla del concreto convencional	Es una mezcla de material aglomerante cemento, agua y agregados fino y grueso	Cemento Agregado grueso Agregado fino Agua	Kg Kg Kg L
	Resistencia a la compresión de un concreto con adición de ceniza de chala de maíz	Medida de la resistencia a la compresión de un concreto bajo la norma NTP 339.034	Resistencia a la compresión	kg/cm ²
VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades físicas y químicas de ceniza de chala de maíz	Análisis de la composición química de ceniza de chala de maíz de acuerdo a la norma ASTM-C 618.03	Propiedades físicas y químicas	%
	Consistencia	Es el grado de plasticidad del concreto fresco para la trabajabilidad	Asentamiento(Slump)	Pulgadas

Fuente: Elaboración propia

3.7 Técnicas e instrumentos

Para el presente trabajo de investigación se aplicó la técnica de la observación. Los datos obtenidos en la experimentación en laboratorio permitieron reconocer los efectos que produce la adición de ceniza de chala de maíz en las propiedades plástica y mecánicas del concreto.

3.7.1 Instrumentos de recolección de datos

- Fotografías
- Hoja formato para granulometría de agregados
- Hoja formato para porcentaje de humedad
- Hoja formato para pesos específico de los agregados
- Hoja formato para porcentaje de absorción
- Hoja formato para resistencia a la compresión de probetas

3.7.2 Equipos de laboratorio

- El cono de Abrams
- La prensa hidráulica
- Balanza para medir el peso de los testigos de concreto
- Tamices
- Trompo mezclador eléctrico
- Horno
- Moldes para probetas del concreto
- Picnómetro
- Varilla de (5/8") y 60cm de longitud
- Recipiente cilíndrico

3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento

La técnica de recolección de datos son procedimientos utilizados en la investigación, para tener una base en la obtención de los resultados. En respuesta a la técnica utilizada fue la observación directa, la cual consistió en observar atentamente el suceso o caso estudiado, luego tomar la información y registrarla para la interpretación y analizar.

La técnica estadística para procesar los datos en esta investigación experimental será mediante la prueba de T-Student, que nos permitirá definir si mejora la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto con adiciones de ceniza de chala de maíz.

3.8.1 Distribución t de student

Según.(Lencinas & Incahuanaco, 2017). 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

3.8.1.1 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 expresados en la hipótesis.(Lencinas & Incahuanaco, 2017).

$$H_0 : u_{\bar{x}_{CHM}} \leq u_{\bar{x}_{CP}} \rightarrow H_1 : u_{\bar{x}_{CHM}} > u_{\bar{x}_{CP}}$$

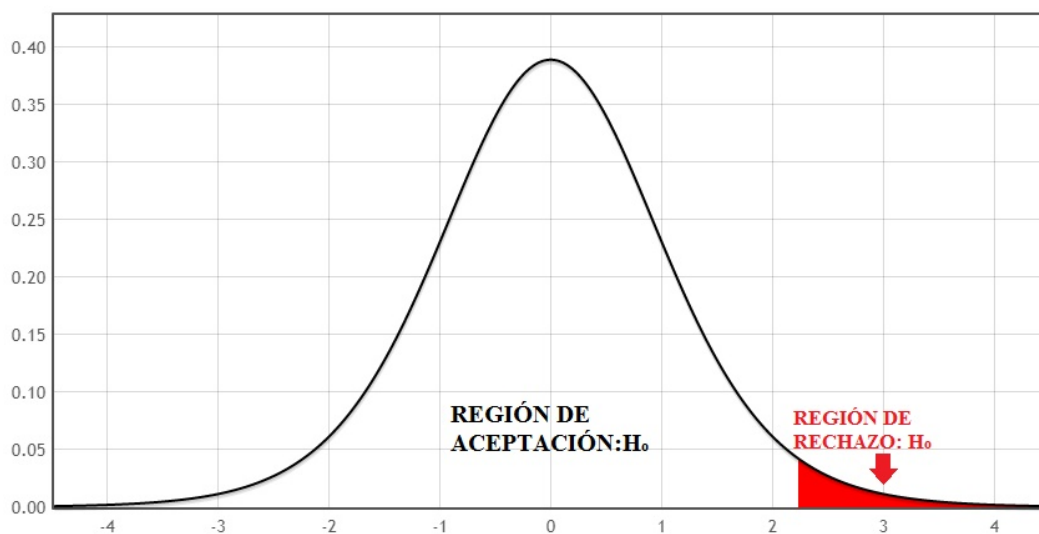


Figura 9 Curva de distribución para hipótesis de una cola a la derecha.

Fuente: StatKey - Lock5

3.8.1.2 Procedimiento de cálculo

Según. (Lencinas & Incahuanaco, 2017). El estadístico de prueba para una distribución T-Student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$
$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 1}}$$

Donde:

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 : Medias de las muestras

n_1 y n_2 : Tamaño de las muestras

S_1^2 y S_2^2 : Varianza de las muestras

3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

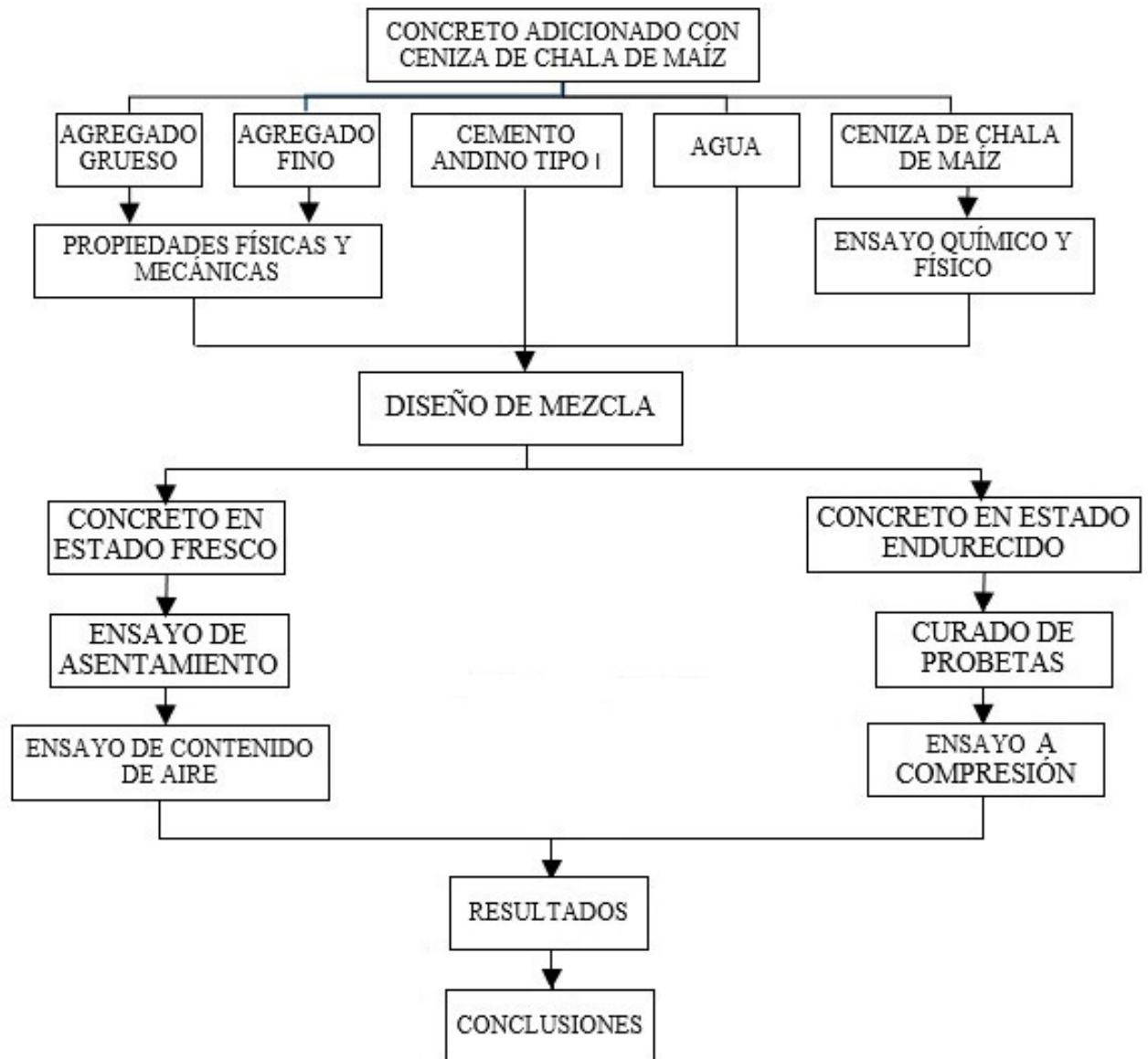


Figura 10 Diagrama del desarrollo del trabajo de tesis

*Fuente:*Elaboración propia

Capítulo IV

Resultados

4.1 Contrastación de hipótesis

4.1.1 Contraste de hipótesis resistencia a la compresión

- **Formulación de Hipótesis**

Se va a probar la hipótesis sobre la diferencia de medias, si la resistencia a la compresión del concreto mejora con la adición de ceniza de chala de maíz, en distintas proporciones del peso del cemento de 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20% frente a un concreto patrón.

Las hipótesis serían de la siguiente manera:

La hipótesis Nula (H_0) afirma que, la adición de un porcentaje de ceniza de chala de maíz como sustituto del cemento Portland no mejora la resistencia a la compresión del concreto.

$$H_0 : u_{\bar{X}_{CHM}} \leq u_{\bar{X}_{CP}}$$

La hipótesis Alternativa (H_1) afirma que, la adición de un porcentaje de ceniza de chala de maíz como sustituto del cemento Portland mejora la resistencia a la compresión del concreto.

$$H_1 : u_{\bar{X}_{CHM}} > u_{\bar{X}_{CP}}$$

Donde:

$u_{\bar{X}_{CP}}$: Representa a la media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto patrón (CP).

$u_{\bar{X}_{CHM}}$: Representa a la media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto

con diferentes proporciones de ceniza de chala de maíz (CHM).

- **Nivel de Significancia**

$$\alpha = 0.05$$

- **Estadístico de Prueba**

$$t_p = \frac{\bar{X}_{CHM} - \bar{X}_{CP}}{s_p * \sqrt{n_1 + n_2}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 1}}$$

Donde:

\bar{X}_{CP} : Media de la Resistencia a la Compresión del Concreto patrón

\bar{X}_{CHM} : Media de la Resistencia a la Compresión del Concreto con ceniza de chala de maíz

S_1^2 : Varianza del Concreto Patrón.

S_2^2 : Varianza del Concreto con ceniza de chala de maíz

n_1 : Número de Observaciones del Concreto Patrón

n_2 : Número de Observaciones del Concreto con adición de ceniza de chala de maíz

d)Región Crítica

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis Nula de acuerdo a las tablas de t student, para un nivel de significación de 0.05 y 4 grados de libertad.

Tabla 8 Distribución de t Student.

r	1 - α							
	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.92	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.25	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.19	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.92	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032

Fuente: Elaboración propia

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 3+3-2} = t_{0.05, 4} = 2.13$$

Como se muestra en la siguiente figura 11, donde si el t_p superior a 2.13, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el t_p es inferior a 2.13 no se rechaza la nula.

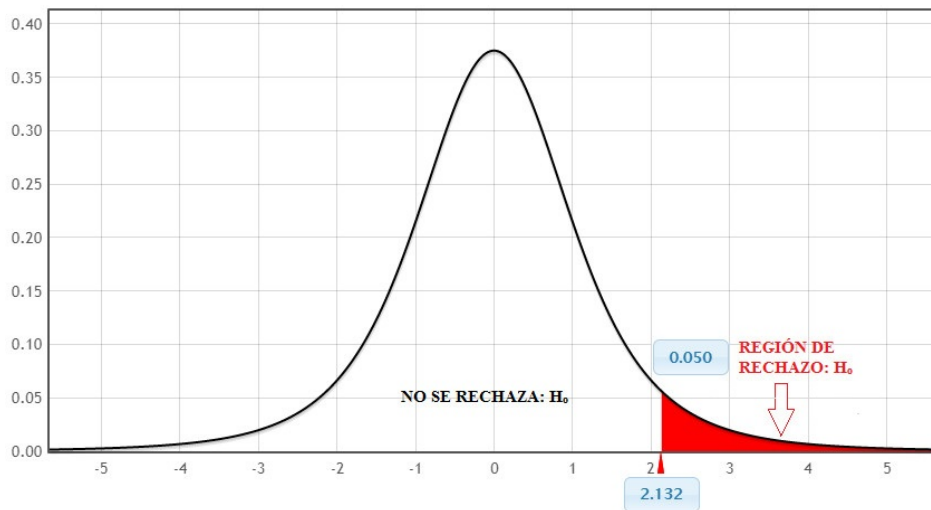


Figura 11 Gráfica de la distribución t para $\alpha = 0.05$ y 4 grados de libertad

Fuente: StatKey - Lock5

A continuación, se muestra el cuadro donde se contrasta la hipótesis planteada.

De la tabla 11 se observa que los estadísticos de prueba caen en la región donde se rechaza la H_0 de la curva de t student ($t_p > t_{tabla}$). Donde la hipótesis Nula afirma que la resistencia a la compresión del concreto con ceniza de chala de maíz es menor al de un concreto patrón $u_{\bar{X}_{CHM}} \leq u_{\bar{X}_{CP}}$, y se acepta la hipótesis Alternativa. Por lo tanto, a un 95% de confianza se estima que la adición de ceniza de chala de maíz como sustituto del cemento Portland mejora la resistencia a la compresión del concreto.

4.1.2 Contraste de hipótesis trabajabilidad del concreto

- **Formulación de Hipótesis**

se va a probar la hipótesis sobre la diferencia de medias, si la trabajabilidad del concreto fresco mejora con la adición de ceniza de chala de maíz en distintas proporciones del peso del cemento de 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20%, frente a un concreto patrón. Las hipótesis serían de la siguiente manera:

La hipótesis nula (H_0) afirma que, la adición de un porcentaje de ceniza de chala de maíz al concreto fresco como sustituto del cemento Portland no mejora la trabajabilidad

Tabla 9 Decisión de la hipótesis H_0 para la resistencia a la compresión a 28 días de edad.

Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días									
MUESTRA	100C+0CHM	95C+5CHM	90C+10CHM	82.5C+12.5CHM	85C+15CHM	82.5C+17.5CHM	80C+20CHM		
1	258.96	285.72	288.76	318.64	313.26	283.64	263.18		
2	275.68	274.98	304.75	332.25	302.15	291.13	248.26		
3	268.92	280.85	294.93	322.18	316.15	279.36	253.12		
n_1	3	3	3	3	3	3	3		
α	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
\bar{X}_i	267.85	280.52	296.15	324.36	310.52	284.71	254.85		
S^2	70.74	28.92	65.03	49.86	54.63	35.49	57.90		
S_p		7.06	8.24	7.77	7.92	7.29	8.02		
t_p		2.20	4.20	8.91	6.60	2.83	-1.98		
t_{tabla}		2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13		
Decisión		Se rechaza H_0	Se rechaza H_0	Se rechaza H_0	Se rechaza H_0	Se rechaza H_0	No se rechaza H_0		

Fuente: Elaboración propia

del concreto fresco.

La hipótesis Alternativa (H_1) afirma que, la adición de un porcentaje de ceniza de chala de maíz al concreto fresco como sustituto del cemento Portland mejora la trabajabilidad del concreto fresco.

La hipótesis Nula: $H_0: u_{\bar{X}_{CHM}} \leq u_{\bar{X}_{CP}}$

La hipótesis Alternativa: $H_1: u_{\bar{X}_{CHM}} > u_{\bar{X}_{CP}}$

Donde:

$u_{\bar{X}_{CP}}$: Representa a la media aritmética de la trabajabilidad del concreto fresco patrón (CP).

$u_{\bar{X}_{CHM}}$: Representa a la media aritmética de la trabajabilidad del concreto fresco con diferentes proporciones de ceniza de chala de maíz (CHM).

- **Nivel de Significancia**

$$\alpha = 0.05$$

- **Estadístico de Prueba**

$$t_p = \frac{\bar{X}_{CHM} - \bar{X}_{CP}}{s_p * \sqrt{n_1 + n_2}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 1}}$$

Donde:

\bar{X}_{CHM} : Medias de la medida de los asentamientos del concreto fresco con adición de ceniza de chala de maíz en distintas proporciones del peso del cemento de 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20%.

\bar{X}_{CP} : Medias de la medida de los asentamientos del concreto fresco patrón.

S_1^2 : Varianza del Concreto Patrón.

S_2^2 : Varianza del Concreto con ceniza de chala de maíz

n_1 : Número de Observaciones del Concreto Patrón

n_2 : Número de Observaciones del Concreto con adición de ceniza de chala de maíz

• Región Crítica

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis Nula de acuerdo a las tablas de t student, para un nivel de significación de 0.05 y 2 grados de libertad.

Tabla 10 Distribución de t Student.

r	1 - α							
	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.92	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.25	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.19	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.92	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032

Fuente: Elaboración propia

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 2+2-2} = t_{0.05, 2} = 2.92$$

Como se muestra en la siguiente figura 12, donde si el t_p superior a 2.92, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el t_p es inferior a 2.92 no se rechaza la nula.

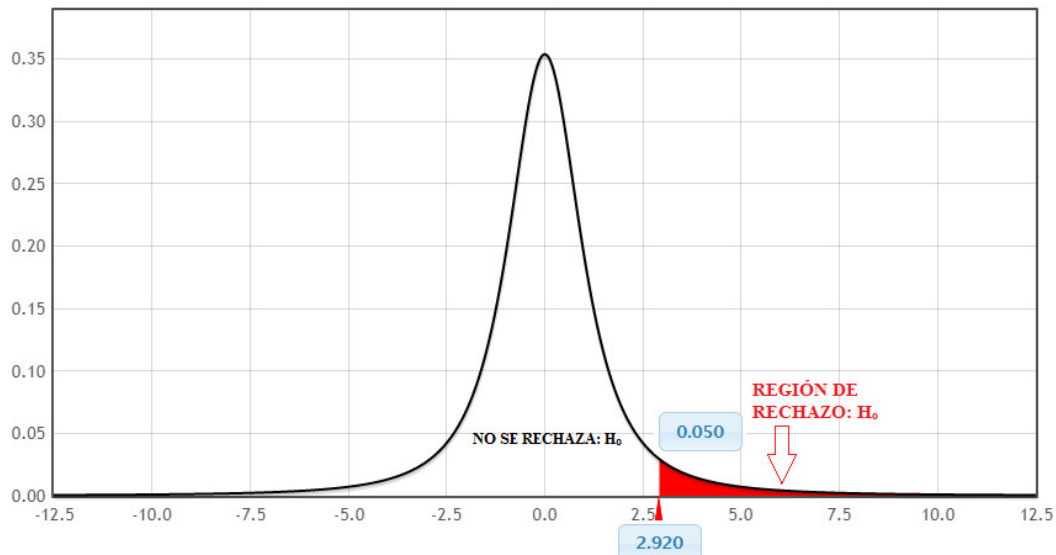


Figura 12 Gráfica de la distribución t para $\alpha = 0.05$ y 2 grados de libertad

Fuente: StatKey - Lock5

A continuación se muestra el cuadro donde se contrasta la hipótesis planteada.

Tabla 11 Decisión de la hipótesis H_0 con el t_p para la trabajabilidad del concreto fresco.

		Asentamiento							
MUESTRA	100C+0CHM	95C+5CHM	90C+10CHM	82.5C+12.5CHM	85C+15CHM	82.5C+17.5CHM	80C+20CHM		
1	3.88	3.32	3.29	2.90	2.58	2.47	1.97		
2	3.52	3.48	3.10	3.10	2.81	2.33	2.22		
n_1	2	2	2	2	2	2	2		
α	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
\bar{X}_i	3.70	3.40	3.20	3.00	2.70	2.40	2.10		
S^2	0.0648	0.0128	0.0181	0.0200	0.0265	0.0098	0.0313		
S_p		0.197	0.204	0.206	0.214	0.193	0.219		
t_p		-1.86	-3.04	-4.16	-5.76	-8.24	-8.96		
t_{tabla}		2.92	2.92	2.92	2.92	2.92	2.92		
Decisión		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	No se rechaza H_0	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se observa que todos los estadísticos de prueba caen en la región donde no se rechaza la H_0 de la curva de t student $t_p < t_{tabla}$. Donde la hipótesis Nula afirma que la trabajabilidad del concreto fresco con ceniza de chala de maíz es menor al de un concreto patrón $t_p \leq t_{tabla}$. Por lo tanto, el concreto fresco con adición ceniza de chala de maíz no mejora la trabajabilidad con respecto al concreto patrón, esto a un 95% de confianza.

4.2 Análisis e interpretación

4.2.1 Análisis del agregado fino

4.2.1.1 Granulometría

En relación con su granulometría el agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la (NTP 400.037, 2013) o ASTM C 33. Se tomó una muestra de 1451.78 gr de agregado fino procedente de la cantera *La Moderna*, encontrándose un módulo finiza de 3.00.



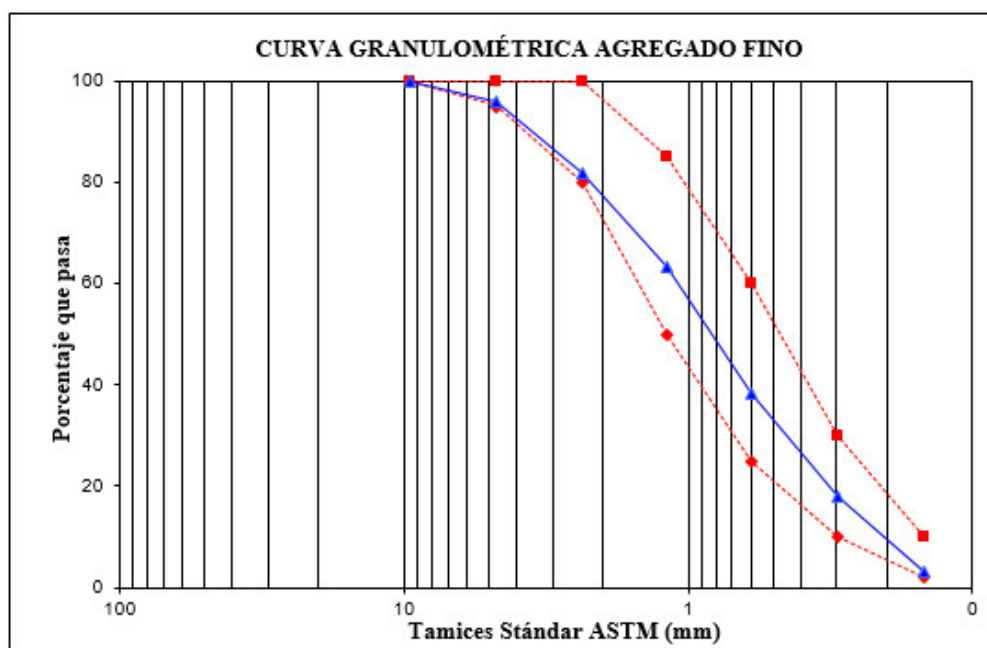
Figura 13 Tamizado del agregado fino

*Fuente:*Elaboración propia

Tabla 12 Resultados del análisis granulometría del agregado fino

Granulometría del agregado fino							
Peso lavado seco =1451.78 gr				Cantera: La Moderna			
Mallas	Abertura (mm)	Material Retenido (gr.)	Porcentaje Retenidos (%)	Porcentajes Acumulados		Especificaciones ASTM C136	
				Retenidos	Que Pasan		
3/8"	9.525	0	0	0	100	100	100
Nro 4	4.76	61.1	4.21	4.21	95.79	95	100
Nro 8	2.36	205.36	14.15	18.35	81.65	80	100
Nro 16	1.18	267.98	18.46	36.81	63.19	50	85
Nro 30	0.6	361.25	24.88	61.7	38.3	25	60
Nro 50	0.296	294.35	20.28	81.97	18.03	10	30
Nro 100	0.148	219.16	15.1	97.07	2.93	2	10
Nro 200	0.074	35.28	2.43	99.5	0.5		
Fondo	0	5.81	0.4	99.9	0.1		
Total		1450.29	99.90%	Módulo de Fineza (MF): 3.00			

Fuente: Elaboración propia

**Figura 14** Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 el valor de módulo de fineza del agregado fino es de 3.00 la norma NTP 400.037 indica que no debe ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1, por lo tanto, se encuentra dentro de los límites normales.

En la figura 14, se aprecia que el agregado fino se encuentra dentro de los límites granulométricos superior e inferior, por lo tanto, cumple la NTP 400.037.

4.2.1.2 Contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la.(NTP 339.185, 2013) Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Para el contenido de humedad del agregado fino se obtuvo de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso.hmedo} - \text{peso.seco}}{\text{peso.seco}} 100$$



Figura 15 Peso del agregado fino después del horno

*Fuente:*Elaboración propia

El valor de 0.54%, es el valor porcentaje promedio de dos ensayos de humedad, la humedad del agregado fino es relativamente bajo, esto nos quiere que en los poros del agregado fino estaban parcialmente secos; aquí podemos deducir que el agregado fino nos aporta una mínima cantidad de agua a la mezcla

Tabla 13 Cálculo de contenido de humedad del agregado fino

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2
Peso de tara + suelo húmedo	525.28	530.42
Peso de tara + suelo seco	523.36	528.28
Peso de tara	120.38	121.21
Peso del agua	2.22	2.14
Peso del suelo seco	402.98	407.07
Contenido de humedad %	0.55	0.53
Contenido de humedad promedio%	0.54	

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3 Peso específico y absorción del agregado fino

El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la (NTP 400.022, 2011). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.



Figura 16 Verificación del estado saturado superficialmente seco del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

El peso específico de los agregados comúnmente empleados está comprendido dentro de los límites de 2.6 -3.0 gr/cm², el peso específico del agregado fino de la cantera La Moderna es de 2.64 gr/cm², por lo tanto, se encuentra dentro de los límites.

El porcentaje de absorción de los agregados comúnmente está comprendido dentro de los límites de 0.20% - 3.5%, el porcentaje de absorción del agregado fino de la cantera La Moderna es de 1.34%, por lo tanto, se encuentra dentro de los límites.

Tabla 14 Resultados del peso específico y absorción del agregado fino

Identificación	A	B	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)	500	500	500
B Peso Frasco + H2O	719.5	719.54	719.52
C Peso Frasco + H2O + A	1219.5	1219.54	1219.52
D Peso Mat. + H2O en el frasco	1026.33	1025.34	1025.84
E Vol. de Masas + Vol. De Vacios = C - D	193.17	194.2	193.69
F Peso Mat. Seco en estufa	493.35	493.45	493.4
G Vol. de Masa = E - (A - F)	186.52	187.65	187.09
Pe Bulk (Base Seca) = F/E	2.55	2.54	2.55
Pe Bulk (Base Saturada) = A/E	2.59	2.57	2.58
Pe Aparente (Base Saturada) = F/G	2.65	2.63	2.64
% de Absorción = ((A - F)/F) X 100	1.35	1.33	1.34

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4 Peso unitario del agregado fino

Se define peso volumétrico a la cantidad de material que entra en una unidad de medida en volumen tanto en estado suelto como compactado.

El ensayo de peso unitario suelto del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la (NTP 400.017, 2011).

A) Peso unitario suelto: (p.u.s)

$$P.U.S = \frac{\text{Peso.del.material}}{\text{Volumen.del.material}}$$



Figura 17 Enrasado y pesado del recipiente con la muestra del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

El peso unitario suelto del agregado fino es de 1523.20 kg/m³ la norma NTP 400.17 indica de 1500 kg/m³-1600 kg/m³, por lo tanto, cumple con la norma.

Tabla 15 Resultados del peso unitario suelto del agregado fino.

Agregado	Fino			
	Número de Ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (gr)		7020	7020	7020
Peso del agregado + molde (gr)		21131	21154	21126
Peso del agregado suelto (gr)		14.11	14.134	14.106
Ø interno molde (cm)		22.8	22.8	22.8
Altura interna del molde (cm)		22.7	22.7	22.7
Volumen del molde (m ³)		0.009268	0.009268	0.009268
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³)		1522.55	1525.03	1522.01
Promedio		1523.20 kg/m³		

Fuente: Elaboración propia

B) Peso unitario compacto: (p.u.c)

$$P.U.C = \frac{\text{Peso.del.material.compacto}}{\text{Volumen.del.recipiente}}$$



Figura 18 Apisonado con la barra compactadora del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

El peso unitario compacto del agregado fino es de 1662.89 kg/m³ la norma NTP 400.17 indica de 1600 kg/m³-1900 kg/m³, por lo tanto, cumple con la norma.

Tabla 16 Resultados del peso unitario compacto del agregado fino

AGREGADO	FINO		
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (gr)	7020	7020	7020
Peso del agregado + molde (gr)	22415	22450	21126
Peso del agregado suelto (gr)	15.395	15.43	15.41
Ø interno molde (cm)	22.8	22.8	22.8
Altura interna del molde (cm)	22.7	22.7	22.7
Volumen del molde (m3)	0.009268	0.009268	0.009268
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m3)	1661.09	1664.87	1662.71
Promedio	1662.89kg/m3		

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Análisis del agregado grueso

4.2.2.1 Granulometría

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33. Se ensayó una muestra de 1810.30 gr de agregado grueso procedente de la cantera *La Moderna*, encontrándose un módulo fineza de 6.90.



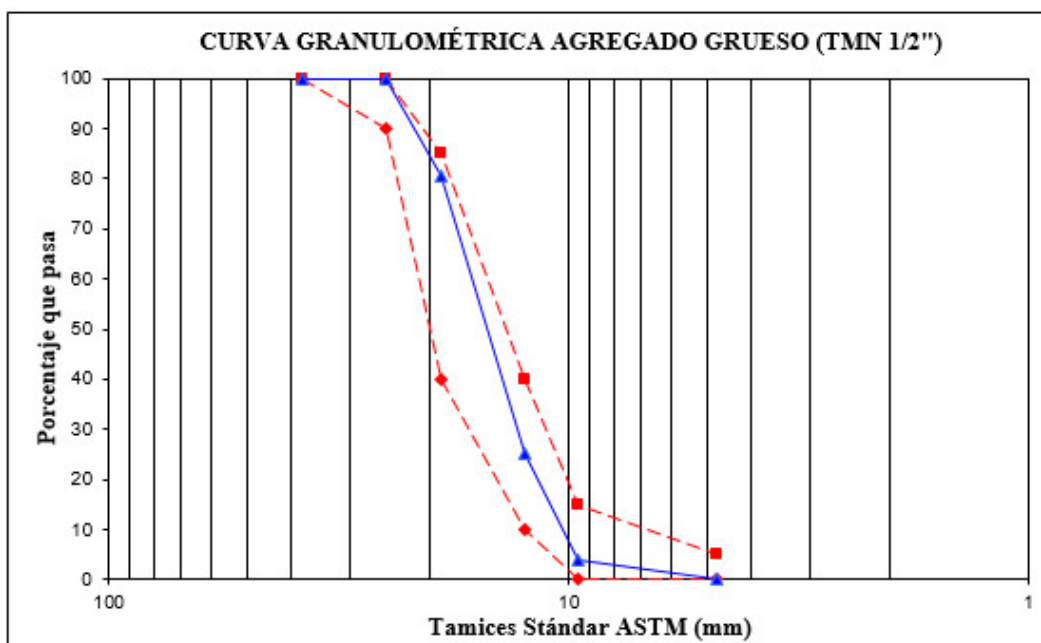
Figura 19 Tamizado del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Resultados del análisis granulometría del agregado grueso

Granulometría del agregado grueso							
Peso inicial de la muestra =1810.68 gr				Cantera: La Moderna			
Mallas	Abertura (mm)	Material Retenido (gr.)	(%)	Porcentajes Acumulados Retenidos	Que Pasan	Especificaciones ASTM C136	
2"	50.0						
(1 1/2)"	38.10	0	0	0	100	100	100
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100	90	100
3/4"	19.00	350.25	19.35	19.35	80.65	40	85
1/2"	12.50	1007.37	55.65	74.99	25.01	10	40
3/8"	9.525	381.02	21.05	96.04	3.96	0	15
Nro 4	4.76	71.11	3.93	99.97	0.03	0	5
Fondo	0	0.81	0.04				
Suma		1810.56	99.99%	TM: 3/4" ; TMN: 1/2"			

Fuente: Elaboración propia

**Figura 20** Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20 se aprecia que el agregado grueso se encuentra dentro de los límites granulométricos superior e inferior, por lo tanto, cumple la NTP 400.037.

4.2.2.2 Contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad del agregado grueso se realizó teniendo en cuenta la NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad

total evaporable de agregados por secado.



Figura 21 Contenido de humedad del agregado grueso.

*Fuente:*Elaboración propia

El valor de 0.56%, es el valor porcentaje promedio de dos ensayos de contenido humedad quiere decir que, el agregado grueso presenta menos porosidad, también poca humedad superficial; aquí podemos deducir que el agregado grueso nos aporta una mínima cantidad de agua a la mezcla.

Tabla 18 Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso

Descripción	M-1	M-2
Peso de tara + suelo húmedo	540.74	545.25
Peso de tara + suelo seco	538.32	542.95
Peso de tara	120.35	121.35
Peso del agua	2.42	2.3
Peso del suelo seco	417.97	421.64
Contenido de humedad %	0.58	0.55
Contenido de humedad promedio %		0.56

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3 Peso específico y absorción del agregado grueso

El ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.021, 2011. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.



Figura 22 Escurrimiento del agua y esparcido del agregado Grueso sobre la franela
*Fuente:*Elaboración propia

El peso específico de los agregados comúnmente empleados está comprendido dentro de los límites de 2.6 -3.0 gr/cm², el peso específico del agregado grueso de la cantera La Moderna es de 2.68 gr/cm², por lo tanto, se encuentra dentro de los límites.

El porcentaje de absorción de los agregados comúnmente está comprendido dentro de los límites de 0.20% - 3.5%, el porcentaje de absorción del agregado grueso de la cantera La Moderna es de 1.25%, por lo tanto, se encuentra dentro de los límites.

Tabla 19 Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso

Identificación	A	B	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)	2049.25	1743.8	1896.53
B Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Agua)	1269.84	1080.08	1174.96
C Vol. De Masas + Vol de vacios = A - B	779.41	663.72	721.57
D Peso Mat. Seco en estufa	2023.85	1722.49	1873.17
E Vol. de Masa = C - (A - D)	754.01	642.41	698.21
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.6	2.6	2.6
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.63	2.63	2.63
Pe Aparente (Base Saturada) = D/E	2.68	2.68	2.68
% de Absorción = ((A - D)/D) X 100	1.26	1.24	1.25

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.4 Peso unitario del agregado grueso

Se define peso volumétrico a la cantidad de material que entra en una unidad de medida en volumen tanto en estado suelto como compactado.

El ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.017.

A) Peso unitario suelto (p.u.s)

$$P.U.S = \frac{\text{Peso.del.material}}{\text{Volumen.del.material}}$$



Figura 23 Enrasado del molde metálico con agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia



Figura 24 Pesado del recipiente con la muestra del agregado grueso.

*Fuente:*Elaboración propia

El peso unitario suelto del agregado grueso es de 1422.46 kg/m³ la norma NTP 400.17 indica de 1400kg/m³- 1600 kg/ m³, por lo tanto, cumple con la norma.

Tabla 20 Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso

Agregado	Grueso		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (gr)	7020	7020	7020
Peso del agregado + molde (gr)	20210	20204	20196
Peso del agregado suelto (gr)	13.19	13.184	13.176
Ø interno molde (cm)	22.8	22.8	22.8
Altura interna del molde (cm)	22.7	22.7	22.7
Volumen del molde (m ³)	0.009268	0.009268	0.009268
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³)	1423.18	1422.53	1421.66
Promedio	1422.46 kg/m³		

Fuente: Elaboración propia

B) Peso unitario compacto (p.u.c)

$$P.U.C = \frac{\text{Peso.del.material.compacto}}{\text{Volumen.del.recipiente}}$$



Figura 25 Apisonado con la barra compactadora del agregado grueso.

*Fuente:*Elaboración propia

El peso unitario compacto del agregado grueso es de 1533.05 kg/m³ la norma NTP 400.17 indica de 1500 kg/m³- 1700 kg/ m³, por lo tanto, cumple con la norma.

Tabla 21 Resultados del peso unitario compacto del agregado grueso

Agregado	Fino		
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (gr)	7020	7020	7020
Peso del agregado + molde (gr)	21218	21227	21240
Peso del agregado suelto (gr)	14.198	14.207	14.22
Ø interno molde (cm)	22.8	22.8	22.8
Altura interna del molde (cm)	22.7	22.7	22.7
Volumen del molde (m ³)	0.009268	0.009268	0.009268
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³)	1531.94	1532.91	1534.31
Promedio	1533.05kg/m³		

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.5 Abrasión

Para determinar la dureza del agregado se utiliza un método indirecto cuyo procedimiento esta descrito en la Norma. (NTP 400.019, 2011) para agregados gruesos.

El método más conocido es en el sayo de la Maquina de los Ángeles, la cual consiste básicamente en colocar una cantidad especificada de agregado dentro de un tambor cilíndrico de

acero que está montando horizontalmente, donde se añade una carga de bolas de acero y se aplica un número determinado de revoluciones.

$$\%Desg. = \frac{P_o - P_f}{P_o} 100$$



Figura 26 Colocación del agregado grueso en la máquina de los Ángeles
*Fuente:*Elaboración propia

Tabla 22 Resultados del ensayo de abrasión del agregado grueso

Cantera La Moderna				
Descripción	Und	M-1	M-2	
Peso de la muestra seca inicial	gr	5000	5000	
Peso de la muestra retenida en Tamiz Nro 12	gr	3689	3778	
Desgaste	%	26.22	24.44	
Desgaste promedio	%	25.33		

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Obtención de ceniza de chala de maíz

4.2.3.1 Recolección de chala de maíz como materia prima

El estudio se trabajará con plantas de maíz cultivadas en el departamento de Ayacucho provincia de Sucre distrito de Chilcayoc. Las chalas de maíz fueron la materia prima base del producto, la incineración de este material permitió obtener la ceniza necesaria para usar en

las mezclas del concreto, diseñadas con la proporción de ceniza del 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20% como sustitución del cemento Portland.



Figura 27 Recolección de chala de maíz

*Fuente:*Elaboración propia

4.2.3.2 Secado de chala de maíz

Todo el material extraído se encontraba seco debido a que la plantación ya había sido cosechada en el mes de mayo del 2019.

Las chala de maíz debe estar lo menos húmedo posible a fin de lograr una incineración en forma óptima.



Figura 28 Secado del material por medio de exposición solar

*Fuente:*Elaboración propia

4.2.3.3 Incineración de chala de maíz

El proceso de incineración de chala de maíz se realizó en un horno artesanal compuesto en su gran mayoría por bloques de arcillas, material que desde la antigüedad ha sido utilizado por su capacidad de resistir altas temperaturas.

Para la incineración no se utilizó ningún tipo de combustible fósil, el horno fue previamente calentado con leña para elevar la temperatura, antes de colocar la chala de maíz en el horno se realizó un barrido en el interior del mismo, eliminando todo el rastro del carbón.



Figura 29 Quemado de chala de maíz en horno artesanal

*Fuente:*Elaboración propia



Figura 30 Obtención de la ceniza de chala de maíz

*Fuente:*Elaboración propia

4.2.3.4 Tamizado de ceniza de chala de maíz

Se procedió a tamizar la muestra con el fin de obtener una partícula con un diámetro menor a 0.297 mm, es decir, que resulte del pasante de la malla Nro 50 con el fin de garantizar una óptima interacción de las partículas del cemento y las puzolanas.

El tamizado de ceniza de chala de maíz se realizó en el Laboratorio V.G. Geotecnia & Ingeniería.



Figura 31 Tamizado del material obtenido por la malla Nro 50

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.5 Composición química de la ceniza de chala de maíz

El tipo de ceniza utilizada en la investigación corresponde a la ceniza de clase N, ya que se requirió la calcinación de la chala de maíz para obtener resultados favorables con respecto a la composición química de este.

Tabla 23 Análisis químico de la ceniza de chala de maíz

Nro	Simbología	Porcentajes Existentes
1	Óxido de Silicio (SiO ₂)	72.35%
2	Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	0.75%
3	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.46%
4	Óxido de Calcio (CAO)	4.24%
5	Óxido de Azufre (SO ₃)	2.10%
6	Óxido de Magnesio (MgO)	0.86%
7	Cloruro de Potasio (KCl)	7.90%

Fuente: Laboratorio de la Facultad de UNI-LABICER

Tabla 24 Resultados de ensayo de propiedades físicas

Propiedades físicas de ceniza de chala de maíz	
Peso específico	1.46
Contenido de Humedad	0.42%

Fuente: Elaboración propia

La norma ASTM C618 nos indica que:

La suma de los porcentajes de los compuestos: SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ debe ser como mínimo 70%, de la tabla se observa que la suma de estos elementos es: 72.35% + 0.75% + 0.46% = 73.56% (CUMPLE).

El contenido de SO₃ como máximo debe ser de: 4%, en el análisis nos indica que este porcentaje es 2.10% (CUMPLE).

El contenido de humedad debe ser como máximo el 3% para la ceniza de chala de maíz analizada su contenido de humedad es 0.42% (CUMPLE).

4.2.4 Diseño de mezcla patrón

El diseño de mezcla de concreto patrón fue realizado según las recomendaciones del comité 211 del ACI.

Tabla 25 Resultado de los ensayos de las propiedades de los agregados

MATERIALES	Unidad	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso específico	gr/cm ³	3.15	2.64	2.68
Peso unitario suelto	kg/m ³		1,523.20	1,422.46
Peso unitario compacto	kg/m ³		1,662.89	1,533.05
% Humedad	%		0.54	0.56
% Absorción	%		1.34	1.25
Tamaño máximo nominal (TMN)				1/2"
Modulo de Fineza			3.00	6.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 Diseño final del concreto patrón $f'c=210$ kgf/cm²

Material	Peso/m ³	Unidad	Peso/bolsa	Unidad	Proporción Peso
Cemento	386	Kg/m ³	42.5	Kg/bolsa	1
A.Fino	779	Kg/ m ³	83.34	Kg/bolsa	2.02
A.Grueso	925	Kg/ m ³	105.99	Kg/bolsa	2.4
Agua	228	Lt/ m ³	25.18	Lt/bolsa	0.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Resumen de material en peso para diferentes porcentajes de ceniza de chala de maíz

Descripción	Pesos kg/m ³							
% Cemento	100%	95%	90%	87.50%	85%	82.50%	80%	
% Ceniza de chala de maíz	0%	5%	10%	12.50%	15%	17.50%	20%	
Cemento	386	366.7	347.4	337.75	328.1	318.45	308.8	
Ceniza de chala de maíz	0	19.3	38.6	48.25	57.9	67.55	77.2	
Agregado fino	779	779	779	779	779	779	779	
Agregado grueso	925	925	925	925	925	925	925	
Agua	228	228	228	228	228	228	228	

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Resultados del ensayo del concreto en estado fresco

4.2.5.1 Trabajabilidad

El diseño de mezcla patrón de 210 kgf/cm² tuvo un asentamiento de 3.7" (concreto trabajable). Se evaluó la trabajabilidad con base en la prueba de revenimiento en el cono de Abra-

hams, ASTM C143. En la tabla 28 se muestra los resultados obtenidos en esta prueba.

Tabla 28 Resultado del ensayo de trabajabilidad

Cemento	Ceniza de chala de maíz	Slump (pulgadas)	Trabajabilidad
100%	0%	3.7	Trabajable
95%	5%	3.4	Trabajable
90%	10%	3.2	Trabajable
87.5%	12.50%	3.0	Trabajable
85%	15%	2.7	Trabajable
82.5%	17.50%	2.4	Poco trabajable
80%	20%	2.0	Poco trabajable

Fuente: Elaboración propia

Se observa que a medida que se aumenta la sustitución de ceniza de chala de maíz en 5%, 10%, 12.5%, 15% 17.5% y 20%, disminuye notablemente la trabajabilidad del concreto fresco.

Según estos resultados se puede ver que la inclusión de ceniza de chala de maíz a las mezclas no mejoró la trabajabilidad, por el contrario, se obtuvieron menores; esto se debe a que el reemplazo de la ceniza de chala de maíz en peso, y al tener la ceniza de chala de maíz una densidad mucho menor a la del cemento se tuvo un mayor volumen de cementantes.

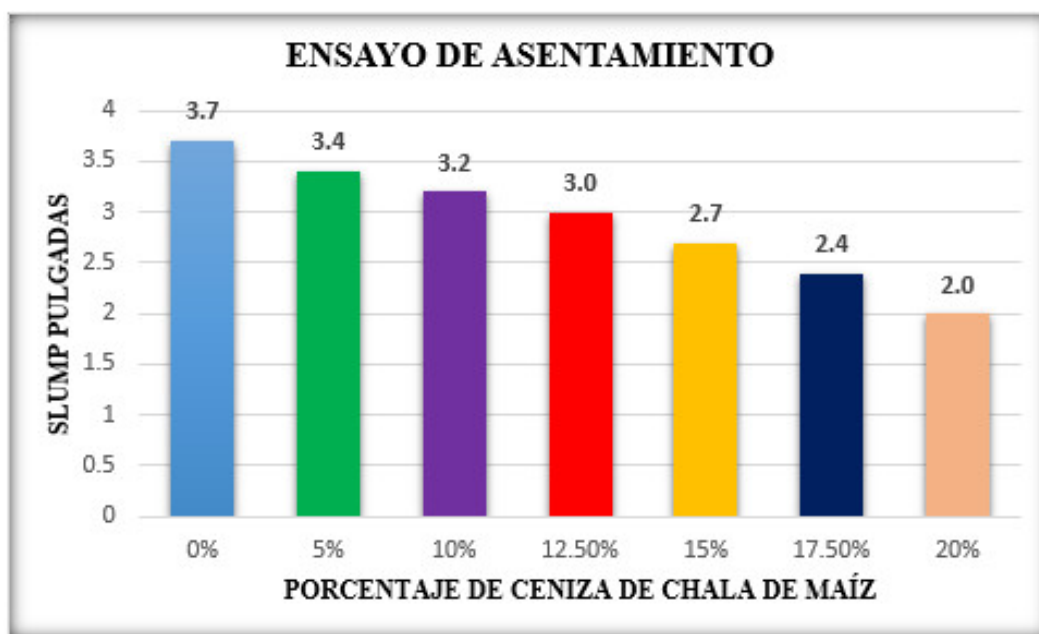


Figura 32 Variación de asentamiento según porcentajes de ceniza de chala de maíz

Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Resultados mecánicas del concreto según la edad

4.2.6.1 Resistencia a la compresión

Se muestran los resultados promedios de resistencia final obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto con diferentes porcentajes de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 29 Resultado de la resistencia a la compresión del concreto según la edad.

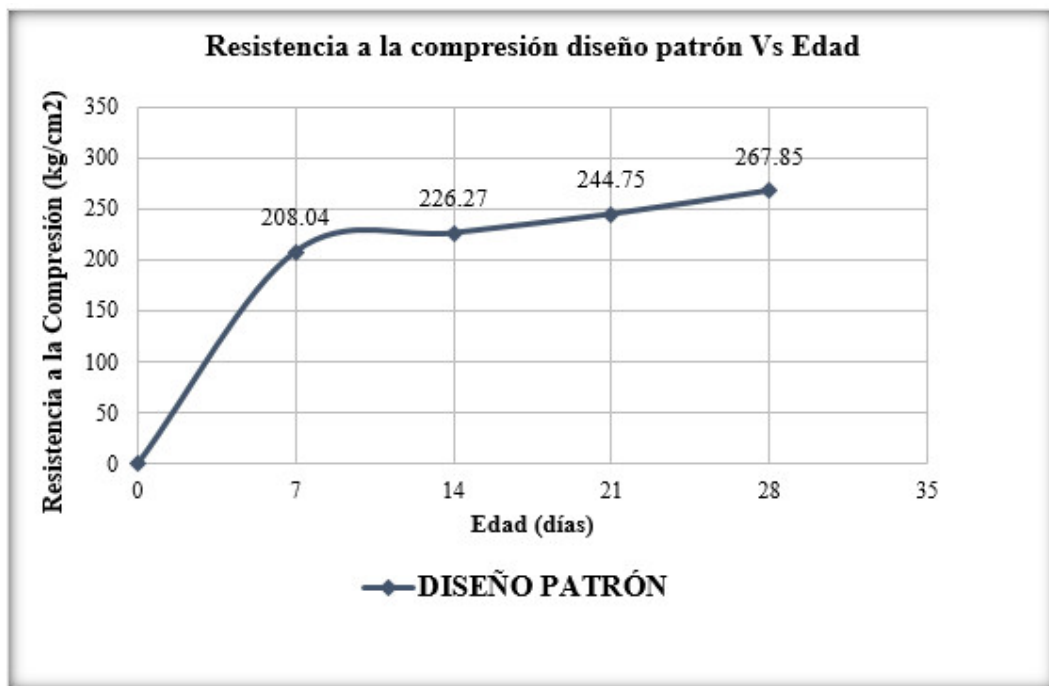
Resistencia a la compresión del concreto $f'c$ (kgf/cm²)				
Normas NTP 339.034 y ASTM C39				
Mezcla/días	7	14	21	28
Concreto Patrón	208.04	226.27	244.75	267.85
Ceniza de chala de maíz 5.00%	214.83	232.93	251.87	280.52
Ceniza de chala de maíz 10.00%	226.56	243.56	272.24	296.15
Ceniza de chala de maíz 12.50%	246.81	282.19	307.22	324.36
Ceniza de chala de maíz 15.00%	236.16	260.52	288.32	310.52
Ceniza de chala de maíz 17.50%	216.81	235.72	265.24	284.71
Ceniza de chala de maíz 20.00%	204.19	213.92	233.28	254.85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7, 14, 21 y 28 días**Resistencia a la compresión diseño patrón $f'c=210\text{kgf/cm}^2$** **Normas NTP 339.034 y ASTM C39**

Edad (días)	7	14	21	28
Resistencia kg/cm^2	208.04	226.27	244.75	267.85

Fuente: Elaboración propia

**Figura 33** Resistencia a la compresión del concreto patrón

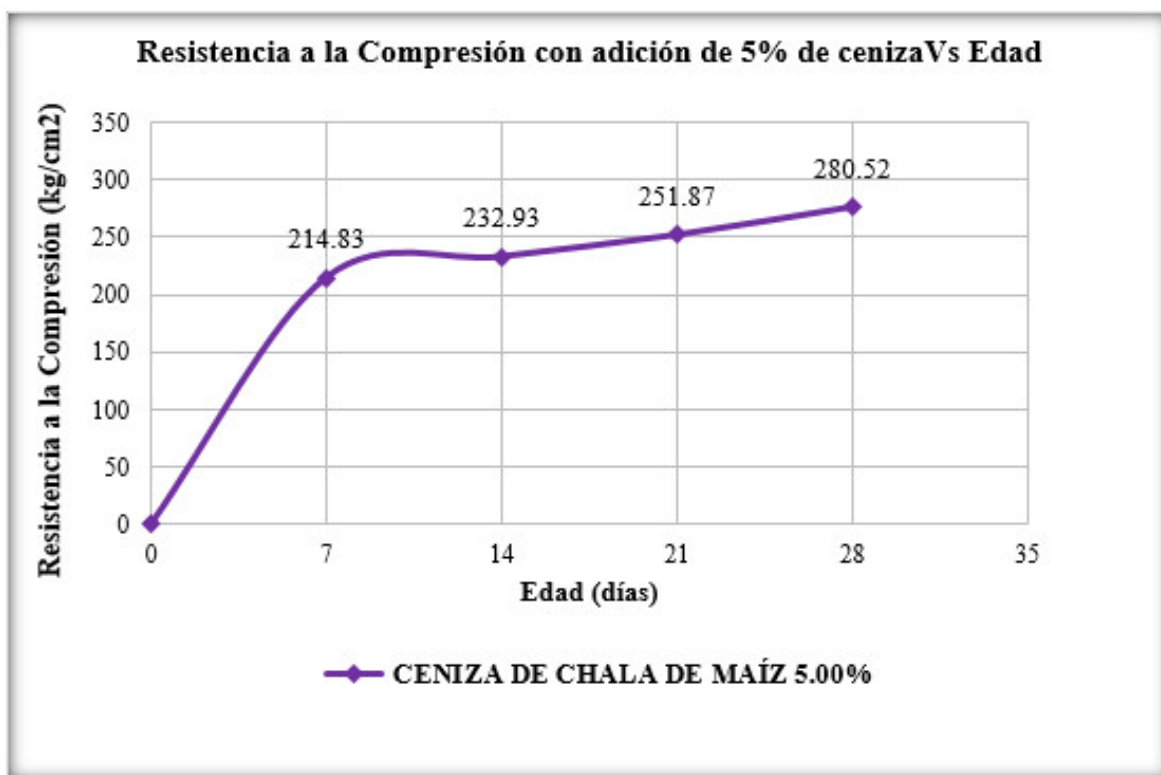
Fuente: Elaboración propia

De la Figura 33, se muestra el concreto patrón, se observa que a medida que pasa la edad del concreto, este aumenta su resistencia a la compresión en forma progresiva. La resistencia a la compresión promedio obtenida en la mezcla patrón a los 28 días fue de $f'c = 267.85\text{kgf/cm}^2$

Tabla 31 Resistencia a la compresión con adición de 5 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días

Norma NTP 339.034 y ASTM C39				
Edad (días)	7	14	21	28
Resistencia kg/cm ²	214.83	232.93	251.87	280.52
Porcentaje	103.26%	102.94%	102.91%	103.10%
Incremento %	3.26%	2.94%	2.91%	4.73%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 34** Resultados de la resistencia a la compresión con 5% de ceniza de chala de maíz.

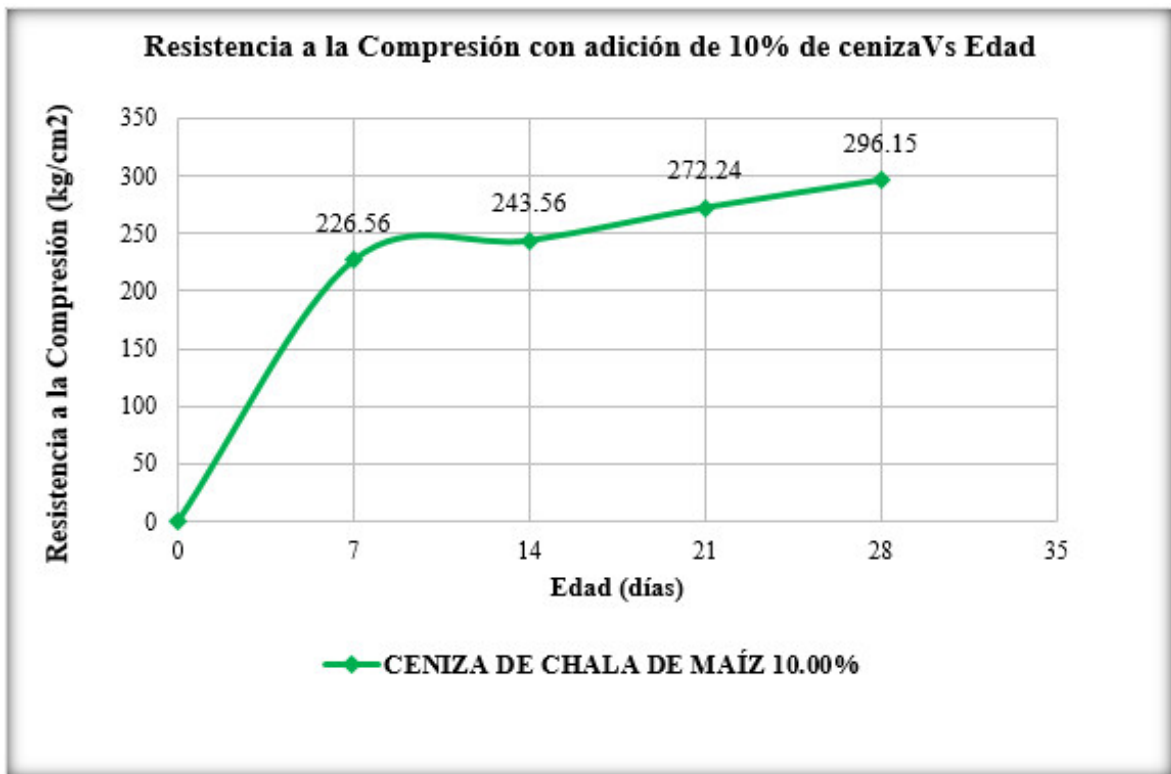
Fuente: Elaboración propia

De la figura 34, se observa que el concreto con adición de 5% de ceniza de chala de maíz alcanza una resistencia promedio de $f'c = 280.52 \text{ kgf/cm}^2$, resultado muy cercano al valor obtenido del diseño patrón, solo hubo un incremento de 4.73% respecto a la muestra patrón.

Tabla 32 Resistencia a la compresión con adición de 10 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días

Normas NTP 339.034 y ASTM C39				
Edad (días)	7	14	21	28
Resistencia kg/cm ²	226.56	243.56	272.24	296.15
Porcentaje	108.90%	107.64%	111.23%	110.57%
Incremento %	8.90%	7.64%	11.23%	10.57%

Fuente:Elaboración propia

**Figura 35** Resultados de la resistencia a la compresión con 10% de ceniza de chala de maíz.

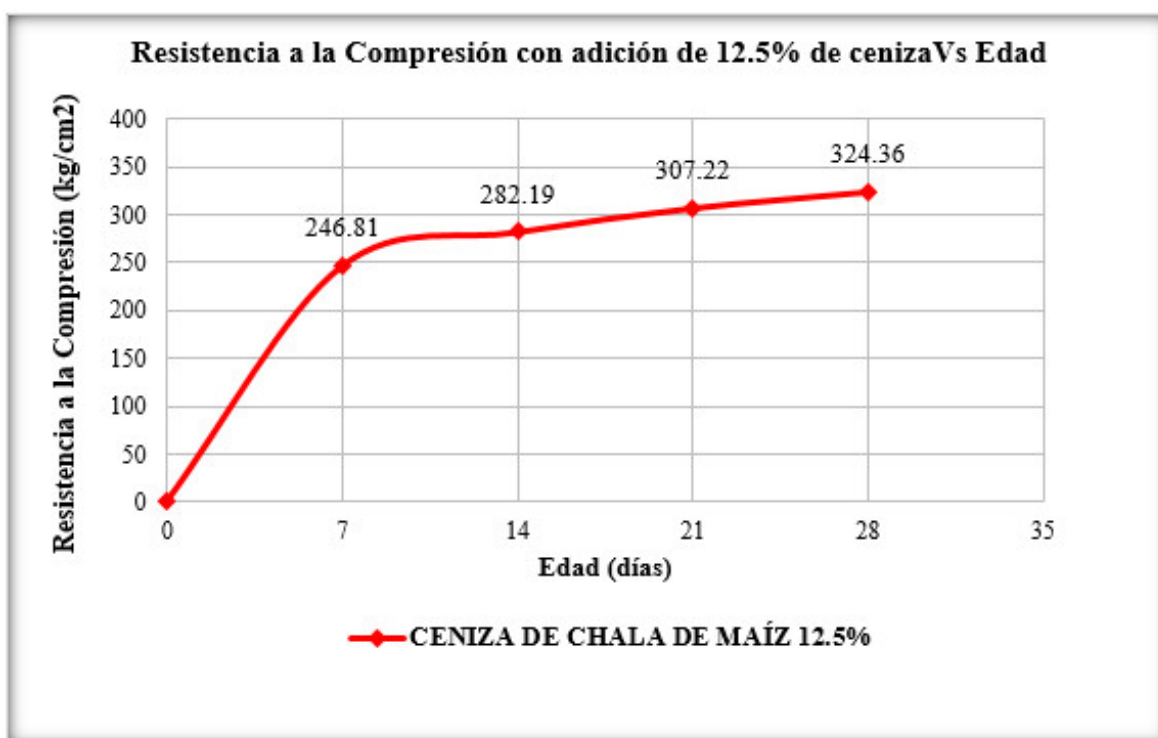
Fuente:Elaboración propia

De la figura 35, se observa que el concreto con adición de 10% de ceniza de chala de maíz aumenta considerablemente la resistencia a la compresión alcanzando una resistencia promedio de $f'c = 296.15 \text{ kgf/cm}^2$ lo que representa un incremento de 10.57% respecto a la muestra patrón.

Tabla 33 Resistencia a la compresión con adición de 12.5 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días

Normas NTP 339.034 Y ASTM C39				
Edad (días)	7	14	21	28
Resistencia kg/cm ²	246.81	282.19	307.22	324.36
Porcentaje	118.64%	124.71%	125.52%	121.10%
Incremento %	18.64%	24.71%	25.52%	21.10%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 36** Resultados de la resistencia a la compresión con 12.5% de ceniza de chala de maíz.

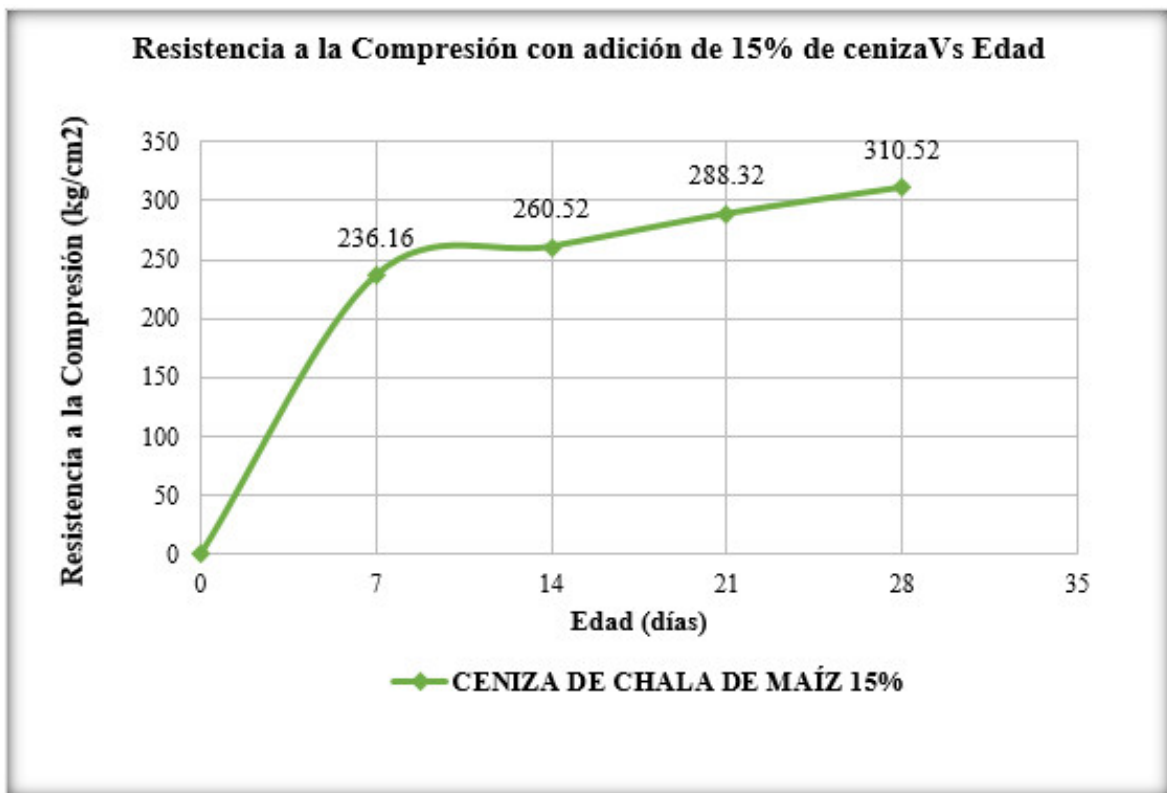
Fuente: Elaboración propia

De la figura 36, se observa que el concreto con adición de 12.50% de ceniza de chala de maíz aumenta considerablemente la resistencia a la compresión alcanzando una resistencia promedio de $f'c = 324.36 \text{ kgf/cm}^2$ lo que representa un incremento de 21.10% respecto a la muestra patrón. El mayor incremento de resistencia a la compresión que se obtuvo en toda la etapa experimental se dio con la adición de 12.50% de ceniza de chala de maíz, alcanzando una resistencia promedio de $f'c = 324.36 \text{ kgf/cm}^2$.

Tabla 34 Resistencia a la compresión con adición de 15 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días

Normas NTP 339.034 y ASTM C39				
Edad (días)	7	14	21	28
Resistencia kg/cm ²	236.16	260.52	288.32	310.52
Porcentaje	113.52%	115.14%	117.80%	115.93%
Incremento %	13.52%	15.14%	17.80%	15.93%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 37** Resultados de la resistencia a la compresión con 15% de ceniza de chala de maíz.

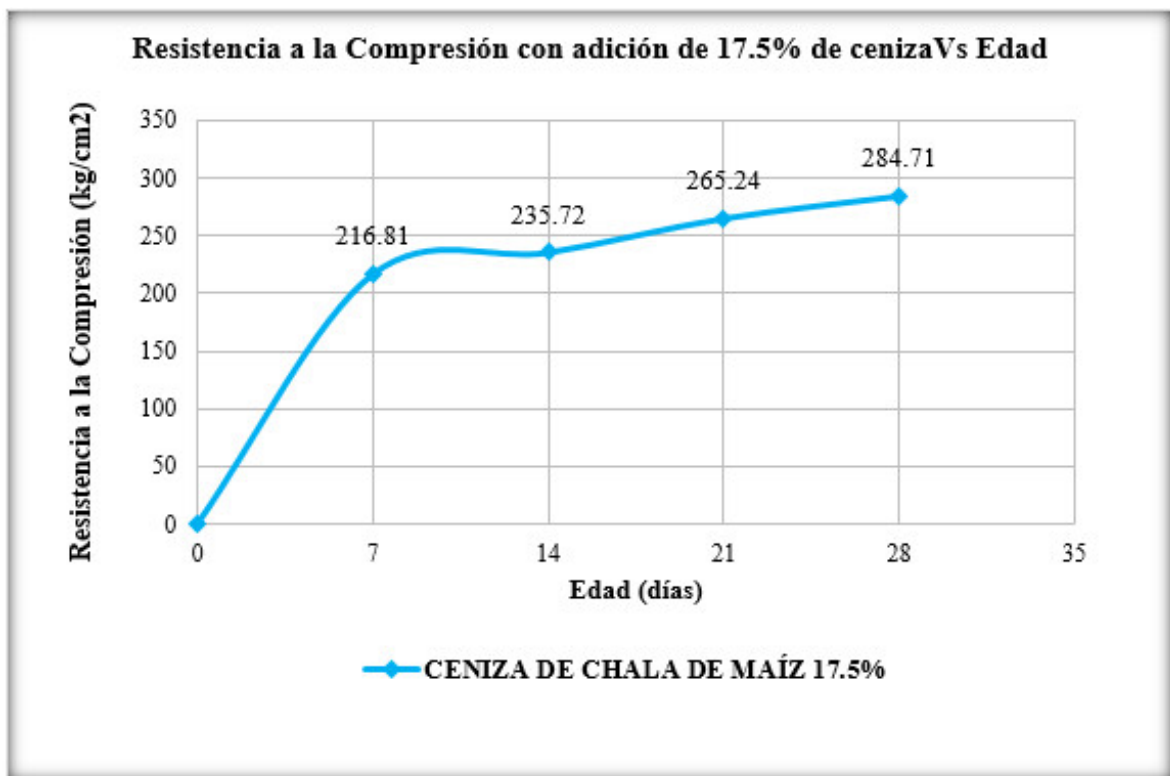
Fuente: Elaboración propia

De la figura 37, se observa que el concreto con adición de 15% de ceniza de chala de maíz aumenta considerablemente la resistencia a la compresión alcanzando una resistencia promedio de $f'c = 310.52 \text{ kgf/cm}^2$ lo que representa un incremento de 15.93% respecto a la muestra patrón.

Tabla 35 Resistencia a la compresión con adición de 17.5% de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días

Normas NTP 339.034 y ASTM C39				
Edad (días)	7	14	21	28
Resistencia kg/cm ²	216.81	235.72	265.24	284.71
Porcentaje	104.22%	104.18%	108.37%	106.29%
Incremento %	4.22%	4.18%	8.37%	6.29%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 38** Resultados de la resistencia a la compresión con 17.5% de ceniza de chala de maíz.

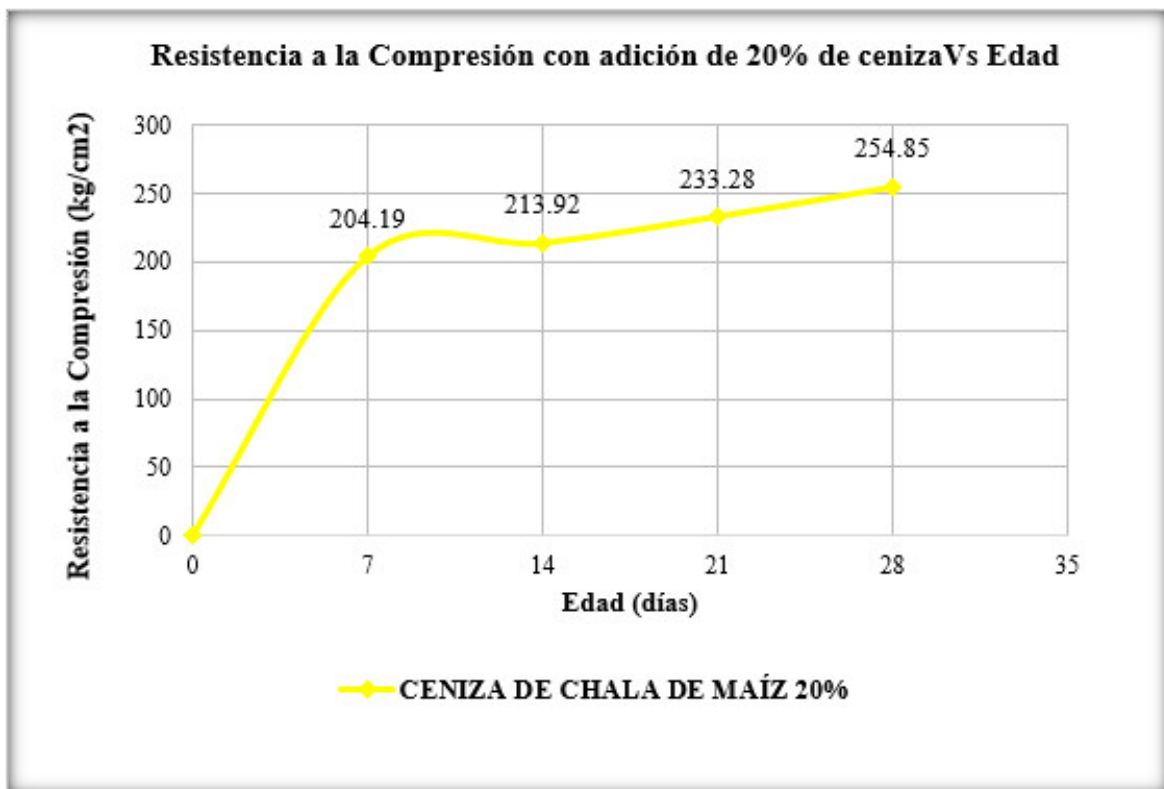
Fuente: Elaboración propia

De la figura 38, se observa que el concreto con adición de 17.5% de ceniza de chala de maíz aumenta considerablemente la resistencia a la compresión alcanzando una resistencia promedio de $f'c = 284.71 \text{ kgf/cm}^2$ lo que representa un incremento de 6.29% respecto a la muestra patrón.

Tabla 36 Resistencia a la compresión con adición de 20 % de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días

Normas NTP 339.034 Y ASTM C39				
Edad (días)	7	14	21	28
Resistencia kg/cm ²	204.19	213.92	233.28	254.85
Porcentaje	98.15%	94.54%	95.31%	95.15%
Incremento %	-1.85%	-5.46%	-4.69%	-4.85%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 39** Resultados de la resistencia a la compresión con 20% de ceniza de chala de maíz.

Fuente: Elaboración propia

De la figura 39, se observa los ensayos realizados con adición de 20% de ceniza de chala de maíz alcanzando una resistencia a la compresión promedio de $f'c = 254.85 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días lo que representa una disminución de 4.85% con respecto a la muestra patrón.

Tabla 37 Resumen de resistencia a la compresión del diseño patrón y con adiciones de 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20% de ceniza de chala de maíz a los 7, 14, 21 y 28 días

Normas NTP 339.034 y ASTM C39					
Mezcla/días	7	14	21	28	Incremento
Diseño Patrón	208.04	226.27	244.75	267.85	0.00%
CHM 5.00%	214.83	232.93	251.87	280.52	4.73%
CHM 10.00%	226.56	243.56	272.24	296.15	10.57%
CHM 12.50%	246.81	282.19	307.22	324.36	21.10%
CHM 15.00%	236.16	260.52	288.32	310.52	15.93%
CHM 17.50%	216.81	235.72	265.24	284.71	6.29%
CHM 20.00%	204.19	213.92	233.28	254.85	-4.85%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 40, se muestra los resultados de resistencia a la compresión del diseño patrón y los resultados adicionando ceniza de chala de maíz al diseño patrón, observándose que la mayor resistencia para los 28 días es la resistencia que se obtiene a partir del concreto adicionado con ceniza de chala de maíz al 12.50%, alcanzando una resistencia promedio de $f'c = 324.36 \text{ kg/cm}^2$ lo que representa un incremento de 21.10% en comparación al concreto patrón. La resistencia a la compresión con adición de ceniza de chala de maíz de 5%, 10%, 15% y 17.5% se encuentran por encima del concreto patrón.

El concreto adicionado con ceniza de chala de maíz al 20.00%, generó resultado de resistencia a compresión cercano del diseño patrón, solo se vio disminuida en un 4.85% en comparación al concreto patrón.

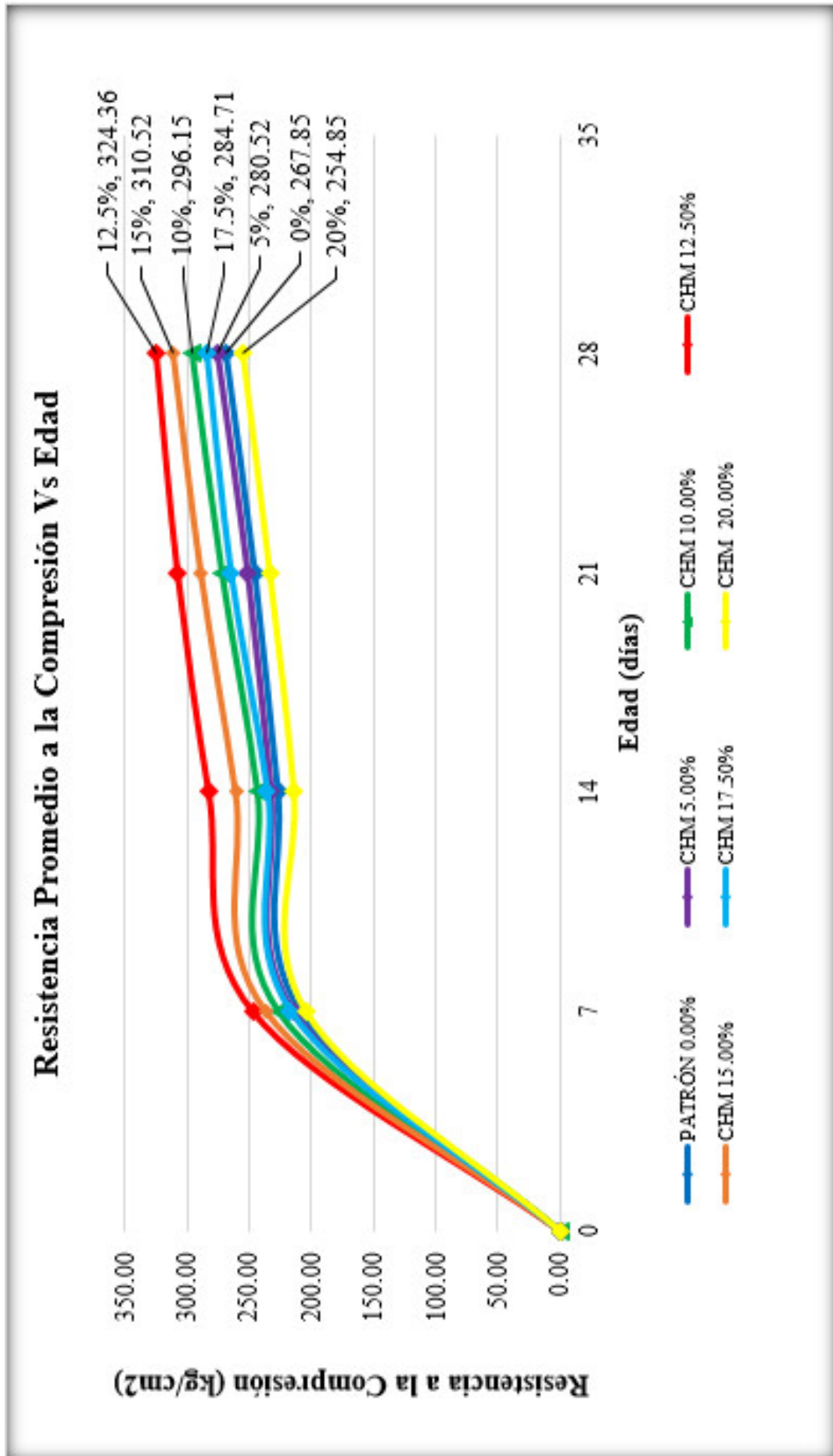


Figura 40 Resultados de la resistencia a la compresión promedio vs edad
*Fuente:*Elaboración propia

Tabla 38 Resumen comparativo de las densidades promedio de las probetas de concreto a los 7, 14, 21 y 28 días

Resumen de densidad de probetas (gr/cm³)				
Mezcla/días	7	14	21	28
Concreto Patrón	2477.26	2508.88	2502.86	2505.59
Ceniza de chala de maíz 5.00%	2460.44	2488.01	2485.17	2473.38
Ceniza de chala de maíz 10.00%	2435.73	2461.58	2467.66	2453.23
Ceniza de chala de maíz 12.50%	2416.46	2441.24	2434.16	2438.36
Ceniza de chala de maíz 15.00%	2397.23	2409.83	2419.2	2415.28
Ceniza de chala de maíz 17.50%	2383.16	2397.33	2388.77	2399.78
Ceniza de chala de maíz 20.00%	2359.91	2377.33	2365.57	2378.28

Fuente: Elaboración propia

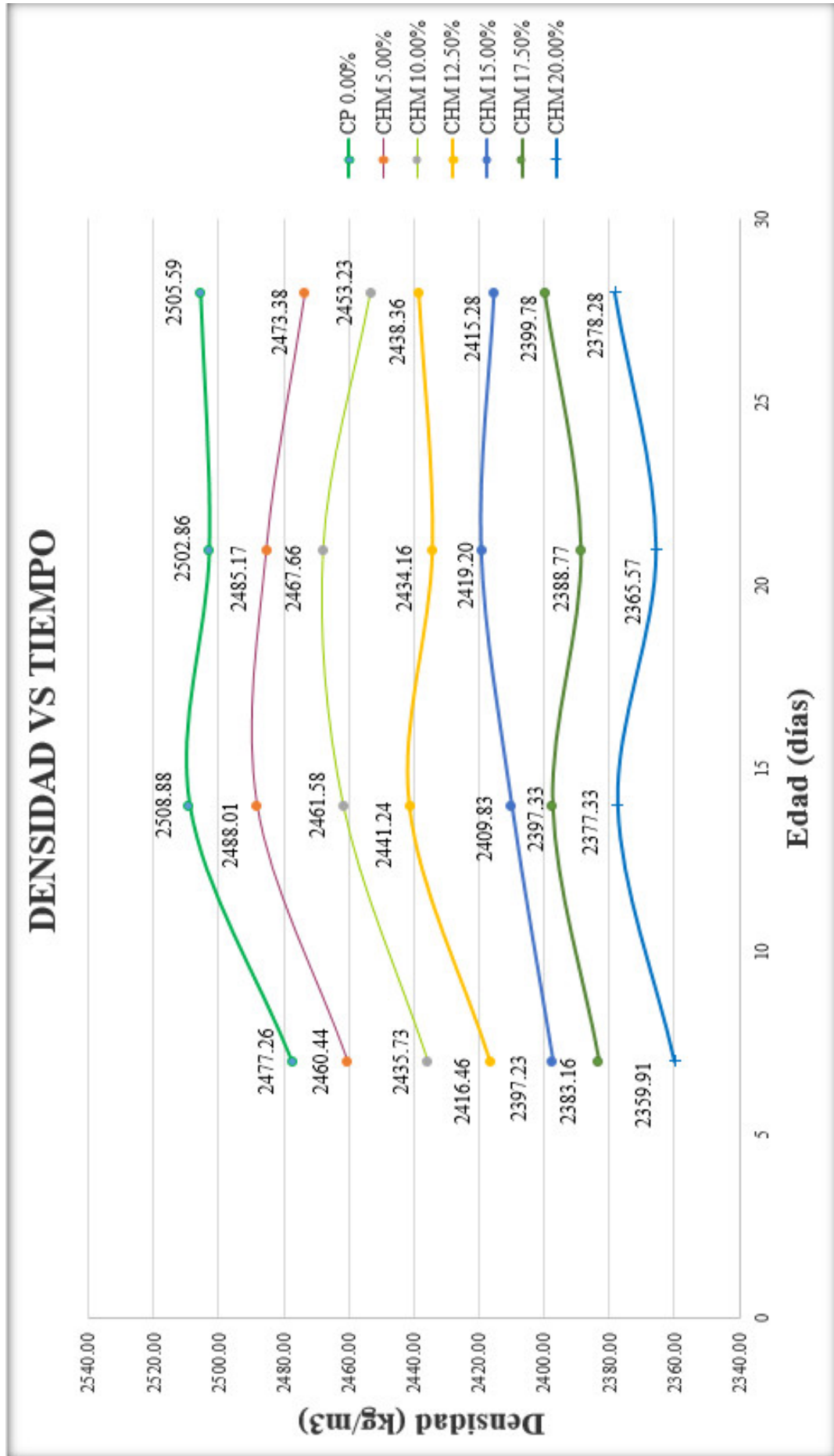


Figura 41 Evolución de las densidades del concreto con diferentes porcentajes de ceniza de chala de maíz.
Fuente:Elaboración propia

En la figura 41, se aprecia la densidad promedio patrón con respecto a las densidades promedio obtenidas en las adiciones del 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20%, presentaron una disminución de las densidades con respecto a la muestra patrón. Esto demuestra que, mientras mayor sea el porcentaje de adición de ceniza de chala de maíz en la mezcla, menor será la densidad del mismo.

4.2.7 Análisis comparativo de costos

Se realizó el análisis del costo para un metro cúbico del concreto patrón convencional y del concreto con adición de ceniza de chala de maíz al 12.50%.

Tabla 39 Análisis de costo del concreto patrón por m³ (0% de CHM) $f'c = 210\text{kg/cm}^2$
Rendimiento 20 m³/día **Precio S/. 359.33**

Descripción	Unid	Cuadrilla	Cantidad	Pecio	Parcial
Mano de Obra					
Oficial	hh	1.0	0.4	12.15	4.86
Peón	hh	10.0	4.0	11.11	44.44
Operador de equipo liviano	hh	1.0	0.4	15.27	6.11
Sub-Total					55.41
Materiales					
Agregado grueso	m ³		0.65	55	35.75
Agregado fino	m ³		0.51	50	25.50
Cemento portland tipo I (42.5 Kg)	bls.		9.08	26	236.08
Agua	m ³		0.23	1.68	0.39
Sub-Total					297.72
Equipos y Herramientas					
Herramiental manual	% MO		0.03	55.41	1.66
Mezcladora de concreto	hm	1	0.4	11.36	4.54
Sub-Total					6.21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40 Análisis de costo del concreto con adición de ceniza de chala de maíz por m³ (12.5% de CHM)

Rendimiento 20 m ³ /día				Precio S/.	353.87
Descripción	Unid	Cuadrilla	Cantidad	Pecio	Parcial
Mano de Obra					
Oficial	hh	1.0	0.4	12.15	4.86
Peón	hh	10.0	4.0	11.11	44.44
Operador de equipo liviano	hh	1.0	0.4	15.27	6.11
Sub-Total					55.41
Materiales					
Agregado grueso	m ³		0.65	55	35.75
Agregado fino	m ³		0.51	50	25.50
Cemento portland tipo I (42.5 Kg)	bls.		7.94	26	206.44
Ceniza de chala de maíz	kg		48.25	0.50	24.18
Agua	m ³		0.23	1.68	0.39
Sub-Total					292.25
Equipos y Herramientas					
Herramiental manual	% MO		0.03	55.41	1.66
Mezcladora de concreto	hm	1	0.4	11.36	4.54
Sub-Total					6.21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41 Resumen de costos de concreto por m³

Muestra	f'c diseño (kg/cm²)	f'c final (kg/cm²)	% de CHM	Costo (S/.)
CP	210	267.85	0.00%	359.33
CHM	210	324.36	12.50%	353.87
				5.46

De la tabla 41 se observa que el costo del concreto con adición de ceniza de chala de maíz es menor en comparación que el concreto patrón convencional en S/. 5.46 soles por m³.

Capítulo V

Conclusiones

5.1 Conclusiones

1. La resistencia a la compresión de un concreto adicionado con diferentes porcentajes de ceniza de chala de maíz elaborado con agregados grueso y fino de la cantera *La Moderna*, mejora comparativamente con respecto a la resistencia a la compresión de un concreto patrón de calidad $f'c = 210 \text{kgf/cm}^2$
2. La composición química de la ceniza de chala de maíz resultante de la calcinación en horno de ladrillo artesanal cumple con los requisitos químicos que exige la norma ASTM C 618-3 para el uso puzolanas naturales calcinadas.
3. El porcentaje óptimo de la ceniza de chala de maíz que se le añadirá al concreto patrón para obtener mayor resistencia a la compresión es 12.50%, ya que se obtuvo una resistencia promedio de $f'c = 324.36 \text{kg/cm}^2$ lo que representa un incremento de 21.10% con respecto a la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón.
4. La resistencia a la compresión alcanzada por el concreto adicionado con ceniza de chala de maíz, al 5%, 10%, 12.5%, 15% y 17.5% es mayor con respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón. La resistencia alcanzada por el concreto adicionado con el 20% de ceniza de chala de maíz, generó resultados de resistencia a la compresión bastante cercano a los de la mezcla patrón, solo se vio disminución en un 4.85%.
5. Al adicionar ceniza de chala de maíz se observa que el asentamiento disminuye con relación a la mezcla patrón convencional de 3.7 pul a 3.4, 3.2, 3.0, 2.7, 2.4 y 2.1 para 5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20% de concreto respectivamente. Con la adición de 20% de ceniza de chala de maíz la mezcla resultó poco trabajable.
6. El costo del concreto con adición de ceniza de chala de maíz es menor en comparación que el concreto patrón convencional, con la adición del porcentaje óptimo de 12.5%

de ceniza de chala de maíz se logró un ahorro de s/. 5.46 por m³.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda la evaluación de las siguientes medidas estructurales y no estructurales, entre otras:

1. Antes de colocar puzolanas naturales calcinadas al concreto, estas deben ser analizadas físicas y químicas, para ver si cumplen con las recomendaciones de la norma ASTM C 618-03.
2. Al evaluar los diferentes porcentajes de sustitución de ceniza de chala de maíz no se recomienda el reemplazo superior al 20% al repercutir de manera negativa en las propiedades de resistencia a la compresión y trabajabilidad
3. Para posteriores trabajos investigativos se recomienda que el proceso de calcinación de ceniza de chala de maíz se lleve a cabo en hornos industriales, con el fin de conseguir mejores resultados.
4. Se recomienda experimentar con diferentes variedades de cultivo de maíz para de esta manera determinar los cultivos adecuados para producir materiales puzolánicos artificiales adecuados mediante un proceso de calcinación.

5.3 Trabajos Futuros

Se recomienda la evaluación de las siguientes medidas estructurales y no estructurales, entre otras:

1. Realizar el uso de cenizas proveniente de la quema de ladrillos artesanales, provenientes de la localidad de Compañía, como sustituto parcial de cemento Portland.
2. Fomentar el uso de ceniza de chala de maíz en las futuras construcciones a nivel regional y nacional.
3. Realizar un análisis de concreto con adiciones de ceniza de chala de maíz para diferentes diseños de resistencias a la compresión.

Referencias bibliográficas

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto* (3rd ed.) (A. Cubas, Ed.). ISBN: 978-612-315-463-9. Lima Perú: Editorial San marcos.
- Calla, R. (2013). *Resistencia del concreto utilizando aditivos superplastificante y microsilice con agregados de la cantera Cutimbo* (Doctoral dissertation). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil.
- Calleja, J. (1969). *Las puzolanas*. Patronato de Investigación Científica y Técnica Juan de la Cierva.
- Escalera, A. (2012). *Estudio de morteros de cemento Portland con ceniza de rastrojo de maíz: posibilidades de uso en construcciones rurales*.
- Fernandez, S. (2009). *Evaluación de concretos puzolánicos elaborados con contenido ceniza de hoja de maíz para uso estructural*. Universidad central de Venezuela.
- Galicia, M. & Velásquez, M. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c=210$ kg/cm²*. Universidad Andina del Cusco.
- Hernandez, S., Fernandez, C. & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). México, McGRAW-HILL.
- Huamaní, I. (2018). *Concreto autocompactante: Diseño, beneficios y consideraciones básicas para su uso en la ciudad de Ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Lencinas, F. & Incahuanaco, B. (2017). *Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento Portland Puzolánico IP en la zona Altiplánica*. Universidad Nacional del Altiplano.

- Meza, E. & Leon, K. (2016). *Análisis por variabilidad de resistencia a compresión de calidad 210 KG/CM2 concreto usando aditivos superplastificantes y microsilice con cemento IP con agregado de la cantera de Huancabamba y Pampas en la ciudad de Andahuaylas departamento de Apurimac*. Universidad Andina del Cusco.
- Neville, A. (2013). *Tecnología do concreto*. Bookman Editora.
- NTP 339.185. (2013). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado* (1st ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.017. (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados* (1st ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.019. (2011). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles* (1st ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.021. (2011). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso* (1st ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.022. (2011). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino* (1st ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.037. (2013). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global* (1st ed.). Lima, Perú.
- Orrala, F. & Gómez, F. (2015). *Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de puzolana obtenida de la calcinación de residuos del cultivo de maíz producido en la provincia de Santa Elena*. La Libertad, Ecuador.
- Partesdel.com, R. (2018). *Partes de la planta de maíz*. Retrieved from https://www.partesdel.com/planta%5C_de%5C_maiz.html.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú.
- Quevedo, E. (2013). *Granulometría de agregados (grueso y fino)*.

Rivva, E. (2008). Diseño de Mezclas de Concreto.

Rivva, E. (2014). Materiales para concreto. *Instituto de la Construcción y Gerencia ICG*, 3.

Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Pontificia Universidad Javeriana de Bogota, Colombia.

Tufino, D. (2009). *Variación de resistencias vs. edades y relación a/c con cemento pórtland tipo I (sol)* (Doctoral dissertation). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, LIMA.

Vásquez, R. & Vigil, P. (2000). *Las cenizas de cáscara de arroz; adición puzolánica en cemento y concreto*.

Anexo A

Agregados de la cantera La Moderna

A.1 Diseño y propiedades físicas, mecánicas de los agregados de la cantera La Moderna

Fuente: Elaboración Propia

Tabla A.1 Granulometría del agregado fino**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM C-136 (AGREGADO FINO)**

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO

NORMA : ASTM C-136

ENSAYO : GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

MUESTRA : AGREGADO FINO

CANTERA : LA MODERNA

UBICACIÓN : C.P.COMPAÑIA-AYACUCHO

PESO LAVADO SECO : 1451.78 Grs

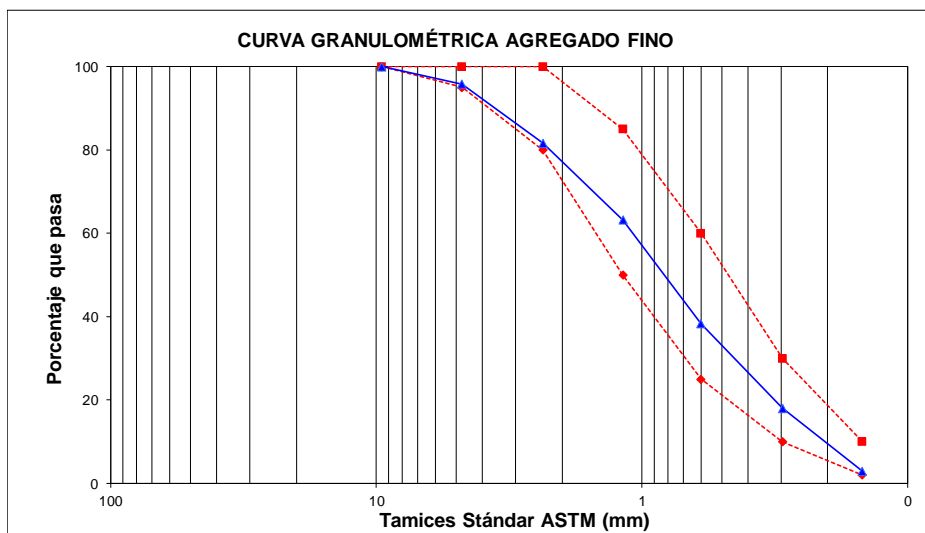
% DE FINOS : 0.50%

% HUMEDAD : 0.54%

% ABSORCIÓN : 1.34%

M. F. : 3.00

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		PORCENTAJES ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C-136	
		(GRS)	(%)	RETENIDOS	QUE PASAN		
2"	50.000						
1 1/2"	38.100						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
Nº 4	4.760	61.10	4.21	4.21	95.79	95	100
Nº 8	2.360	205.36	14.15	18.35	81.65	80	100
Nº 16	1.180	267.98	18.46	36.81	63.19	50	85
Nº 30	0.600	361.25	24.88	61.70	38.30	25	60
Nº 50	0.296	294.35	20.28	81.97	18.03	10	30
Nº 100	0.148	219.16	15.10	97.07	2.93	2	10
Nº 200	0.074	35.28	2.43	99.50	0.50		
Lavado		0.00	0.00	99.50	0.50		
FONDO	0.000	5.81	0.40	99.90	0.10		
		1450.29	99.90				



Fuente: Elaboracion Propia

Tabla A.2 Granulometria del agregado grueso

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM C-136
(AGREGADO GRUESO T.M. 3/4")**

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO

NORMA : ASTM C-136

ENSAYO : GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO

CANTERA : LA MODERNA

UBICACIÓN : C.P.COMPAÑIA-AYACUCHO

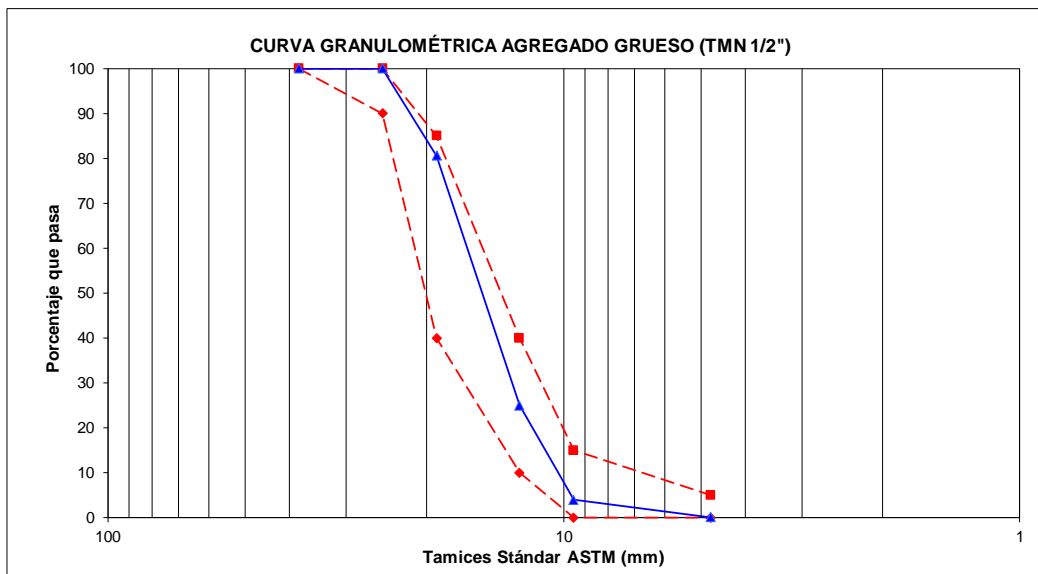
% HUMEDAD : 0.56%

% ABSORCION : 1.25%

M. F. : 6.90

PESO INICIAL SECO : 1,810.33 GRS.

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		PORCENTAJES ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES	
		(GRS)	(%)	RETENIDOS	QUE PASAN	ASTM C-136	
2"	50.000						
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	90	100
3/4"	19.000	350.25	19.35	19.35	80.65	40	85
1/2"	12.500	1007.37	55.65	74.99	25.01	10	40
3/8"	9.525	381.02	21.05	96.04	3.96	0	15
Nº 4	4.760	71.11	3.93	99.97	0.03	0	5
Nº 8	2.360	0.00					
Nº 16	1.180						
Nº 30	0.600						
Nº 50	0.296						
Nº 100	0.148						
FONDO	0.000	0.81	0.04				
		1,810.56	100.01				



Fuente: Elaboración Propia

Tabla A.3 Peso unitario suelto seco de los agregados**PESO UNITARIO DE AGREGADOS ASTM C-29**

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO

NORMA : ASTM C-29

ENSAYO : PESO UNITARIO COMPACTO

MUESTRA : AGREGADOS GRUESO Y FINO

CANTERA : LA MODERNA

UBICACIÓN : C.P.COMPAÑIA-AYACUCHO

PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL AGREGADO FINO

Agregado	Fino		

Tamaño máximo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Número de ensayo			
1 Peso molde (gr)	7,020.00	7,020.00	7,020.00
2 Peso Agregado + molde (gr)	21,131.00	21,154.00	21,126.00
3 Peso Agregado suelto (gr) = (2) - (1)	14.111	14.134	14.106
4 Ø interno molde (cm)	22.80	22.80	22.80
5 Altura interna molde (cm)	22.70	22.70	22.70
6 Volumen molde = $\text{PI} \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m ³)	0.009268	0.009268	0.009268
7 Peso Unitario Suelto Seco = (3) / (6) (Kg/m ³)	1,522.55	1,525.03	1,522.01
Promedio	1,523.20 KG/M3		

PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL AGREGADO GRUESO

Agregado	Grueso		
	1/2 - 3/4"		
Tamaño máximo Nominal	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Número de ensayo			
1 Peso molde (gr)	7,020.00	7,020.00	7,020.00
2 Peso Agregado + molde (gr)	20,210.00	20,204.00	20,196.00
3 Peso Agregado suelto (gr) = (2) - (1)	13.190	13.184	13.176
4 Ø interno molde (cm)	22.80	22.80	22.80
5 Altura interna molde (cm)	22.70	22.70	22.70
6 Volumen molde = $\text{PI} \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m ³)	0.009268	0.009268	0.009268
7 Peso Unitario Suelto Seco = (3) / (6) (Kg/m ³)	1,423.18	1,422.53	1,421.66
Promedio	1,422.46 KG/M3		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla A.4 Peso unitario compacto seco de los agregados

PESO UNITARIO DE AGREGADOS ASTM C-29

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO

NORMA : ASTM C-29

ENSAYO : PESO UNITARIO COMPACTO

MUESTRA : AGREGADOS GRUESO Y FINO

CANTERA : LA MODERNA

UBICACIÓN : C.P.COMPANIA-AYACUCHO

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO DEL AGREGADO FINO

Agregado	Fino		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Tamaño máximo			
Número de ensayo			
1 Peso molde (gr)	7,020.00	7,020.00	7,020.00
2 Peso Agregado compactado + molde (gr)	22,415.00	22,450.00	22,430.00
3 Peso Agregado compactado (gr) = (2) - (1)	15.395	15.430	15.410
4 Ø interno molde (cm)	22.80	22.80	22.80
5 Altura interna molde (cm)	22.70	22.70	22.70
6 Volumen molde = $\pi(4)^2 / 4 * (5)$ (m ³)	0.009268	0.009268	0.009268
7 Peso Unitario Seco Compactado = (3) / (6) (Kg/m ³)	1,661.09	1,664.87	1,662.71
Promedio	1,662.89 KG/M3		

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO DEL AGREGADO GRUESO

Agregado	Grueso		
	1/2 - 3/4"		
Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03	
Tamaño máximo nominal			
Número de ensayo			
1 Peso molde (gr)	7,020.00	7,020.00	7,020.00
2 Peso Agregado compactado + molde (gr)	21,218.00	21,227.00	21,240.00
3 Peso Agregado compactado (gr) = (2) - (1)	14.198	14.207	14.220
4 Ø interno molde (cm)	22.80	22.80	22.80
5 Altura interna molde (cm)	22.70	22.70	22.70
6 Volumen molde = $\pi(4)^2 / 4 * (5)$ (m ³)	0.009268	0.009268	0.009268
7 Peso Unitario Seco Compactado = (3) / (6) (Kg/m ³)	1,531.94	1,532.91	1,534.31
Promedio	1,533.05 KG/M3		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla A.5 Peso específico y absorción de los agregados

**PESO ESPECIFICO Y LA ABSORCION DE LOS AGREGADOS ASTM C-127 Y
ASTM C-128**

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO

NORMA : ASTM C-127 Y C-128

ENSAYO : PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

MUESTRA : AGREGADOS GRUESO Y FINO

CANTERA : LA MODERNA

UBICACIÓN : C.P.COMPAÑIA-AYACUCHO

AGREGADO GRUESO				
IDENTIFICACION		"A"	"B"	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)	2049.25	1743.80	1896.53
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Agua)	1269.84	1080.08	1174.96
C	Vol. De Masas + Vol de vacios = A - B	779.41	663.72	721.57
D	Peso Mat. Seco en estufa (105 °C)	2023.85	1722.49	1873.17
E	Vol. de Masa = C - (A - D)	754.01	642.41	698.21
	Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.60	2.60	2.60
	Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.63	2.63	2.63
	Pe Aparente (Base Saturada) = D/E	2.68	2.68	2.68
	% de Absorcion = ((A - D)/D) x 100	1.26	1.24	1.25

AGREGADO FINO				
IDENTIFICACION		"A"	"B"	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)	500.00	500.00	500.00
B	Peso Frasco + H2O	719.50	719.54	719.52
C	Peso Frasco + H2O + A	1219.50	1219.54	1219.52
D	Peso Mat. + H2O en el frasco	1026.33	1025.34	1025.84
E	Vol. de Masas + Vol. De Vacios = C - D	193.17	194.20	193.69
F	Peso Mat. Seco en estufa (105 °C)	493.35	493.45	493.40
G	Vol. de Masa = E - (A - F)	186.52	187.65	187.09
	Pe Bulk (Base Seca) = F/E	2.55	2.54	2.55
	Pe Bulk (Base Saturada) = A/E	2.59	2.57	2.58
	Pe Aparente (Base Saturada) = F/G	2.65	2.63	2.64
	% de Absorcion = ((A - F)/F) x 100	1.35	1.33	1.34

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla A.6 Diseño de mezcla patrón f'c 210kgf/cm2

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - METODO DEL ACI 211

Solicita	MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO
Realizado por	Tesis.Bach. Ing. Epifanio Alfaro Torres
Resistencia del concreto	210 Kg/cm2
Tipo de exposición al clima	Moderada
Muestras	Agregados de la cantera La Moderna
Tipo de cemento a utilizar	Cemento Andino Tipo I
Se usará aire incorporado	No
Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	210.00
Resistencia promedio requerida (Kg/cm2)	294.00

MATERIALES	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Peso específico	3.15	2.64	2.68
PUS		1,523.20	1,422.46
PUCS		1,662.89	1,533.05
% Humedad		0.54	0.56
% Absorción		1.34	1.25
Modulo de Fineza		3.00	6.90

TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
SLUMP (Tabla 2.02)	3" a 4"
W/C (Tabla 2.04)	0.56
VOLUMEN UNITARIO AGUA (Tabla 2.03)	216
VOLUMEN ABSOLUTO AGREGADO GRUESO (Tabla 2.05) POR UNID. DE VOLUMEN DE CONCRETO	0.6
% AIRE INCORPORADO (Tablas 2.06 y 2.07)	2.50

FACTOR CEMENTO:
9.34 Bolsas de cemento/m3 de cº
CEMENTO = 385.71 kg

VOLUMEN ABSOLUTO

CEMENTO	0.122
AGUA	0.216
AIRE	0.025
GRAVA	0.343
ARENA	0.284
	1.000

MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO f'c= 210 Kg/cm2

CEMENTO	385.71 Kg/m3
AGUA	216.00 Kg/m3
GRAVA	919.83 Kg/m3
ARENA	774.52 Kg/m3
total	2,296.07

MATERIALES CORREGIDOS (Humedad) POR METRO CUBICO DE CONCRETO

CEMENTO	386 Kg/m3	VOLUM. APARENT. MATER.	9.1 ft3
AGUA EFECTIVA	228 Kg/m3		ft3
GRAVA	925 Kg/m3		23.0 ft3
ARENA	779 Kg/m3		18.1 ft3
total	2,317.89 kg/m3		

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA
PROPORCIÓN EN PESO	1	2.02	2.40	0.59
PROPORCIÓN EN VOLUMEN	1	1.96	2.49	25.18

PROPORCIÓN POR BOLSA DE CEMENTO (VOLUMEN)

CEMENTO	42.50 Kg
AGUA	25.18 Lts
GRAVA	105.99 Kg
ARENA	83.34 Kg
ADITIVO	

CANTIDADES A UTILIZAR EN LABORATORIO (Desperdicios 20 %)

Materiales	TM Ø 3/4"			
	1 Probeta	2 Probetas	3 Probetas	4 Probetas
Cemento (Kg)	2.45	4.91	7.36	9.81
Arena (Kg)	4.95	9.91	14.86	19.81
Piedra (Kg)	5.88	11.77	17.65	23.53
Agua (cm3)	1,453.19	2,906.38	4,359.57	5,812.76

Tabla A.7 Ensayo de la resistencia a la compresión diseño patrón f'c 210kgf/cm2

TESIS: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA DE SUCRE-AYACUCHO
TESISTA: EPIFANIO ALFARO TORRES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO (f'c) NORMAS ASTM C 39 / AASHTO T 22 / MTC E 704 - 2000												
N°	DESCRIPCION DEL TESTIGO	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm2)	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (Días)	PESO PROBETA (gr)	PESO VOLUMETRICO (gr/cm3)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	LECTURA DE PRENSA (KN)	RESISTENCIA (f'c) (kg/cm2)	RESISTENCIA / TIEMPO (%)
1	CONCRETO PATRÓN M-1	210	7/04/2019	14/04/2019	7	13058	2.43	15.10	179.08	351.78	200.45	95.45
2	CONCRETO PATRÓN M-2	210	7/04/2019	14/04/2019	7	12964	2.41	15.10	179.08	375.48	213.95	101.88
3	CONCRETO PATRÓN M-3	210	7/04/2019	14/04/2019	7	12856	2.36	15.20	181.46	372.95	209.72	99.87
4	CONCRETO PATRÓN M-1	210	8/04/2019	22/04/2019	14	13120	2.44	15.10	179.08	385.68	219.76	104.65
5	CONCRETO PATRÓN M-2	210	8/04/2019	22/04/2019	14	12885	2.43	15.00	176.72	401.06	231.58	110.28
6	CONCRETO PATRÓN M-3	210	8/04/2019	22/04/2019	14	12966	2.45	15.00	176.72	393.92	227.46	108.31
7	CONCRETO PATRÓN M-1	210	09/04/2019	30/04/2019	21	12890	2.37	15.20	181.46	448.74	252.34	120.16
8	CONCRETO PATRÓN M-2	210	09/04/2019	30/04/2019	21	13074	2.40	15.20	181.46	420.89	236.68	112.70
9	CONCRETO PATRÓN M-3	210	09/04/2019	30/04/2019	21	12905	2.43	15.00	176.72	424.68	245.22	116.77
10	CONCRETO PATRÓN M-1	210	10/04/2019	08/05/2019	28	12877	2.43	15.00	176.72	448.47	258.96	123.31
11	CONCRETO PATRÓN M-2	210	10/04/2019	08/05/2019	28	12985	2.45	15.00	176.72	477.43	275.68	131.28
12	CONCRETO PATRÓN M-3	210	10/04/2019	08/05/2019	28	13107	2.47	15.00	176.72	465.72	268.92	128.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.8 Ensayo de la resistencia a la compresión con 5% de ceniza de chala de maíz

TESIS: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA DE SUCRE-AYACUCHO
TESISTA: EPIFANIO ALFARO TORRES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMAS ASTM C.39 / AASHTO T.22 / MTC E.704 - 2000												
N°	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (Días)	PESO PROBETA (gr)	PESO VOLUMETRICO (gr/cm ³)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	LECTURA DE PRENSA (KN)	RESISTENCIA (f'c) (kg/cm ²)	RESISTENCIA / TIEMPO (%)
1	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12932	2.41	15.10	179.08	374.09	213.16	101.50
2	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12852	2.39	15.10	179.08	388.18	221.19	105.33
3	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12876	2.43	15.00	176.72	365.92	210.14	100.07
4	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12925	2.41	15.10	179.08	398.63	227.14	108.16
5	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12825	2.39	15.10	179.08	417.90	238.12	113.39
6	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12911	2.44	15.00	176.72	404.45	233.54	111.21
7	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12840	2.36	15.20	181.46	446.68	251.18	119.61
8	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	13074	2.47	15.00	176.72	450.46	260.11	123.86
9	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12896	2.43	15.00	176.72	423.12	244.32	116.34
10	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12858	2.43	15.00	176.72	490.49	283.22	134.87
11	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12908	2.43	15.00	176.72	467.45	269.92	128.53
12	95% CEMENTO + 5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12889	2.43	15.00	176.72	476.86	275.35	131.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.9 Ensayo de la resistencia a la compresión con 10% de ceniza de chala de maíz

TESIS: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA DE SUCRE-AYACUCHO

TESISTA: EPIFANIO ALFARO TORRES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMAS ASTM C 39/ AASHTO T 22/ MICE 704 - 2000												
N°	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kgf/cm ²)	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (Días)	PESO PROBETA (gr)	PESO VOLUMETRIC O (gr/cm ³)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	LECTURA DE PRESA (KN)	RESISTENCIA (f'c) (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA / TIEMPO (%)
1	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12762	2.38	15.10	179.08	400.31	228.10	108.62
2	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12812	2.42	15.00	176.72	402.06	232.16	110.55
3	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12776	2.41	15.00	176.72	379.99	219.42	104.48
4	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12808	2.38	15.10	179.08	422.69	240.85	114.69
5	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12830	2.36	15.20	181.46	446.68	251.18	119.61
6	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12782	2.41	15.00	176.72	413.28	238.64	113.64
7	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12800	2.35	15.20	181.46	495.01	278.36	132.55
8	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12874	2.43	15.00	176.72	458.71	264.87	126.13
9	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12826	2.42	15.00	176.72	473.62	273.48	130.23
10	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12858	2.43	15.00	176.72	500.08	288.76	137.50
11	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12788	2.38	15.10	179.08	534.83	304.75	145.12
12	90% CEMENTO + 10% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12789	2.41	15.00	176.72	510.77	294.93	140.44

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.10 Ensayo de la resistencia a la compresión con 12.5% de ceniza de chala de maíz

TESIS: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZEN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA DE SUCRE-AYACUCHO
TESISTA: EPIFANIO ALFARO TORRES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMAS ASTM C 39 / AASHTO T 22 / MTC E 704 - 2000												
N°	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm2)	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (Días)	PESO PROBETA (gr)	PESO VOLUMETRIC O (gr/cm3)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	LECTURA DE PRENSA (KN)	RESISTENCIA (f'c) (kg/cm2)	RESISTENCIA / TIEMPO (%)
1	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12755	2.41	15.00	176.72	411.52	237.62	113.15
2	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12782	2.38	15.10	179.08	446.08	254.18	121.04
3	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12815	2.42	15.00	176.72	430.60	248.64	118.40
4	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12763	2.41	15.00	176.72	509.40	294.14	140.07
5	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12810	2.35	15.20	181.46	484.04	272.19	129.61
6	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12766	2.41	15.00	176.72	485.33	280.24	133.45
7	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12803	2.41	15.00	176.72	543.48	313.82	149.44
8	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12774	2.38	15.10	179.08	524.00	298.58	142.18
9	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12821	2.42	15.00	176.72	535.56	309.25	147.26
10	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12778	2.35	15.20	181.46	566.64	318.64	151.73
11	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12748	2.40	15.00	176.72	575.40	332.25	158.21
12	87.5% CEMENTO + 12.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12758	2.41	15.00	176.72	384.77	222.18	105.80

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.11 Ensayo de la resistencia a la compresión con 15% de ceniza de chala de maiz

TESIS: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA DE SUCRE-AYACUCHO

TESISTA: EPIFANIO ALFARO TORRES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMAS ASTM C 39 / AASHO T 22 / MITC E 704 - 2000												
N°	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm2)	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (Días)	PESO PROBETA (gr)	PESO VOLUMETRICO (gr/cm3)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	LECTURA DE PRENSA (KN)	RESISTENCIA (kg/cm2)	RESISTENCIA / TIEMPO (%)
1	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12718	2.40	15.00	176.72	398.08	229.86	109.46
2	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12754	2.34	15.20	181.46	431.56	242.68	115.56
3	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12710	2.40	15.00	176.72	408.60	235.94	112.35
4	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12736	2.40	15.00	176.72	462.95	267.32	127.30
5	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12730	2.37	15.10	179.08	443.80	252.88	120.42
6	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12721	2.40	15.00	176.72	452.61	261.35	124.45
7	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12716	2.40	15.00	176.72	514.96	297.35	141.60
8	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12742	2.37	15.10	179.08	491.33	279.96	133.32
9	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12738	2.34	15.20	181.46	511.51	287.64	136.97
10	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12758	2.37	15.10	179.08	549.77	313.26	149.17
11	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12725	2.40	15.00	176.72	523.27	302.15	143.88
12	85% CEMENTO + 15% DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12719	2.40	15.00	176.72	547.51	316.15	150.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.12 Ensayo de la resistencia a la compresión con 17.5% de ceniza de chala de maíz

TESIS: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA DE SUCRE-AYACUCHO
TESISTA: EPIFANIO ALFARO TORRES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c) NORMAS ASTM C.39 / AASHTO T 22 / MITC E 704 - 2000												
N°	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (Días)	PESO PROBETA (gr)	PESO VOLUMETRICO (gr/cm ³)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	LECTURA DE PRENSA (KN)	RESISTENCIA (f'c) (kg/cm ²)	RESISTENCIA / TIEMPO (%)
1	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12698	2.40	15.00	176.72	385.74	222.74	106.07
2	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	127598	24.07	15.00	176.72	363.42	209.85	99.93
3	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12715	2.40	15.00	176.72	377.28	217.85	103.74
4	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12685	2.36	15.10	179.08	428.46	244.14	116.26
5	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12630	2.35	15.10	179.08	401.70	228.89	109.00
6	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12711	2.40	15.00	176.72	405.47	234.13	111.49
7	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12645	2.32	15.20	181.46	488.89	274.92	130.91
8	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12688	2.36	15.10	179.08	462.35	263.45	125.45
9	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12709	2.40	15.00	176.72	445.70	257.36	122.55
10	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12657	2.36	15.10	179.08	497.78	283.64	135.07
11	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12755	2.41	15.00	176.72	504.18	291.13	138.63
12	82.5% CEMENTO + 17.5% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12629	2.35	15.10	179.08	384.97	219.36	104.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.13 Ensayo de la resistencia a la compresión con 20% de ceniza de chala de maíz

TESIS: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA DE SUCRE-AYACUCHO
TESISTA: EPIFANIO ALFARO TORRES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (f'c)
 NORMAS ASTM C 39 / AASHTO T 22 / MTC E 704 - 2000**

N°	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm2)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (Días)	PESO PROBETA (gp)	PESO VOLUMETRICO (gr/cm3)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	LECTURA DE PRENSA (KN)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA (f'c)	RESISTENCIA / TIEMPO (%)
1	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12578	2.34	15.10	179.08	365.77	208.42	208.42	99.25
2	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12487	2.36	15.00	176.72	342.62	197.84	197.84	94.21
3	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	17/05/2019	7	12685	2.39	15.00	176.72	357.31	206.32	206.32	98.25
4	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12620	2.35	15.10	179.08	387.04	220.54	220.54	105.02
5	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12636	2.32	15.20	181.46	370.53	208.36	208.36	99.22
6	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	10/05/2019	24/05/2019	14	12563	2.37	15.00	176.72	368.63	212.86	212.86	101.36
7	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12493	2.29	15.20	181.46	603.10	339.14	339.14	161.50
8	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12586	2.37	15.00	176.72	395.15	228.17	228.17	108.65
9	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	05/06/2019	24	12452	2.35	15.00	176.72	402.68	232.52	232.52	110.72
10	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12538	2.33	15.10	179.08	461.88	263.18	263.18	125.32
11	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12566	2.37	15.00	176.72	429.94	248.26	248.26	118.22
12	80% CEMENTO + 20% DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ	210	12/05/2019	09/06/2019	28	12489	2.32	15.10	179.08	444.22	253.12	253.12	120.53

Fuente: Elaboración propia

Anexo B

Análisis de composición química

B.1 Análisis de composición química por difracción de rayos

x

B.2 Costo de producción de ceniza de chala de maíz

Tabla B.1 Análisis de composición química de ceniza de chala de maíz.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 2268 – 19 – LABICER

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 SOLICITANTE : EPIFANIO ALFARO TORRES
 - 1.2 DNI : 44068884
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 09 / 12 / 2019
 - 2.2 FECHA DE ANÁLISIS : 10 / 12 / 2019
 - 2.2 FECHA DE EMISIÓN : 16 / 12 / 2019
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ
 - 4.2 TESIS : "Mejoramiento de la resistencia a la compresión de un concreto simple con adiciones de ceniza de chala de maíz en localidad de Chilcayoc - provincia de Sucre - Ayacucho".
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.3°C; Humedad relativa: 65%
- 7. EQUIPO UTILIZADO** : DIFRACTÓMETRO DE RAYOS X. PANALYTICAL, EMPYREAN.
- 8. RESULTADO**

COMPUESTO	FÓRMULA	RESULTADOS %	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de Silicio	SiO ₂	72.35	Difracción de Rayos X ⁽¹⁾
Óxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	0.75	
Óxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	0.46	
Óxido de Calcio	CaO	4.24	
Óxido de Azufre	SO ₃	2.10	
Óxido de Magnesio	MgO	0.86	
Cloruro de potasio (Silvita)	KCl	7.90	

⁽¹⁾ Ver difractograma en ANEXO.

- 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**
El Informe técnico es válido sólo para la muestra y las condiciones indicadas en el ítem uno (1) y cuatro (4) del presente informe técnico.

Bach. Fabio Jurado
Analista DRX
LABICER – UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable de análisis
Jefe de Laboratorio
CQP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 2268 -19- LABICER

Página 1 de 2

Av. Túpac Amaru 210 Lima 31, Perú. Teléfono: 382 0500. Correos: labicer@uni.edu.pe / otilia@uni.edu.pe

Tabla B.2 Análisis de costo unitario de la producción de ceniza de chala de maíz por Kg

Costo de producción de ceniza de chala de maíz por kilogramos					
Jornada		8 h/día	Rendimiento	1000	kg/día
				Pecio S/.	0.50
Descripción	Unid	Cuadrilla	Cantidad	Pecio	Parcial
Mano de Obra					
Operario	hh	2.0	0.016	8.75	0.14
Peón	hh	3.0	0.024	6.25	0.15
					0.29
Materiales					
Chala de maíz	Kg		2	0.1	0.2
			Sub-Total		0.20
Equipos y Herramientas					
Herramiental manual	% MO		3	0.29	0.01
Horno para el quemado	hm	1	0.008	0.2	0.002
Movilidad	hm	0.5	0.004	0.2	0.001
			Sub-Total		0.01

Anexo C

Panel fotográfico

C.1 Panel fotográfico



Figura C.1 Planta de producción de agregados de la cantera La Moderna.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.2 Colocación del agregado grueso en la máquina de los Ángeles.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.3 Granulometría del agregado fino.
*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.4 Apisonado de la segunda capa del agregado grueso con la barra compactadora.
*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.5 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.
*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.6 Ensayo de absorción del agregado grueso.
*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.7 Elaboración de la mezcla del concreto patrón.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.8 Elaboración de mezcla de concreto con adición de 10% de ceniza de chala de maíz.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.9 Ensayo de asentamiento(Slump) del concreto patrón.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.10 Ensayo de asentamiento(Slump) con adición de 15% de ceniza de chala de maíz.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.11 Colocación de la mezcla de concreto en las probetas.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.12 Curado de probetas

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.13 Rotura de probetas del concreto patrón.
*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.14 Rotura de probetas con adición de 5% de ceniza de chala de maíz.
*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.15 Rotura de probetas con adición de 10% de ceniza de chala de maíz 28 días.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.16 Rotura de probetas con adición de 12.5% de ceniza de chala de maíz.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.17 Rotura de probetas con adición de 15% de ceniza de chala de maíz.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.18 Rotura de probetas con adición de 17.5% de ceniza de chala de maíz.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.19 Rotura de probetas con adición de 20% de ceniza de chala de maíz.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.20 Secado del material por medio de exposición solar.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.21 Quemado de chala de maíz en el horno artesanal.

*Fuente:*Elaboración propia



Figura C.22 Obtención de ceniza de chala de maíz.

*Fuente:*Elaboración propia

Anexo D

Instrumentos de medición

D.1 Instrumentos de medición

Tabla D.1 Formato para la descripción de agregados.

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO.

TESISTA : Epifanio Alfaro Torres
MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO
CANTERA :
LUGAR :
AFLUENTE :
FECHA :

DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO FINO

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla D.2 Contenido de humedad del agregado grueso y fino.

TESIS : CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO.
NORMA : NTP 339.185
ENSAYO : CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO Y FINO
MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO
CANTERA : LA MODERNA

CONTECIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

Muestra	Peso del recipiente	Peso del recipiente + Agregado húmedo	Peso del recipiente + Agregado seco
M-1			
M-2			
Promedio			

CONTECIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

Muestra	Peso del recipiente	Peso del recipiente + Agregado húmedo	Peso del recipiente + Agregado seco
M-1			
M-2			
Promedio			

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla D.3 Granulometría del agregado grueso y fino.

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO.

NORMA : NTP 400.037

ENSAYO : GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO Y FINO

MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO

CANTERA : LA MODERNA

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

PESO INICIAL SECO :

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO
	(mm)	(GRS)
2"	50.00	
1 1/2"	38.10	
1"	25.00	
3/4"	19.00	
1/2"	12.50	
3/8"	9.53	
N° 4	4.76	
FONDO	0.00	

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

PESO INICIAL SECO :

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO
	(mm)	(GRS)
3/8"	9.52	
N° 4	4.75	
N° 8	2.36	
N° 16	1.18	
N° 30	0.60	
N° 50	0.30	
N° 100	0.15	
N° 200	0.08	
FONDO		

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla D.4 Peso unitario suelto.**PESO UNITARIO DE AGREGADOS ASTM C-29**

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO.

NORMA : NTP 400.017

ENSAYO : PESO UNITARIO SUELTO

MUESTRA: AGREGADOS GRUESO Y FINO

CANTERA : LA MODERNA

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO DEL AGREGADO FINO

Agregado	Fino		
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso molde (gr)			
Peso agregado suelto + molde (gr)			
Ø interno molde (cm)			
Altura interna molde (cm)			

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO DEL AGREGADO GRUESO

Agregado	Grueso		
Tamaño máximo nominal	1/2"		
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso molde (gr)			
Peso agregado suelto + molde (gr)			
Ø interno molde (cm)			
Altura interna molde (cm)			

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla D.5 Peso unitario compacto.**PESO UNITARIO DE AGREGADOS ASTM C-29**

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO.

NORMA : NTP 400.017

ENSAYO : PESO UNITARIO COMPACTO

MUESTRA: AGREGADOS GRUESO Y FINO

CANTERA : LA MODERNA

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO DEL AGREGADO FINO

Agregado	Fino		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Número de ensayo			
Peso molde (gr)			
Peso agregado compactado + molde (gr)			
Ø interno molde (cm)			
Altura interna molde (cm)			

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO DEL AGREGADO GRUESO

Agregado	Grueso		
	1/2"		
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Tamaño máximo nominal			
Peso molde (gr)			
Peso agregado compactado + molde (gr)			
Ø interno molde (cm)			
Altura interna molde (cm)			

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla D.6 Peso específico y absorción del agregado grueso y fino.

TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA SUCRE-AYACUCHO.
NORMA : ASTM C -127 Y C-128
ENSAYO : PESO ESPECÍCO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO Y FINO
MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO
CANTERA : LA MODERNA

AGREGADO GRUESO			
IDENTIFICACIÓN	M-1	M-2	Promedio
Peso del recipiente			
Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)			
Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Agua)			
Peso Mat. Seco en estufa (105 °C)			

AGREGADO FINO			
IDENTIFICACIÓN	M-1	M-2	Promedio
Peso del recipiente			
Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)			
Peso Frasco + H ₂ O			
Peso Mat. + H ₂ O en el frasco			
Peso Mat. Seco en estufa (105 °C)			

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla D.7 Formato roturas de probetas de concreto.

TESIS: MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE CON ADICIONES DE CENIZA DE CHALA DE MAIZ EN LA LOCALIDAD DE CHILCAYOC, PROVINCIA DE SUCRE-AYACUCHO

TESISTA EPIFANIO ALAFRO TORRES

FORMATO PARA ROTURA DE PROBETAS DEL CONCRETO PATRÓN									
N°	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm2)	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	TIEMPO (Días)	PESO PROBETA (gr)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	LECTURA DE PRENSA (KN)

Fuente: Elaboración propia