



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](#).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín.

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Andy Fabián Arévalo Torres

Luis López del Aguila

ASESOR:

Ing. Gilberto Aliaga Atalaya

Tarapoto- Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL




Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín.

AUTORES:

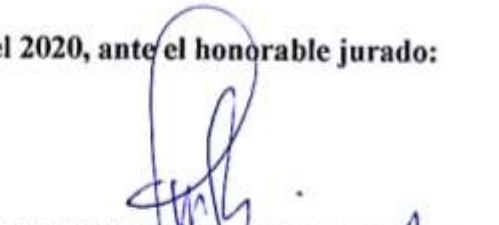
Andy Fabián Arévalo Torres

Luis López Del Aguila

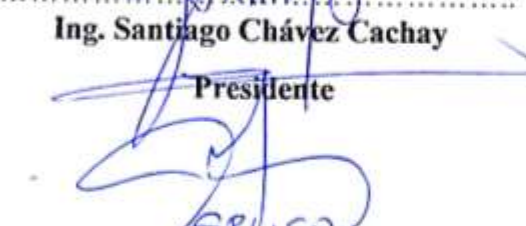
Sustentada y aprobada el día 21 de agosto del 2020, ante el honorable jurado:


.....
Ing. Santiago Chávez Cachay


Presidente


.....
Ing. Ernesto Eliseo García Ramírez

Secretario


.....
Ing. Dr. Fernando Ruiz Saavedra

Vocal


.....
Ing. Gilberto Aliaga Atalaya

Asesor

Declaratoria de autenticidad



Andy Fabián Arévalo Torres, DNI N° 71140740 y **Luis López Del Aguila**, con DNI N° 70857809, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín, con la tesis titulada: **Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín.**



Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 21 de agosto del 2020.



.....
Bach. Andy Fabián Arévalo Torres
DNI N° 71140740



.....
Bach. Luis López Del Aguila
DNI N° 70857809

Declaratoria jurada

Andy Fabián Arévalo Torres, DNI N° 71140740, con en el domicilio legal Jr. Elías Linares 592 – Tarapoto y **Luis López Del Aguila**, DNI N° 70857809, con domicilio legal en el Camila Morey 527 – Tarapoto, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaramos bajo juramento**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 21 de agosto del 2020.



Bach. Andy Fabián Arévalo Torres

DNI N° 71140740



Bach. Luis López Del Aguila

DNI N° 70857809

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: Arevalo Torres Andy Fabián	
Código de alumno : 71140740	Teléfono: 942699557
Correo electrónico : aF_arevalo@hotmail.com	DNI: 71140740

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: Ingeniería Civil y Arquitectura.
Escuela Profesional de: Ingeniería Civil.

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título : Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín.
Año de publicación: 2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**".


Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

16 / 09 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	LOPEZ DEL AGUILA LUIS	
Código de alumno :	70857809	Teléfono: 938258933
Correo electrónico :	escorpiolicho7@gmail.com	DNI: 70857809

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Acción de ceniza de la cascarilla de Arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

16 / 09 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres EDWIN Y ERMINIA, por sus consejos, confianza, apoyo y motivación constante que me brindaron, en mi formación profesional y mi vida personal.

Andy Fabián Arevalo Torres

A mis Padres, ELENA Y BENJAMIN, por todos el esfuerzo realizado y por brindarme el apoyo emocional, moral y económico en mi etapa de estudiante y en todo mis proyectos.

Luis López Del Aguila

Agradecimientos

Con mucho amor e infinito agradecimiento a quienes siempre se han interesado en mis sueños y en mis metas.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de San Martín por haberme formado, por haberme dado muchas oportunidades para seguir creciendo hasta el día de hoy

Andy Fabián Arévalo Torres

A mi familia, por impartirme valores y principios para poder cumplir todas mis metas a base de trabajo y esfuerzo.

A la Universidad Nacional de San Martín, mi alma mater, por todos los conocimientos y aprendizajes inculcados a lo largo de mi vida universitaria.

Luis López Del Aguila

Índice General

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Índice de tablas	xiv
Índice de figuras	xvii
Resumen	xx
Abstract.....	xxi
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1. Antecedentes de la investigación.....	5
1.2. Marco Teórico – Conceptual	6
1.2.1. Concreto.	6
1.2.1.1. Definición.	6
1.2.1.2. Componentes del concreto.....	7
1.2.1.2.1. El cemento Portland.....	7
1.2.1.2.2. Agregados.	9
1.2.1.2.3. Agua.....	16
1.2.1.3. Propiedades del concreto.	16
1.2.1.3.1. Concreto fresco.....	16
1.2.1.3.2. Concreto endurecido.....	18
1.2.2. Ceniza de Cascarilla de Arroz.	21
1.2.2.1. Generalidades.	21
1.2.2.1.1. Estado del arte de las puzolanas de origen natural.	21
1.2.2.1. Definición.	21
1.2.2.2. Clasificación de las Puzolanas.....	21
1.2.2.3. Producción de Arroz en la Región San Martín.....	23
1.2.2.4. Composición.....	24
1.2.2.5. Actividad Puzolánicas de la Ceniza.....	24
1.2.2.5.1. Combustión de la cascarilla de arroz.	25
1.2.3. Pruebas de laboratorio.	26

1.2.3.1. Análisis Granulométrico.....	26
1.2.3.2. Contenido de Humedad.	26
1.2.3.3. Peso unitario Suelto y Compactado del agregado fino y grueso.	27
1.2.3.4. Peso específico y absorción de agregado fino y grueso.	27
1.2.3.5. Asentamiento.....	27
1.2.3.6. Resistencia a la compresión.....	27
1.2.3.7. Resistencia a la Flexión.	27
1.3. Definición de términos Básicos.....	27
1.3.1. Análisis Granulométrico.....	27
1.3.2. Agregado grueso.....	28
1.3.3. Agregado fino.....	28
1.3.4. Agua.....	28
1.3.5. Cemento.....	28
1.3.6. Ceniza de la Cascarilla del arroz.	28
1.3.7. Consistencia.....	28
1.3.8. Concreto.....	28
1.3.9. Concreto Endurecido.....	28
1.3.10 Concreto Freso.....	29
1.3.11. Curado de concreto.....	29
1.3.12. Diseño de Mezcla.	29
1.3.13. Fraguado.	29
1.3.14. Resistencia.....	29
CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS.....	30
2.1. Materiales, Herramientas y Equipos.....	30
2.1.1. Materiales.	30
2.1.2. Herramientas.....	30
2.1.3. Equipos.	31
2.2. Metodología.....	32
2.2.1. Tipo y nivel de Investigación.	32
2.2.2. Diseño de Investigación.....	32
2.2.3. Variables y Operacionalización de variables.....	33
2.2.3.1. Sistema de Variables.	33

2.2.3.1.1. Variable independiente.	33
2.2.3.1.2. Variable dependiente.	33
2.2.3.2. Operacionalización de variables.	34
2.3. Características físicas de los agregados.	35
2.3.1. Agregado grueso.	35
2.3.1.1. Granulometría. (NTP 400.012:2013).....	35
2.3.1.2. Tamaño máximo. (NTP 339.047:2006).....	36
2.3.1.3. Tamaño máximo nominal. (NTP 339.047:2006).....	36
2.3.1.4. Contenido de humedad del agregado grueso. (NTP 339.185:2013).....	36
2.3.1.5. Peso específico y absorción del agregado grueso. (NTP 400.021:2002)	37
2.3.1.6. Peso unitario suelto del agregado grueso. (NTP 400.017:2011)	38
2.3.1.7. Peso unitario compactado del agregado grueso. (NTP 400.017:2011)	38
2.3.2. Agregado fino.	39
2.3.2.1. Granulometría. (NTP 400.012:2013).....	39
2.3.2.2. Módulo de finura. (NTP 400.011:2013).....	39
2.3.2.3. Granulometría de agregado fino triturado. (NTP 400.012:2013).....	40
2.3.2.4. Módulo de Finura de agregado fino triturado. (NTP 400.011:2013)	40
2.3.2.5. Combinación del agregado fino y agregado fino triturado.	40
2.3.2.6. Módulo de finura del agregado fino (NTP 400.011:2013).....	41
2.3.2.7. Contenido de humedad del agregado fino. (NTP 339.185:2013).....	41
2.3.2.8. Peso específico y absorción del agregado fino. (NTP 400.022:2013).....	42
2.3.2.9. Peso unitario suelto del agregado fino. (NTP 400.017:2011)	43
2.3.2.10. Peso unitario compactado del agregado fino. (NTP 400.017:2011).....	44
2.4. Ceniza de Cascarilla de Arroz.	44
2.4.1. Ceniza de cascarilla de arroz utilizado en la investigación.	44
2.4.2. Recojo de Muestras.	45
2.5. Diseño de mezcla de concreto.	45
2.5.1. Selección de la Resistencia Promedio.	45
2.5.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado.	46
2.5.3. Selección del Asentamiento.....	46
2.5.4. Selección de Volumen Unitario del Agua de Diseño.	46
2.5.5. Selección del Contenido de Aire.	46
2.5.6. Relación agua/cemento.....	47
2.5.7. Determinación del Factor Cemento.....	47

2.5.8. Determinación del contenido de agregado grueso en función del factor (b/b_0).....	48
2.5.9. Determinación de los Volúmenes Absolutos.....	49
2.5.10. Determinación del Volumen Absoluto del Agregado Fino.	49
2.5.11 Determinación de los Valores de Diseño	49
2.5.12 Corrección de los Valores de diseño por Humedad del agregado	49
2.5.13 Aporte de Agua Libre o Humedad Superficial de los Agregados	50
2.5.14. Cálculo del Agua Efectiva.....	50
2.5.15. Valores de los pesos de Materiales, corregidos por Humedad del Agregado.	50
2.5.16. Cálculo de proporciones en Peso.....	50
2.6. Mezcla de concreto con Ceniza de Cascarilla de Arroz.	50
2.7. Preparación y curado de probetas en laboratorio.....	51
2.7.1. Equipo necesario.....	51
2.7.2. Mezclado de materiales (mezcladora eléctrica).....	52
2.7.3. Asentamiento.....	52
2.7.5. Preparación de probetas de concreto.	54
2.7.6. Resistencia por compresión.....	55
2.7.7. Resistencia por flexión.	56
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
3.1. Resultados de las propiedades físicas de los agregados.	58
3.1.1. Características físicas del agregado Grueso.	58
3.1.2. Características físicas del agregado Fino.....	58
3.2. Resultado del diseño de mezcla.....	59
3.2.1. Proporciones de materiales por m^3	59
3.2.2. Dosificación.....	59
3.3. Resultados de ensayos a los especímenes de concreto.	59
3.3.1. Ensayos de la resistencia a compresión del concreto.	59
3.3.1.1. Ensayos preliminares.....	59
3.3.1.1.1. Resultados de especímenes de concreto sin adición de Cascarilla de Arroz.....	60
3.3.1.1.2. Resultados de especímenes de concreto con adición de 1% Ceniza de Cascarilla de Arroz.....	60
3.3.1.1.3. Resultados de especímenes de concreto con adición de 3% Ceniza de Cascarilla de Arroz.....	61

3.3.1.1.4. Resultados de especímenes de concreto con adición de 6% Ceniza de Cascarilla de Arroz.....	62
3.3.1.1.5. Resultados de especímenes de concreto con adición de 9% Ceniza de Cascarilla de Arroz.....	63
3.3.1.1.6. Resultados de especímenes de concreto con adición de 12% Ceniza de Cascarilla de Arroz.....	64
3.3.1.1.7. Resultados de especímenes de concreto con adición de 15% Ceniza de Cascarilla de Arroz.....	65
3.3.1.2. Comparación de la resistencia a la compresión entre el diseño patrón y los especímenes preliminares.	66
3.3.1.3 Ensayos Definitivos.....	72
3.3.1.3.1. Resultados de especímenes de concreto sin adición de Cascarilla de Arroz.....	72
3.3.1.3.2. Resultados de especímenes de concreto con adición de 2% Ceniza de Cascarilla de Arroz.....	73
3.3.1.3.3. Resultados de especímenes de concreto con adición de 4% Ceniza de Cascarilla de Arroz.....	74
3.3.1.3.4. Resultados de especímenes de concreto con adición de 6% Ceniza de Cascarilla de Arroz.....	75
3.3.1.4. Comparación de la resistencia a la compresión entre el diseño patrón y los especímenes definitivos.	76
3.3.1.5. Ensayos de Resistencia a la Compresión con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz.	81
3.3.1.5.1. Resultados de especímenes de concreto sin adición de Cascarilla de Arroz.....	81
3.3.1.5.2. Resultados de especímenes de concreto con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz.	82
3.3.1.6. Comparación de la resistencia a la compresión entre el diseño patrón y el diseño adecuado.	83
3.3.2. Ensayos de la resistencia a flexión del concreto.....	85
3.3.2.1. Resultados de especímenes de concreto sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.	85
3.3.2.2 Resultados de especímenes de concreto con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz.....	86
3.3.1.4. Comparación de resistencia a la flexión entre el diseño patrón y con adición de la ceniza de la cascarilla de arroz.	87

3.3.3. Resultados de pesos de muestras.....	88
3.4. Análisis y Discusión de Resultados.....	89
3.4.1. Análisis de resultados de los ensayos al concreto.	89
3.4.1.1. Ensayo de la resistencia a compresión del concreto – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$	89
3.4.1.1.1. Ensayos preliminares – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$	89
3.4.1.1.1.1. Concreto patrón sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.	89
3.4.1.1.1.2. Concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz.	89
3.4.1.1.2. Ensayos definitivos – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$	91
3.4.1.1.3. Ensayos con el porcentaje adecuado – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$	93
3.4.1.2. Ensayo de la resistencia a compresión del concreto – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	94
3.4.1.2.1. Ensayos preliminares – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	94
3.4.1.2.2. Ensayos definitivos – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	96
3.4.1.2.3. Ensayos con el porcentaje adecuado – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	97
3.4.1.2. Ensayo de la resistencia a flexión del concreto.	98
3.4.1.2.1. Ensayos con el porcentaje adecuado – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$	98
3.4.1.2.2. Ensayos con el porcentaje adecuado – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	99
3.4.2 En relación a la Hipótesis	100
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS.....	106
Anexo A: Ensayo de agregados.....	107
Anexo B: Diseño de mezcla	115
Anexo C: Ensayo de la resistencia a compresión de los testigos de Concreto – Probeta Patrón $F'c= 175\text{kg/cm}^2$	130
Anexo D: Ensayo de la resistencia a compresión de los testigos de Concreto – Probeta Patron $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	141
Anexo E: Ensayo de la resistencia a la flexión del concreto.....	152
Anexo F: Panel fotografico.....	156

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Componentes Químicos del Cemento	8
Tabla 2. Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas.....	10
Tabla 3. Tabla de las Especificaciones Técnicas del Agregado Fino.....	10
Tabla 4. Tabla de las Especificaciones Técnicas del Agregado Grueso	11
Tabla 5. Tamices Standard ASTM	15
Tabla 6. Clasificación del Agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura ...	15
Tabla 7. Información Estadística del Cultivo de Arroz – San Martín. (Mensual).....	23
Tabla 8. Información Estadística del Cultivo de Arroz. (Anual).....	24
Tabla 9. Composición de la ceniza de la cascarilla de arroz	24
Tabla 10. Efecto de las condiciones de combustión en las propiedades que presenta la ceniza de cáscara de arroz.....	26
Tabla 11. Porcentaje de proporción de agregado fino en la mezcla de Concreto.....	41
Tabla 12. Resistencia Requerida	45
Tabla 13. Volumen Unitario de Agua (l/m ³)	46
Tabla 14. Contenido de Aire Atrapado.....	47
Tabla 15. Relación Agua/Cemento.....	47
Tabla 16. Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto.....	48
Tabla 17. Número de Especímenes – Ensayo Resistencia a la Compresión del concreto ..	54
Tabla 18. Número de Especímenes – Ensayo Resistencia a la Flexión del concreto.....	54
Tabla 19. Propiedades Físicas del Agregado Grueso	58
Tabla 20. Propiedades Físicas del Agregado Fino	58
Tabla 21. Diseño efectivo	59
Tabla 22. Dosificación.....	59
Tabla 23. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento Probetas Patrón. – Preliminar.....	60
Tabla 24. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² y asentamiento Probetas Patrón. – Preliminar.....	60
Tabla 25. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento - 1% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	61
Tabla 26. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² y asentamiento - 1% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	61

Tabla 27. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento - 3% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	62
Tabla 28. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² y asentamiento - 3% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. - Preliminar	62
Tabla 29. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento - 6% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	63
Tabla 30. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² y asentamiento - 6% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	63
Tabla 31. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento - 9% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	64
Tabla 32. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² y asentamiento - 9% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	64
Tabla 33. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento - 12% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	65
Tabla 34. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² y asentamiento - 12% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	65
Tabla 35. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento - 15% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	66
Tabla 36. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² y asentamiento - 15% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.....	66
Tabla 37. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² de los especímenes con porcentajes de adición. – Edad: 28 días	67
Tabla 38. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² de los especímenes con porcentajes de adición. – Edad: 28 días	67
Tabla 39. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento Probetas Patrón. – Definitivo	72
Tabla 40. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² y asentamiento Probetas Patrón. – Definitivo	72
Tabla 41. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento - 2% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo	73
Tabla 42. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² y asentamiento - 2% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. - Definitivo.....	73
Tabla 43. Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm ² y asentamiento - 4% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo	74

Tabla 44. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=210$ kg/cm ² y asentamiento - 4% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo	74
Tabla 45. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=175$ kg/cm ² y asentamiento - 6% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo	75
Tabla 46. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=210$ kg/cm ² y asentamiento - 6% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo	75
Tabla 47. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=175$ kg/cm ² de los especímenes con porcentajes de adición. – Edad: 28 días	76
Tabla 48. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=210$ kg/cm ² de los especímenes con porcentajes de adición. – Edad: 28 días	76
Tabla 49. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=175$ kg/cm ² y asentamiento Probetas Patrón. – Diseño Adecuado	81
Tabla 50. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=210$ kg/cm ² y asentamiento Probetas Patrón. – Diseño Adecuado	81
Tabla 51. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=175$ kg/cm ² y asentamiento Adición con el Porcentaje Adecuado– Diseño Adecuado	82
Tabla 52. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=210$ kg/cm ² y asentamiento Adición con el Porcentaje Adecuada – Diseño Adecuado.....	82
Tabla 53. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=175$ kg/cm ² de los especímenes con la adición de porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz. – Edad: 28 días	83
Tabla 54. Resultados de resistencia a la compresión $f'_c=210$ kg/cm ² de los especímenes con la adición de porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz. – Edad: 28 días	83
Tabla 55. Resultados de resistencia a la flexión y asentamiento. – Probeta Patrón $F'_c= 175$ kg/cm ²	85
Tabla 56. Resultados de resistencia a la flexión y asentamiento. – Probeta Patrón $F'_c= 210$ kg/cm ²	85
Tabla 57. Resultados de resistencia a la flexión y asentamiento. – Adición de porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz.- $F_c=175$ kg/cm ²	86
Tabla 58. Resultados de resistencia a la flexión y asentamiento – Adición de porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz. – $F'_c=210$ kg/cm ²	86
Tabla 59. Resultados de pesos de muestras promedio. – $F'_c= 175$ kg/cm ²	88
Tabla 60. Resultados de pesos de muestras promedio. – $F'_c= 210$ kg/cm ²	88

Índice de figuras

Figura 1. Acopio de la quema de la cáscara de arroz en el Molino “Santa Elena”– Tarapoto	2
Figura 2. Proporciones Típicas en Volumen Absoluto de los Componentes del Concreto..	7
Figura 3. Límites para la Curva Granulométrica del Agregado Fino	11
Figura 4. Límites para la Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	12
Figura 5. Diferentes Estados de Saturación del Agregado.	14
Figura 6. Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto en función del tipo de cemento	20
Figura 7. Efecto del tiempo de curado del concreto en la resistencia del concreto a la compresión	20
Figura 8. Clasificación de las puzolanas	22
Figura 9. Ceniza de color oscura a blanca.....	25
Figura 10. Ubicación de cantera de los Agregados. Cantera “Gatica Perú”	35
Figura 11. Ubicación de cantera de la Ceniza de la Cascarilla de Arroz. Molino “Santa Clara” - Cacatachi	45
Figura 12. Resistencias a la Compresión del Diseño Patrón y los Especímenes Preliminares. – $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$	68
Figura 13. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 7 días – $F'c= 175\text{kg/cm}^2$	68
Figura 14. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 14 días – $F'c= 175\text{kg/cm}^2$	69
Figura 15. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 28 días – $F'c= 175\text{kg/cm}^2$	69
Figura 16. Resistencias a la Compresión del Diseño Patrón y los Especímenes Preliminares. – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	70
Figura 17. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 7 días – $F'c= 210\text{kg/cm}^2$	70
Figura 18. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 14 días – $F'c= 210\text{kg/cm}^2$	71
Figura 19. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 28 días – $F'c= 210\text{kg/cm}^2$	71

Figura 20. Resistencias a la Compresión de los Especímenes Definitivos – $F'c = 175$ kg/cm^2	77
Figura 21. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 7 días – $F'c = 175 kg/cm^2$	77
Figura 22. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 14 días – $F'c = 175 kg/cm^2$	78
Figura 23. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 28 días – $F'c = 175 kg/cm^2$	78
Figura 24. Resistencias a la Compresión del Diseño Patrón los Especímenes Definitivos. – $F'c = 210 kg/cm^2$	79
Figura 25. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 7 días – $F'c = 210 kg/cm^2$	79
Figura 26. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 14 días – $F'c = 210 kg/cm^2$	80
Figura 27. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 28 días – $F'c = 210 kg/cm^2$	80
Figura 28. Resistencia a la Compresión del Diseño Patrón y el Diseño Adecuado – $F'c = 175 kg/cm^2$	84
Figura 29. Resistencia a la Compresión del Diseño Patrón y el Diseño Adecuado – $F'c = 210 kg/cm^2$	84
Figura 30. Resistencia a la Flexión de los Especímenes – $F'c = 175 kg/cm^2$	87
Figura 31. Resistencia a la Flexión de los Especímenes – $F'c = 210 kg/cm^2$	87
Figura 32. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con los porcentajes preliminares en relación al C° patrón – $F'c = 175 kg/cm^2$	91
Figura 33. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con los porcentajes definitivos en relación al C° patrón – $F'c = 175 kg/cm^2$	92
Figura 34. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con el porcentaje adecuado en relación al C° patrón – $F'c = 175 kg/cm^2$	93
Figura 35. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con los porcentajes preliminares en relación al C° patrón – $F'c = 210 kg/cm^2$	95

- Figura 36. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con los porcentajes definitivos en relación al C° patrón – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$97
- Figura 37. Resistencia a la compresión en porcentaje, de la adición adecuada de 2% de ceniza de la cascarilla de arroz en relación al C° patrón – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$98
- Figura 38. Resistencia a la flexión en porcentaje, de la adición adecuada de 2% de ceniza de la cascarilla de arroz en relación al C° patrón – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$99
- Figura 39. Resistencia a la compresión en porcentaje de la adicione adecuada de 2% de ceniza de la cascarilla de arroz en relación al C° patrón – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ 100

Resumen

La presente tesis denominada “Adición de ceniza de la cascarilla de arroz, para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín” se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. La investigación es experimental, tiene como objetivo principal adicionar ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto. Los materiales usados son: cemento Pacasmayo tipo I, agregados gruesos y finos, agua potable y ceniza de cascarilla de arroz. En la investigación se diseñó $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2 , se elaboró especímenes preliminares con seis porcentajes de adición, después se definió tres porcentajes de trabajo: 2%, 4% y 6%, ensayados al esfuerzo de compresión del concreto. Finalmente se determinó el porcentaje Adecuado de adición, de 2%, con la cual se ensayó el esfuerzo a flexión del concreto. Los resultados a los 28 días se mencionan a continuación: Para el primer diseño patrón, las resistencias son $f'c=176.53 \text{ kg/cm}^2$, $Mr= 39.34 \text{ kg/cm}^2$, y con adición adecuada de 2% se obtuvo $f'c_{(2\%)}=177.66 \text{ kg/cm}^2$, $Mr_{(2\%)}= 41.57 \text{ kg/cm}^2$; para el segundo diseño patrón, las resistencias son $f'c=210.35 \text{ kg/cm}^2$, $Mr= 46.06 \text{ kg/cm}^2$, y con adición adecuada de 2% se obtuvo $f'c_{(2\%)}=213.82 \text{ kg/cm}^2$, $Mr_{(2\%)}= 47.83 \text{ kg/cm}^2$, concluyendo que, el porcentaje de adición de 2%, mejora levemente la resistencia a la compresión en un 0.64% y 1.65%, para los dos diseños, y la resistencia a la flexión mejora en un 5.67% y 3.84%, respectivamente.

Palabras clave: concreto, resistencia, compresión, flexión, adición, ceniza.

Abstract

The present thesis is entitled "Addition of rice husk ash, to improve the resistance properties of concrete in the San Martin region" was developed at the Civil Engineering and Architecture Faculty of the National University of San Martin - Tarapoto. The research was experimental, and its main objective was to add rice husk ash to improve the resistance properties of concrete. The materials used were: Pacasmayo type I cement, coarse and fine aggregates, potable water and rice husk ash. In the investigation it was designed $f'c=175$ kg/cm² and 210 kg/cm², preliminary specimens were elaborated with six percentages of addition, three percentages of work were defined: 2%, 4% and 6%, tested to the compression effort of concrete. Finally, it was determined that the adequate percentage of addition is 2%, with which the bending stress of concrete was tested. The results after 28 days are mentioned below: For the first standard design, the resistances were $f'c=176.53$ kg/cm², $M_r= 39.34$ kg/cm², and with an adequate addition of 2%, $f'c (2\%)=177.66$ kg/cm², $M_r (2\%)= 41.57$ kg/cm² were obtained; for the second standard design, the resistances were $f'c=210.35$ kg/cm², $M_r= 46.06$ kg/cm², and with an appropriate addition of 2%, $f'c (2\%)=213.82$ kg/cm², $M_r (2\%)= 47.83$ kg/cm² were obtained, concluding that, the percentage of addition of 2%, slightly improved the resistance to compression by 0.64% and 1.65%, for both designs, and the resistance to bending improved by 5.67% and 3.84%, respectively.

Key words: concrete, resistance, compression, bending, addition, ash



Introducción

El uso del concreto es el principal elemento en las obras de construcción, la cual depende de los componentes que la integran; con la cual se desea obtener concreto con características técnicas como la resistencia, durabilidad, trabajabilidad, etc., todas especificadas en las Normas Técnicas Peruanas.

Actualmente el problema ambiental es uno de los problemas más graves que venimos enfrentando como generación, y la realidad local no es ajena a esto, teniendo como ejemplo la acumulación excesiva de desechos generados por las actividades masivas del pilado de arroz en la región San Martín,.

En el ámbito de la construcción, el impulso de nuevas alternativas de uso de materiales de construcción viene teniendo una mayor incidencia, originado principalmente porque en la actualidad la elaboración de materiales usados emite un impacto ambiental positivo, lo que viene impulsando la investigación de fuentes alternativas que pueden disminuir o sustituir a ciertos materiales, según (Mafla B. , 2009), “(...) en la producción de los cementos se han venido utilizando desechos industriales y agrícolas que presentan propiedades puzolánicas.” siendo uno de estos materiales la ceniza de la cascarilla de arroz

El Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur, 2008) menciona que: “Perú es el tercer productor más importante de arroz de América después de Brasil y Estados Unidos (...). Perú tiene también uno de los tres rendimientos más altos del continente después de Uruguay y Estados Unidos” y uno de los subproductos que genera es la cascarilla de arroz siendo por lo general arrojados en botaderos o quemados, y teniendo en cuenta el muy bajo peso específico de éste, su evacuación y transporte representan un problema elevado por sus altos costos de manejo.

En la región San Martín existe una amplia disponibilidad de cascarilla de arroz, el encargado del área de estadística agraria, Técnico en Estadística Sr. Aquiles Hidalgo Coral informó que “entre el 60 al 65% el arroz cáscara se convierte en arroz.” (Aquiles, 2019), entonces el sobrante es la cascarilla de arroz, que en los molinos no le brindan uso alguno, y por el contrario presentan para ello costos para su eliminación, o simplemente la queman, produciendo contaminación del ambiente, por lo que dado las características puzolánicas que presenta ese subproducto del arroz, puede ser una alternativa para el diseño de concreto,

no solo por sus propiedades que puede añadirle al concreto, sino también por su bajo costo y su facilidad para disponer de ella.

En la Figura 1, se puede observar la acumulación excesiva de la quema indiscriminada de la cáscara de arroz, generando un problema ambiental a las poblaciones cercanas.



Figura 1. Acopio de la quema de la cáscara de arroz en el Molino “Santa Elena” – Cacatachi. (Fuente: Elaboración Propia)

La cáscara de arroz tiene una consistencia delicada, abrasivo y su tonalidad entre roja pardo y granate oscuro, su concentración es muy baja, por lo que cuando se juntan ocupan un dilatado espacio, tiene un peso específico de ciento veinticinco kg/m^3 , dicho de otra manera, mil kilos acaparan cerca de ocho metros cúbicos a granel. (Aliaga Mendoza & Badajos Quispe, 2018, pág. 22).

Formulación del problema

Problema General

¿Cómo influye la adición de ceniza de la cascarilla de arroz en las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín?

Problema Específico

¿En qué medida la adición de ceniza de la cascarilla de arroz mejora la propiedad de la resistencia a la compresión del concreto?

¿En qué medida la adición de ceniza de la cascarilla de arroz mejora la propiedad de la resistencia a la flexión del concreto?

Justificación del problema

La presente investigación contribuye a la parte académica y científica del estudio de la materia, así como a los profesionales, los gobiernos locales, los gobiernos nacionales, y usuarios finales que usen el concreto como material de construcción.

Los resultados de esta investigación tienen beneficios estructurales, ambientales y sociales.

Beneficio Estructural

Los resultados a ser obtenidos servirán para que sean aplicados en los procesos constructivos de edificaciones, y se espera que el uso la ceniza de la cascarilla de arroz mejore las propiedades del concreto, y permita incrementar su resistencia a compresión y flexión.

Beneficio Ambiental

El uso de la ceniza de la cascarilla de arroz busca darle un valor a este desecho, que en los molinos no se le brinda uso alguno, generando problemas para su eliminación, produciendo contaminación del ambiente por los grandes acopios de sus desperdicios.

Beneficio Social

La construcción tiene un alto impacto social, pues el desarrollo de la infraestructura tanto pública como privada se ejecuta con la finalidad de cerrar brechas de accesos a servicios como vivienda, educación, salud, viales, etc., por consiguiente, adicionar ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia a compresión y flexión del concreto, puedan ser una alternativa para la población en su conjunto.

Hipótesis

Hipótesis Principal:

H1: La adición de ceniza de la cascarilla de arroz mejorará las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín.

Hipótesis Secundarias:

H2: Se determinará la cantidad adecuada de adición de ceniza de la cascarilla de arroz, que mejorará la propiedad de la resistencia a la compresión del concreto

H2: Se determinará la cantidad adecuada de adición de ceniza de la cascarilla de arroz, que mejorará la propiedad de la resistencia a la flexión del concreto

Objetivos

Objetivo general

- Adicionar ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín.

Objetivo específico

- Determinar las propiedades físicas de los agregados gruesos y finos utilizados en la investigación.
- Desarrollar pruebas de resistencia a compresión y flexión del concreto para los diseños patrón de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar la cantidad adecuada de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar la propiedad de la resistencia a la compresión del concreto.
- Desarrollar especímenes prismáticos de concreto adicionando la cantidad adecuada de ceniza de cascarilla de arroz para el ensayo de la resistencia a flexión del concreto.

Estructura del proyecto de investigación

Es de la siguiente forma:

- Capítulo I (Revisión Bibliográfica): En este capítulo utilizaremos antecedentes bibliográficos a nivel internacional, nacional y local, se desarrollará el marco teórico sobre: concreto, sus propiedades, sus componentes, agregado fino, agregado grueso, agua; además de ceniza de la cascarilla de arroz, su producción local, su composición química, y su actividad puzolánicas; y finalmente concepto de las pruebas de laboratorio, y definiciones necesarias para la investigación.
- Capítulo II (Materiales y Métodos): En este capítulo se describirán los materiales, herramientas y equipos que serán utilizados en los ensayos; la metodología que se realizará en la presente tesis: diseño de investigación, las variables y su operacionalización; y los procedimientos para la realización de los ensayos.
- Capitulo III (Resultados y Discusión): En este capítulo se presentarán los resultados de las propiedades de los agregados, los diseños de mezcla para $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, y los resultados para los ensayos a la resistencia de compresión y flexión del concreto. Partiendo de los objetivos de la investigación, se analizará e interpretaran los resultados, mediante la comparación de datos y cuadros. Y finalmente se sacarán las conclusiones y recomendaciones de a partir de los resultados.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación.

A nivel internacional.

- (Haro Molina, 2016) investigó a la ceniza de la cascarilla de arroz CCA y cenizas de bagazo de caña de azúcar CBC, con el objetivo de evaluar sus comportamientos al adicionarlas en el hormigón, y determinar cuál es la mejor relación de porcentajes entre el cemento y las cenizas para su mejor resistencia a flexión. Haro Molina concluye que, la sustitución parcial del cemento con el 10% de cenizas de cascarilla de arroz (CCA) es la ideal, ya que el valor de resistencia a flexión fue de 192.22 kg/cm^2 a los 60 días de curado, mejorando así en un 15.41% en comparación de una viga normal con el 0% de puzolana.
- (Serrano, 2016) estudió la posibilidad de utilizar la cascarilla de arroz con y sin pretratamientos, como una adición en la fabricación de morteros ligeros, con el objetivo de determinar sus propiedades como la densidad, la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión de los morteros realizados. Los resultados mostraron que son morteros de muy baja densidad y elevada porosidad que los convierten en candidatos para elaborar materiales de construcción de aislamiento térmico y acústico, pero no para fabricar elementos portantes debido a su baja resistencia mecánica. Se concluye que el tratamiento químico de la cascarilla con reactivos alcalinos y la adición de cloruro cálcico como acelerante del fraguado, son dos propuestas efectivas para la reutilización de estos residuos en morteros aligerados.

A nivel nacional.

- (Jaime Huertas & Portocarrero Regalado, 2018) investigaron el comportamiento de la cascarilla de arroz y la ceniza de la cascarilla de arroz (CCA), con el objetivo de determinar sus influencias sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural. Llegaron a la conclusión que, la ceniza de la cascarilla de arroz (CCA) mejora las propiedades mecánicas del concreto con respecto a la resistencia a la compresión. Por otro lado, al sustituir el 8% del cemento por CCA alcanzó la máxima resistencia a los 28 días con 231 kg/cm^2 .

- (Aliaga Mendoza & Badajos Quispe, 2018), estudió la insertación de ceniza de cascarilla de arroz en concreto, con los objetivos de analizarlo en estado fresco (slump) y estado endurecido (resistencia a la compresión) para el diseño de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Concluyó que, la ceniza de cascarilla de arroz, influye de manera positiva, de tal modo que, de acuerdo a los resultados obtenidos, se reduce el uso de cemento entre 10% al 15%. Mientras con la adición de 20% de CCA no llega a la resistencia esperado. La dosificación adecuada es con la adición de ceniza de cascarilla de arroz de 10%, debido que es la única dosificación que sobrepasa llegando a un promedio de 101.97% compresión a los 28 días.
- (Villegas Martínez, 2012) estudió a las puzolanas naturales y cenizas de cáscara de arroz con el objetivo de ser incorporadas en la elaboración de elementos prefabricados y ser utilizados en morteros de uso en la construcción de viviendas de bajo costo. Llegó a la conclusión que, se recomienda adicionar hasta un 15% de ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento en la elaboración de bloquetas.

A nivel local.

- (Mauricio Córdova , Pérez Alverca , & Vargas Olivera, 2017) investigaron a la ceniza de la cascarilla de arroz con el objetivo de evaluar formas de su utilización para mejorar el comportamiento estructural de las construcciones de Nueva Cajamarca. Concluyeron que, la comprobación de que los concretos con cascarilla de arroz tienen el potencial para ser usados como materiales de construcción económicos, y que es necesario seguir investigando para asegurar una vida útil apropiada de estos nuevos materiales. La resistencia inicial del concreto con cascarilla de arroz disminuye cuando se expone tanto a ciclos de humedecimiento y secado, como a los ambientes agresivos de cloruros y sulfato.

1.2. Marco Teórico – Conceptual

1.2.1. Concreto.

1.2.1.1. Definición.

El concreto, es un material artificial que resulta de la unión de otros varios llamados agregados. Estos agregados se dividen en dos grupos: activos e inertes. Son activos el agua y el cemento, que al unirse provocan una reacción química por medio de la cual es “lechada”, fragua y endurece hasta alcanzar gran solidez. Son agregados inertes la arena y la grava, que forman el esqueleto del concreto. (Pérez Alamá, 1990, pág. 1).

1.2.1.2. Componentes del concreto.

La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, Agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. Concluyendo que, el cemento es el ingrediente activo que interviene en menor cantidad, pero sin embargo es el que define las tendencias del comportamiento. (Pasquel Carbajal, 1992, pág. 13).

Aire = 1 % a 3 %
Cemento = 7 % a 15 %
Agua = 15 % a 22 %
Agregados = 60 % a 75 %

Figura 2. Proporciones Típicas en Volumen Absoluto de los Componentes del Concreto. (Fuente: Pasquel Carbajal -1992)

1.2.1.2.1. El cemento Portland.

En 1824 Joseph Apsdin un constructor inglés, patenta un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse adquiriría, según él, la misma resistencia que la piedra de la isla de Portland cerca del puerto de Dorset. (Pasquel Carbajal, 1992, pág. 17).

(Arthur H., 1999), nos dice:

El cemento es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas.

El cemento Portland es un material grisáceo finamente pulverizado, conformado fundamentalmente por silicatos de calcio y aluminio. Las materias primas usuales a partir

de las cuales se fabrican son calizas que proporcionan el CaO y arcillas y esquitos que proveen el SiO₂ y el Al₂O₃. Estos materiales se muelen, se mezclan, se funden en hornos hasta obtener el llamado Clinker, y se enfrían y se muelen de nuevo para lograr la finura requerida. El material es despachado a granel o en bultos que contienen 94 libras (42 kilogramos) de cemento.

Tabla 1

Componentes Químicos del Cemento.

	Componente Químico	Procedencia Usual
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro
5%	Óxidos de Magnesio, Sodio	
	Potasio, Titanio, Azufre	Minerales Varios
	Fósforo y Manganeseo	

Fuente: Pasquel Carbajal, 1992

(Pasquel Carbajal, 1992, págs. 36,40), señala que:

Los Tipos de cementos portland que podemos calificar de estándar ya que, su fabricación está normada por requisitos específicos son:

- Tipo I. De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.
- Tipo II, De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.
- Tipo III, Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- Tipo IV, De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.
- Tipo V, De alta resistencia al ataque de sulfatos. Para ambientes muy agresivos.
-

(Harmsen, 2002, pág. 12), indica que:

En la norma ASTM-C-595-00 se especifica las características de los cementos adicionados, los cuales contienen, además de los compuestos ya mencionados, escoria y puzolanas, que modifican el comportamiento del conjunto. Entre ellos se tiene:

- Tipo IS, cemento al que se le ha añadido entre 25% y 70% en peso de escoria de alto horno.
- Tipo ISM, cemento al que se le ha añadido menos del 25% en peso de escoria de alto horno.
- Tipo IP cemento al que se le ha añadido entre 15% y 40% en peso de puzolana.
- Tipo PM, cemento al que se le ha añadido menos del 15% en peso de puzolana.
- Se fabrican en el Perú los cementos Tipo I, Tipo II, Tipo V, Tipo IP y Tipo IPM.

1.2.1.2.2. Agregados.

(Rivera L., pág. 41), comenta que:

Los concreto hidráulicos están constituidos en un alto porcentaje por agregados (50-80% en volumen) por lo tanto, éstos no son menos importantes que la pasta del cemento endurecida, el agua libre, el aire incorporado, el aire naturalmente atrapado, o los aditivos; por lo contrario, gran parte de las características de las mezclas (...) dependen de las características y propiedades de los agregados.

(Chávez, 2003), señala que “los agregados se clasifican generalmente en finos y gruesos, y que constituyen los elementos inertes del concreto, ya que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua.”

En la Tabla 01.2, se muestra la clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas. Teniendo dos grandes grupos, el agregado fino y el agregado grueso.

1.2.1.2.2.1. Agregado fino o arena.

Es aquella que proviene de la desintegración natural o artificial y que pasa el Tamiz N° 4 (...) El agregado fino debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de materias impuras como: polvo, limos, pizarras, álcalis y material orgánicos. No deben tener más de 5% de arcilla o limos ni más de 1.5% de materias orgánicas. Sus partículas deben tener un menor a 1/4” y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM C-33-93. (Chávez, 2003, pág. 3).

Tabla 2

Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas.

Tamaño en mm	Denominación más Común	Clasificación	Uso como Agregados de Mezclas
< 0.002	Arcilla	Fracción muy Fina	No recomendable
0.002 – 0.074	Limo	Fracción Fina	No recomendable
0.074 – 4.76 #200 – #4	Arena	Agregado Fino	Material apto para mortero concreto
4.76 – 19.1 #4 – ¾”	Gravilla		Material apto para concreto
19.1 – 50.8 ¾” – 2”	Grava	Agregado Grueso	Material apto para concreto
50.8 – 152.4 2” – 6”	Piedra		
> 152.4 6”	Rajón, Piedra Bola		Concreto ciclópeo

Fuente: Rivera L.

En la Tabla 3, se muestra las condiciones para la gradación del agregado fino, y en la Figura 2, las mismas condiciones como límites en la curva granulométrica del agregado fino.

Tabla 3

Tabla de las Especificaciones Técnicas del Agregado Fino.

Mallas	Especificaciones Técnicas	
	ASTM C-33	
	Mínimo	Máximo
3/8"	-	100
N° 4	95	100
N° 8	80	100
N° 16	50	85
N° 30	25	60
N° 50	10	30
N° 100	2	10
<N° 100	0	0

Fuente: ASTM C-33

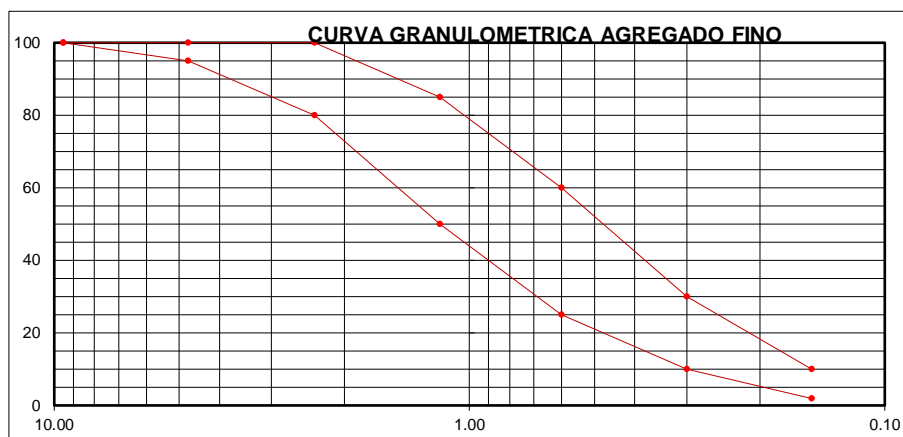


Figura 3. Límites para la Curva Granulométrica del Agregado Fino. (Fuente: Universidad Nacional de San Martín -Laboratorio de Tecnología de Concreto).

1.2.1.2.2.2. Agregado grueso o piedra.

(Chávez, 2003, pág. 4). Es el que se retiene en el tamiz N°4. Está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada de los lechos de los ríos o yacimientos naturales. El tamaño máximo del agregado grueso para concreto reforzado (...) no debe ser mayor que $1/5$ de la distancia entre las paredes del encofrado, $3/4$ de la distancia libre entre armaduras y $1/3$ del espesor de las losas. Al igual que para la arena, no deben contener más de un 5% de arcillas y finos ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc. y según la norma ASTM C-33-93.

En la Tabla 4, se muestra las condiciones para la gradación del agregado grueso, y en la Figura 3, las mismas condiciones como límites en la curva granulométrica del agregado grueso

Tabla 4

Tabla de las Especificaciones Técnicas del Agregado Grueso.

Mallas	Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 467	
	Mínimo	Máximo
2"	-	100
1 1/2"	90	100
1"	90	100
3/4"	40	85
1/2"	10	40
3/8"	0	15
N° 4	0	5
< N° 4	0	0

Fuente ASTM C-33

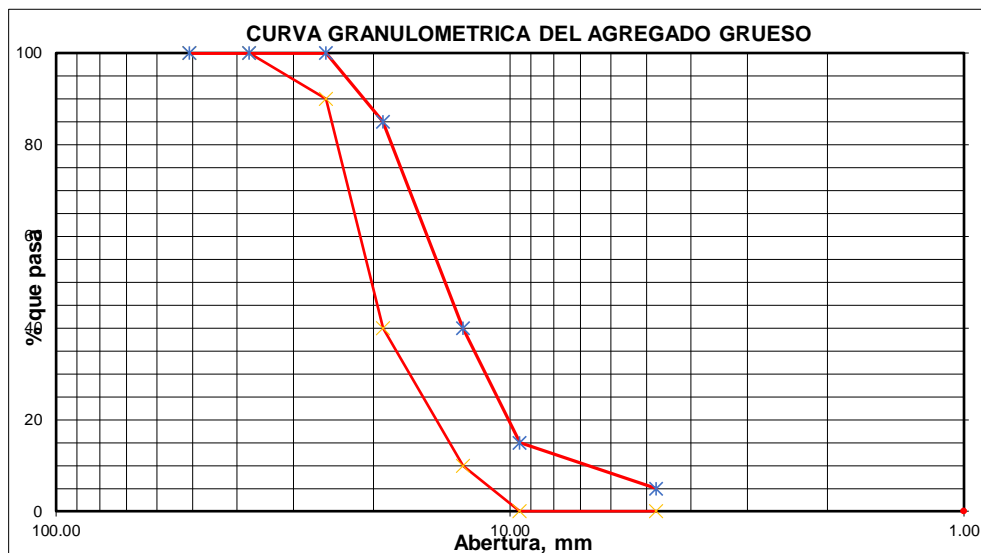


Figura 4. Límites para la Curva Granulométrica del Agregado Grueso. (Fuente: Universidad Nacional de San Martín -Laboratorio de Tecnología de Concreto)

1.2.1.2.2.3 Propiedades.

- Peso Unitario.

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas; está influenciado por la manera en que se acomodan éstas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1500 y 1700 kg/m³. (Pasquel Carbajal, 1992, págs. 74,76).

-Peso Específico.

El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad. Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. (...) Las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. (Pasquel Carbajal, 1992, pág. 74).

-Porcentaje de Vacíos.

(Pasquel Carbajal, 1992, pág. 76), define al Porcentaje de Vacíos como “la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas por lo que su valor es relativo como el caso del peso unitario.”

- Absorción.

(Pasquel Carbajal, 1992, pág. 76), explica que la Absorción “es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.”

- Porosidad.

(Pasquel Carbajal, 1992, pág. 76), señala que la Porosidad “es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados.”

(Sánchez de Guzman, 2001, pág. 96), también menciona que “la porosidad está relacionada con la capacidad de absorción de agua u otro líquido dentro de los agregados según en tamaño de los poros.”

-Condiciones de Saturación.

(Sánchez de Guzman, 2001, pág. 97), indica que “los agregados pueden pasar por cuatro estados, a saber: seco, parcialmente saturado, saturado y superficialmente seco, o húmedo, y depende del grado de absorción de las partículas que varía aproximadamente entre 0% y 5% para agregados pétreos de peso normal.”

Mientras (Rivera L.), menciona que:

Las condiciones de humedad en que se puede entrar un agregado serán:

- Seco: Ningún poro con agua.
- Húmedo No saturado: Algunos poros permeables con agua.
- Saturado y Superficialmente Seco (S.S.S): Todos los poros permeables llenos de agua y el material seco en la superficie.
- Húmedo Sobresaturado: Todos los poros permeables contienen agua y además el material tiene agua en la superficie. (Agua libre)

- Humedad.

(Pasquel Carbajal, 1992, pág. 77), señala que la humedad “es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.”

Si la humedad del agregado es mayor que la absorción, el material tiene agua libre y está aportando agua a la mezcla; pero si por el contrario la humedad del agregado es menor que la absorción, el agregado le va a quitar agua a la mezcla para saturarse. Esto es importante para poder definir la cantidad de agua de mezcla y no alterar la relación agua-cemento. (Rivera L., pág. 65).

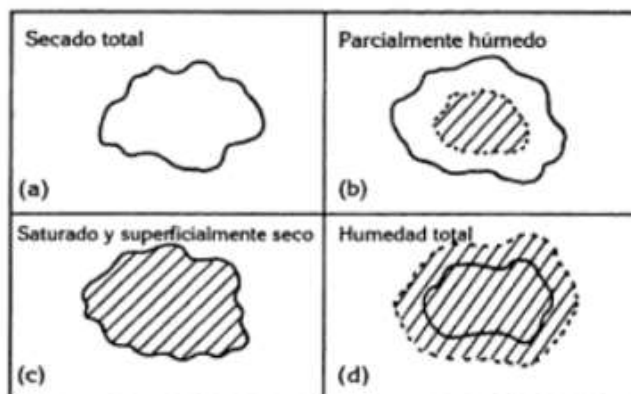


Figura 5. Diferentes Estados de Saturación del Agregado. (Fuente: Sánchez – 2001)

- Granulometría.

Es la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados; se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra representativa del agregado en fracciones de igual tamaño de partículas; la medida de la cuantía de cada fracción se denomina como granulometría. (Rivera L., pág. 57).

La serie de tamices estándar ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3” y el siguiente tiene una abertura igual a la mitad del anterior. A partir de la malla 3/8” se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada. En la Tabla 5, se consignan los tamices estándar ASTM. (Pasquel Carbajal, 1992, pág. 90).

- Curvas Granulométricas.

(Rivera L., pág. 58), indica que “para una mejor comprensión e interpretación de los resultados se acostumbra a representar gráficamente el análisis granulométrico en la curva denominada granulométrica o línea de cribado.”

- Módulo de Finura.

Es la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz N° 100 y esta cantidad se divide entre 100. El sustento matemático del Módulo de Finura reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica. (Pasquel Carbajal, 1992, pág. 92).

(Rivera L.), define al Módulo de Finura como “un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material. (...) se puede clasificar tal como se presenta en la Tabla 6.”

Tabla 5*Tamices Standard ASTM.*

Denominación Del Tamiz	Abertura en Pulgadas	Abertura en Milímetros
3"	3.0000	75.0000
1 ½"	1.5000	37.5000
¾"	0.7500	19.0000
3/8"	0.3750	9.5000
N° 4	0.1870	4.7500
N°8	0.0937	2.3600
N° 16	0.0469	1.1800
N° 30	0.0234	0.5900
N° 50	0.0117	0.2950
N° 100	0.0059	0.1475
N° 200	0.0029	0.0737

Fuente: Pasquel Carbajal – 1992

Tabla 6*Clasificación del Agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura.*

Módulo de Finura	Agregado Fino
Menor que 2.00	Muy fino o extra fino
2.00 – 2.30	Fino
2.30 – 2.60	Ligeramente fino
2.60 – 2.90	Mediano
2.90 – 3.20	Ligeramente grueso
3.20 – 3.50	Grueso
Mayor que 3.50	Muy grueso o extra grueso

Fuente: Rivera L.

- Tamaño Máximo.

(Rivera L., pág. 60), lo define como “la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad del agregado. De manera práctica representa el tamaño de la partícula más grande que tiene el material.”

- Tamaño Máximo Nominal.

(Rivera L., pág. 60), nos dice que “el Tamaño Máximo Nominal de las partículas es el mayor tamaño del tamiz, listado en la norma aplicable, sobre el cual se permite de cualquier material.”

1.2.1.2.3. Agua.

(Rivera L., pág. 17), nos dice:

El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento, hacer la mezcla manejable. (...) La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables.

(Pasquel Carbajal, 1992, págs. 59, 60), añade que:

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto.

Podrá emplearse agua no potable en la elaboración del concreto, siempre que se demuestre su idoneidad. Para ello se fabricarán cubos de mortero elaborados con ella y se ensayarán según la norma ASTM-C-109/109M-99. Si las resistencias obtenidas a los 7 y 28 días son por lo menos el 90% de las esperadas en morteros similares elaborados a base de agua potable el líquido es aceptable (ACI-3.4.3). Es conveniente verificar, adicionalmente, que no contenga agentes que puedan reaccionar negativamente con el refuerzo. (Harmsen, 2002, pág. 13)

1.2.1.3. Propiedades del concreto.

1.2.1.3.1. Concreto fresco.

- Trabajabilidad.

(Pasquel Carbajal, 1992, pág. 131), lo define como “la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. (...) Está influenciado principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos.”

El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que con los encofrados, cantidad y espaciado del refuerzo, procedimiento de colocación, y técnicas de consolidación utilizados, se pueda llenar completamente todos los espacios alrededor del refuerzo y permitir que la masa fluya en las esquinas y contra la superficie de los encofrados a fin de lograr una masa homogénea sin ningún inconveniente separación de los ingredientes, o presencia de aire entrampado, burbujas macroscópicas, o bolsas de agua en el concreto. (Rivva López, 2000, pág. 205)

- Consistencia.

Es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma, entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Una mezcla trabajable para pavimentos puede tener una alta consistencia que la hace difícil de trabajar en columnas o placas. Inversamente, una mezcla cuya consistencia la hace adecuada para vigas o columnas puede ser excesivamente trabajable para estructuras masivas. (Rivva López, 2000, págs. 208,209)

(Rivva López, 2000, pág. 46), clasifica a las mezclas de concreto de acuerdo a su consistencia de la siguiente manera:

- a) Mezclas Secas: Aquellas cuyo asentamiento está entre 0 a 2 pulgadas.
- b) Mezclas Plásticas: Aquellas cuyo asentamiento está entre 3 a 4 pulgadas.
- c) Mezclas Fluidas: Aquellas cuyo asentamiento está entre 5 pulgadas a más.

- Segregación.

La segregación es definida con la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

Esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales diferentes tamaños y gravedades específicas por lo que se generan al interior del mismo, fuerzas las cuales tiende a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido con segregación. (Rivva López, 2000, pág. 210)

Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas desciendan, pero en general, la densidad de las

pastas con los agregados finos es solo un 20% menos que la de los gruesos, lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso a la matriz. (Pasquel Carbajal, 1992, pág. 139)

- Exudación.

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas. (Rivva López, 2000, pág. 211)

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente de su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. (Pasquel Carbajal, 1992, pág. 141)

- Contracción por secado.

Es la responsable de la mayor parte de los problemas de figuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

Este proceso no es irreversible, ya que, si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida. (Pasquel Carbajal, 1992, pág. 142)

1.2.1.3.2. Concreto endurecido.

- Resistencia.

(Pasquel Carbajal, 1992), indica que la resistencia del concreto es “la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.”

(Rivva López, Naturaleza y materiales del concreto, 2000), considera a la resistencia como “el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse. La resistencia en compresión se utiliza como índice de la calidad del concreto. En pavimentos suele utilizarse la resistencia en flexión. La resistencia al corte no se utiliza.”

- Resistencia a la compresión.

(Chávez, 2003, pág. 6), indica que la resistencia a compresión:

Se obtiene a través de ensayos en el laboratorio con probetas cilíndricas estándares de 6” (15cm.) de diámetro y 12” (30 cm.) de altura. El espécimen debe permanecer en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga 28 días de vida para ser ensayada en la prensa hidráulica. La resistencia a la compresión (f'_c) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días.

(Harmsen, 2002), señala que:

Algunos de los factores que afectan la resistencia a la compresión del concreto son:

- a) Relación a/c: Es el factor que más influye en la resistencia del concreto y constituye la razón entre el peso del agua y el peso del cemento utilizado en la mezcla. Si a/c disminuye, la porosidad decrece consiguiéndose un concreto denso, de buena calidad y alta resistencia. Esta relación no debe ser menor que 0.22 pues ésta es la cantidad mínima de agua necesaria para la completa hidratación del cemento. Mientras mayor es la relación a/c menor es la resistencia del concreto. (pág. 23)
- b) Tipo de cemento: De acuerdo al tipo de cemento, el desarrollo de la resistencia a la compresión varía con el tiempo como se aprecia en la Figura 6. Sin embargo, puede observarse que después de un cierto tiempo, los concretos elaborados con cemento diferentes alcanzan aproximadamente las mismas características. (pág. 24)
- c) Tipo de agregado: La probeta ensayada puede romperse a través de la piedra o en la interfase agregado-pasta. Si el agregado es resistente, el primer caso no se presenta. En cambio, la falla en la interfase piedra-mortero depende del grado de unión de ambos elementos. Este es función de la textura de su superficie, gradación, tamaño máximo, etc. En concretos de alta resistencia, la resistencia del agregado juega un papel muy importante en la resistencia del concreto.
- d) Duración del Curado: La falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia como se muestra en la Figura 7. En ella, también se puede apreciar que, a mayor tiempo de curado, la resistencia alcanzada por el concreto es mayor. Como se puede apreciar, esta etapa del proceso constructivo es decisiva para la obtención de un buen concreto.

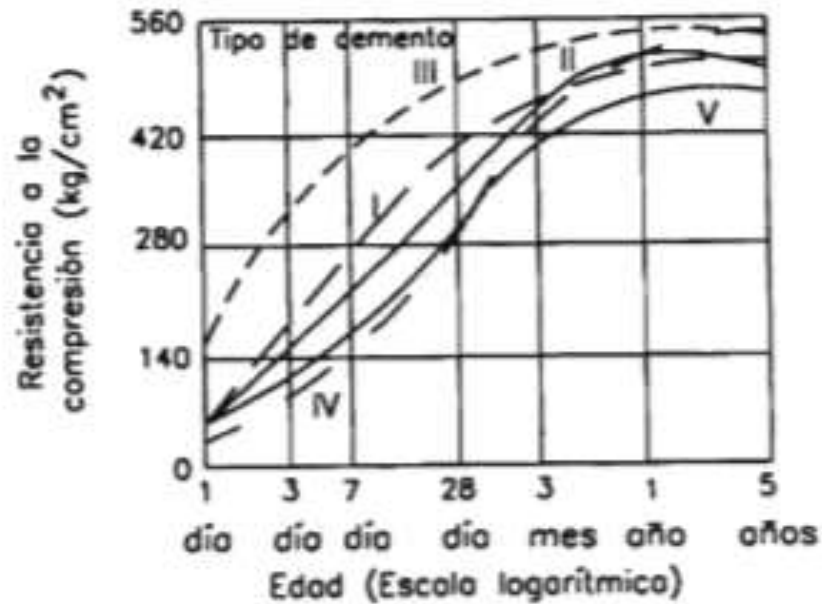


Figura 6. Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto en función del tipo de cemento. (Fuente: Harmsen – 2002)

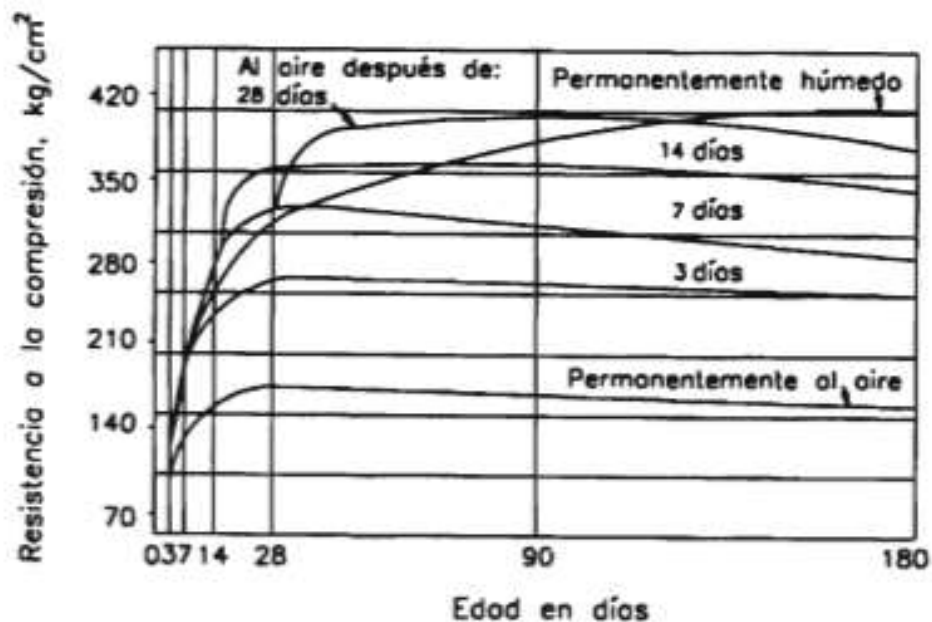


Figura 7. Efecto del tiempo de curado del concreto en la resistencia del concreto a la compresión. (Fuente: Harmsen – 2002).

- Resistencia a la flexión.

(Rivera L., pág. 133), indica que “la resistencia a la flexión de un concreto es baja en comparación con su resistencia a la compresión, pero muy superior a su resistencia en tracción pura.”

El método más empleado para medir la resistencia a la flexión es usando una viga simplemente apoyada con carga en los tercios de la luz, aunque en algunas partes se emplea el método de la viga en voladizo o el de la viga simplemente apoyada con carga en el punto medio. (Rivera L., pág. 135)

- Correlaciones entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión.

(Rivera L.), señala que “el módulo de rotura presenta valores que varían entre un 10% y un 20% de la resistencia a la compresión.”

1.2.2. Ceniza de Cascarilla de Arroz.

1.2.2.1. Generalidades.

1.2.2.1.1. Estado del arte de las puzolanas de origen natural.

En la historia de la humanidad los arquitectos y constructores han buscado soluciones tecnológicas especiales para realizar sus obras arquitectónicas. En el siglo I D.C. Antonio Vitruvio relata, que los romanos utilizaron la puzolana como aditivo mineral en la elaboración de sus concretos, ésta fue extraída de un pueblo llamado Puzol (Pozzuoli) al pie del Vesubio, era una piedra volcánica, porosa y ligera. Así también, utilizaron aditivos naturales como leche, sangre y grasa animal para mejorar la trabajabilidad de las mezclas en concretos y morteros.

Actualmente en el sector de la construcción del Perú se produce cementos puzolánicos, pero no utiliza puzolanas naturales como cascarilla de arroz y muy poco las puzolanas de origen volcánico. (Villegas, 2014, pág. 1)

1.2.2.1. Definición.

(Aliaga Mendoza & Badajos Quispe, 2018), indica que “la cascarilla de arroz es el principal residuo que se obtiene de la producción de arroz. Debido a la baja degradabilidad natural (...), este residuo puede acumularse en el ambiente dando origen a graves problemas medioambientales.”

1.2.2.2. Clasificación de las Puzolanas.

(Juárez Quevedo, 2012, pág. 1), menciona que “las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice reactiva y/o aluminio, que tienen poca o ninguna calidad aglomerante, que, mezcladas con cal en presencia de agua, fraguan y endurecen como un cemento.”

(Juárez Quevedo, 2012), clasifica a los materiales puzolánicas en:

- Puzolanas naturales: Son cenizas volcánicas de actividades volcánicas geológicamente recientes.
- Puzolanas artificiales: Son el resultado de diversos procesos industriales y agrícolas, generalmente como subproductos y materias tratados térmicamente. Por ende, se presenta un problema de almacenamiento produciendo un importante impacto medioambiental.

(Villegas, 2014, pág. 2), indica que: La ceniza volcánica se puede englobar dentro del grupo de las rocas volcánicas, las cuales se constituyen en vidrios amorfos debido al enfriamiento brusco de la lava. Con una composición similar a la piedra pómez o la obsidiana, surgen de la deposición y sedimentación de finas partículas de magma que son expulsadas al aire durante la erupción, o bien de la solidificación de la propia lava.

La ceniza de cáscara, al contrario de las cenizas volcánicas no constituye un desecho o subproducto (agrario o industrial) sino que se encuentra en la naturaleza, normalmente formando grandes bloques que después son explotados como canteras. Constituyen el primer referente histórico de lo que hoy en día se conoce como materiales con características puzolánicas, como se ha visto, los romanos descubrieron su aplicación en la construcción.

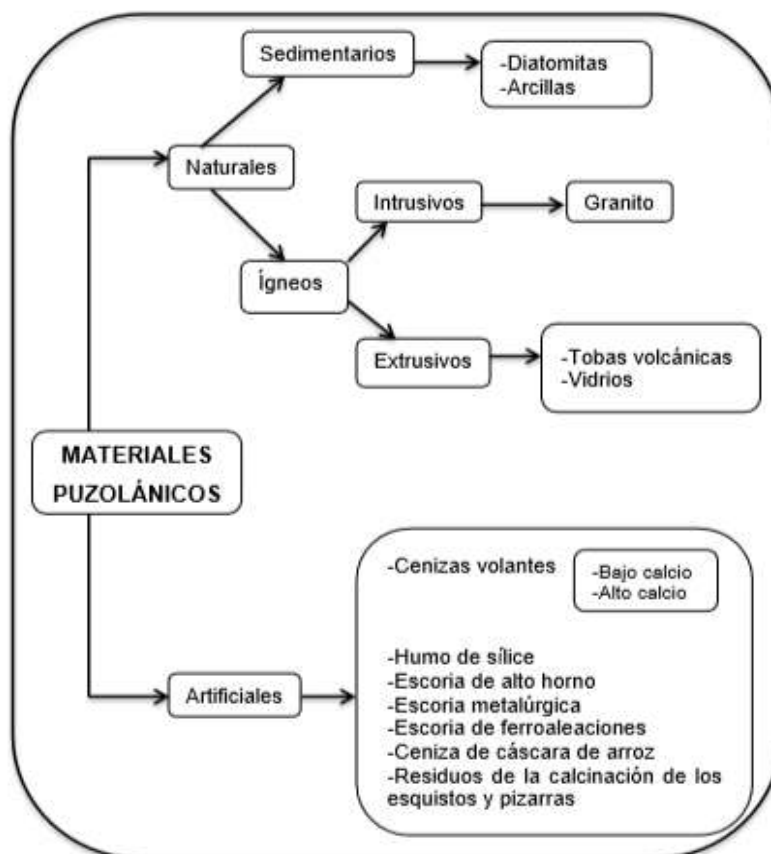


Figura 8. Clasificación de las puzolanas. (Fuente: Juárez Quevedo – 2012)

1.2.2.3. Producción de Arroz en la Región San Martín.

La Tabla 7, muestran la producción en toneladas de arroz cáscara en la región San Martín, mensual y anual respectivamente, desde el 2010 hasta el 2019, los datos fueron brindados por la Dirección Regional de Agricultura – San Martín, a través del encargado del área de estadística agraria el Tec. Aquiles Hidalgo Coral.

Tabla 7

Información Estadística del Cultivo de Arroz – San Martín. (Mensual)

Año	Producción en toneladas – Meses: Enero - Junio					
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
2010	33383.20	33447.36	33004.38	57595.52	55286.43	47807.30
2011	61608.35	45398.79	37186.33	51516.94	50689.58	68187.45
2012	37058.17	38179.11	50919.25	45531.70	55593.99	59728.65
2013	42085.45	47638.40	51818.65	47870.57	59065.53	67251.00
2014	44454.80	43597.50	46121.00	56841.50	63623.50	68178.00
2015	46488.00	48161.50	47594.00	61222.50	63873.50	69944.00
2016	59295.50	60264.00	62366.00	58530.00	68817.00	77998.50
2017	61043.50	69594.00	61802.50	68591.50	72588.00	65249.00
2018	63600.00	58496.00	56722.50	67959.00	74462.10	75923.50
2019	61608.35	33447.36	33004.38	57595.52	55286.43	47807.30
Año	Producción en toneladas - Meses: Julio - Diciembre					
	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2010	42391.70	39306.90	41432.14	45871.30	46752.45	48014.59
2011	47669.26	35800.20	33423.47	37079.31	66678.38	40370.37
2012	43703.28	39015.56	39408.75	49253.44	54439.35	47052.32
2013	58500.50	47904.50	37732.50	59979.00	65380.50	59086.00
2014	62547.00	49459.50	49933.50	55381.50	68904.00	76632.70
2015	62701.50	56591.50	54479.00	56055.50	70816.70	79203.50
2016	69551.00	68008.50	67814.00	84528.50	68545.00	77525.00
2017	69200.50	60669.00	52435.00	55635.00	66903.00	73339.00
2018	73682.25	58842.00	54853.50	50038.50	66035.50	69956.10
2019	42391.70	39306.90	41432.14	45871.3	46752.45	48014.59

Fuente: Dirección Regional de Agricultura- San Martín

Tabla 8*Información Estadística del Cultivo de Arroz. (Anual)*

Año	Total (t)
2010	524293.27
2011	575608.43
2012	559883.57
2013	644312.60
2014	685674.50
2015	717131.20
2016	823243.00
2017	777050.00
2018	770570.95
2019	524293.27

Fuente: Dirección Regional de Agricultura- San Martín

1.2.2.4. Composición.

(Haro Molina, 2016, pág. 16), muestra en su tesis de pre grado “la composición química de la ceniza de cascarilla de arroz” la que se puede establecer según la Tabla 9.

Tabla 9*Composición de la ceniza de la cascarilla de arroz.*

Componente	% en peso	Componente	% peso
SiO ₂	91.39	S	0.14
K ₂ O	2.17	P ₂ S ₂	0.79
CaO	0.39	Na ₂ O	0.05
Al ₂ O ₃	0.13	Zn	0.02
Fe ₂ O ₃	0.37	Cl	0.04
MgO	0.33	Cr	0.01
MnO	0.17	H ₂ O	4.00

Fuente: Haro Molina, 2016

1.2.2.5. Actividad Puzolánicas de la Ceniza.

(Juárez Quevedo, 2012, pág. 30), indica que:

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

Sin embargo, sólo la sílice amorfa (no cristalino) posee estas propiedades, es por esta razón que la temperatura y duración de la combustión son importantes en la producción de la ceniza de cáscara de arroz.

Aquí radica una de sus principales características: una adición (o puzolana) necesita de la presencia del hidróxido de calcio (es decir de Clinker de cemento hidratado), para desarrollar sus propiedades cementantes; por sí sola no puede desarrollar esa actividad puzolánica o lo hará a unas velocidades irrelevantes desde el punto de vista práctico.

1.2.2.5.1. Combustión de la cascarilla de arroz.

(Juárez Quevedo, 2012, pág. 31), menciona que:

Luego de la combustión, se puede tener como resultado, cenizas totalmente quemada, puede ser gris, morada o blanca, dependiendo de las impurezas presentes y las condiciones de combustión. En la quema al aire libre o en ambientes de combustión no controlada, las cenizas se mantendrán en su mayoría no reactivas debido a la composición mineralógica desfavorable.

La ceniza de cascarilla de arroz parcialmente quemada contiene carbono, y por lo tanto es negra. Si se utiliza en grandes cantidades, se puede convertir concreto casi negro.



Figura 9. Ceniza de color oscura a blanca.
(Fuente. Elaboración Propia)

La ceniza reactiva es de color gris oscura a blanca, como se observa en la Figura 9, dependiendo del carbón residual en ella, que no tiene efecto negativo si es menor de 10 por ciento.

(Juárez Quevedo, 2012, pág. 33), indica que:

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

Además, los materiales que contienen partículas de sílice en la fase no cristalina, no se consideran un peligro para la salud. Con el aumento de la temperatura de combustión y tiempo, la sílice en la ceniza de la cáscara de arroz se transforma en formas cristalinas, como la cristobalita y tridimita.

En la Tabla 10, indica las condiciones de la combustión, y sus efectos en las propiedades químicas de la ceniza de la cascarilla de arroz.

Tabla 10

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

Temperatura de Combustión °C	Tiempo de Combustión	Propiedades de entorno	Propiedades de la ceniza	
			Cristalización	Área superficial m ² /s
500-600	1 min	Moderadamente oxidante	No cristalina	122
500-600	30 min	Moderadamente oxidante	No cristalina	97
500-600	2 h	Moderadamente oxidante	No cristalina	76
700-800	15 min – 1 h	Moderadamente oxidante	No cristalina	100
700-800	15 min – 1h	Altamente Oxidante	Parcialmente cristalina	6-10
>800	> 1 h	Altamente Oxidante	Cristalina	<5

Fuente: Juárez Quevedo.

1.2.3. Pruebas de laboratorio.

1.2.3.1. Análisis Granulométrico.

Es el estudio de la manera como se encuentran distribuidos los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material por tamizado. Siguiendo la Norma NTP 400.012:2013.

1.2.3.2. Contenido de Humedad.

Es el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. Siguiendo la Norma NTP 339.185:2013.

1.2.3.3. Peso unitario Suelto y Compactado del agregado fino y grueso.

El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado), mediante la realización de un ensayo con arena y grava, el cual se define como la relación entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan están dentro de un recipiente de volumen conocido. Seguiremos las siguientes normas: NTP 400.017:2011, ASTM C-29.

1.2.3.4. Peso específico y absorción de agregado fino y grueso.

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a temperatura indicada. Absorción indica la cantidad de agua que puede penetrar en los poros permeables de los agregados en 24 horas, cuando estas se encuentran sumergidas en agua. Para este ensayo seguiremos las siguientes normas: NTP 400.021:2013, NTP 400.022:2013.

1.2.3.5. Asentamiento.

Es una medida de la consistencia del concreto, que se refiere al grado de humedad de la mezcla. Consiste en colocar una muestra de hormigón recién mezclado (se compacta por varillado) dentro de un molde en forma de cono truncado, el molde se levanta, y se deja que el hormigón se desplome, permitiendo medir la trabajabilidad y la consistencia del concreto no endurecido. Este ensayo está certificado por la norma NTP 339.035:2009.

1.2.3.6. Resistencia a la compresión.

Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa. Las muestras de concreto a ser utilizadas en la preparación de las probetas cilíndricas que serán empleadas en los ensayos de resistencia en compresión, se tomarán de acuerdo al procedimiento indicado en la Norma ASTM C39. Las probetas serán moldeadas de acuerdo a la Norma NTP 339.034:2001.

1.2.3.7. Resistencia a la Flexión.

La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio). En este ensayo seguiremos la Norma NTP 339.078:2012.

1.3. Definición de términos Básicos.

1.3.1. Análisis Granulométrico.

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

1.3.2. Agregado grueso.

El agregado grueso es retenido en el tamiz normalizado N°4, proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037.

1.3.3. Agregado fino.

Es aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasa al Tamiz 3/8" y que se cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037.

1.3.4. Agua.

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.008 y ser de preferencia, potable.

1.3.5. Cemento.

Es un aglomerante que absorbe agua. Es un material pulverizado resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcilla, que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherente.

1.3.6. Ceniza de la Cascarilla del arroz.

Producto obtenido de la calcinación de la cascarilla del arroz, puede ser de manera industrial o artesanal.

1.3.7. Consistencia.

Es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ellos que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

1.3.8. Concreto.

Es un material heterogéneo, el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua, y agregados fino y grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo.

1.3.9. Concreto Endurecido.

Etapa final del concreto después del fraguado en la que ya alcanza los niveles deseado de resistencia.

1.3.10 Concreto Freso.

Etapa inicial del concreto después del vaciado y hasta antes del fraguado, donde el concreto es manejable y trabajable.

1.3.11. Curado de concreto.

Proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto. En el concreto recién colado se pierde mucha agua por evaporación, y la hidratación se interrumpe, por tal motivo se procede al curado del concreto de esa manera se desarrollen las propiedades deseadas.

1.3.12. Diseño de Mezcla.

Es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de trabajabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse.

1.3.13. Fraguado.

Proceso de una mezcla de concreto o mortero y agua como elementos constituyentes de un concreto, que da lugar a un proceso exotérmico de endurecimiento progresivo de la pasta, para alcanzar progresivamente la resistencia de diseño.

1.3.14. Resistencia.

Es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales, Herramientas y Equipos.

2.1.1. Materiales.

- Agregados de la cantera “Gatica Perú.”
- Agua Potable.
- Cemento Pacasmayo Tipo I.
- Ceniza de la Cascarilla de Arroz.

2.1.2. Herramientas.

- Baldes de Plástico.
- Cesta de Alambre.
- Comba de Goma.
- Cono de Abrams.
- Cucharón de Aluminio.
- Cucharón de Hierro Galvanizado.
- Envases de Aluminio.
- Embudo Plástico.
- Molde de Probetas Plásticas Cilíndricas.
- Moldes de Viga de Acero 15cm x 15cm x 53cm.
- Picnómetro 500gr.
- Placas de Apoyo Equipo de Flexión.
- Probetas PVC 15cm x 30cm.
- Regla.
- Tamices ASTM (1”, ¾”, ½”, 3/8”, #4, #8, #16, #30, #50, #100)
- Termómetro.
- Varilla de acero de compactación.

2.1.3. Equipos.

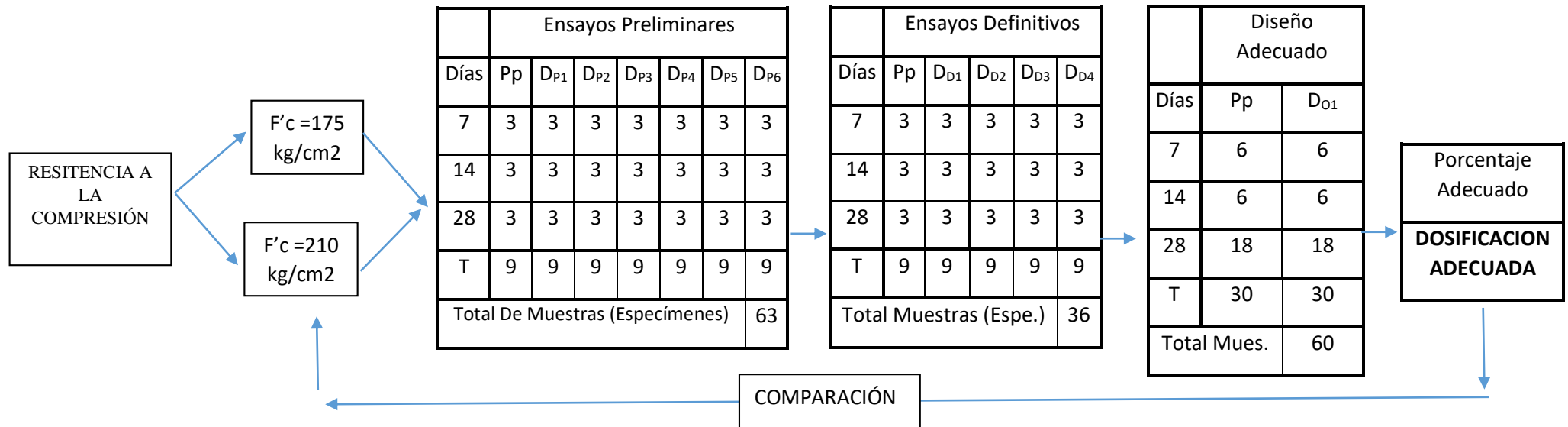
- Balanzas Eléctricas.
- Compresora de aire.
- Horno eléctrico.
- Maquina automática de Compresión.
- Maquina Mezcladora de Concreto.
- Olla Eléctrica.

2.2. Metodología.

2.2.1. Tipo y nivel de Investigación.

La presente investigación es el tipo experimental, la cual (Niño Rojas, 2011) lo explica en “someter un objeto en estudio a la influencia de ciertas variables, en condiciones controladas y conocidas por el investigador, para observar los resultados que la variable produce en el objeto.”

2.2.2. Diseño de Investigación.

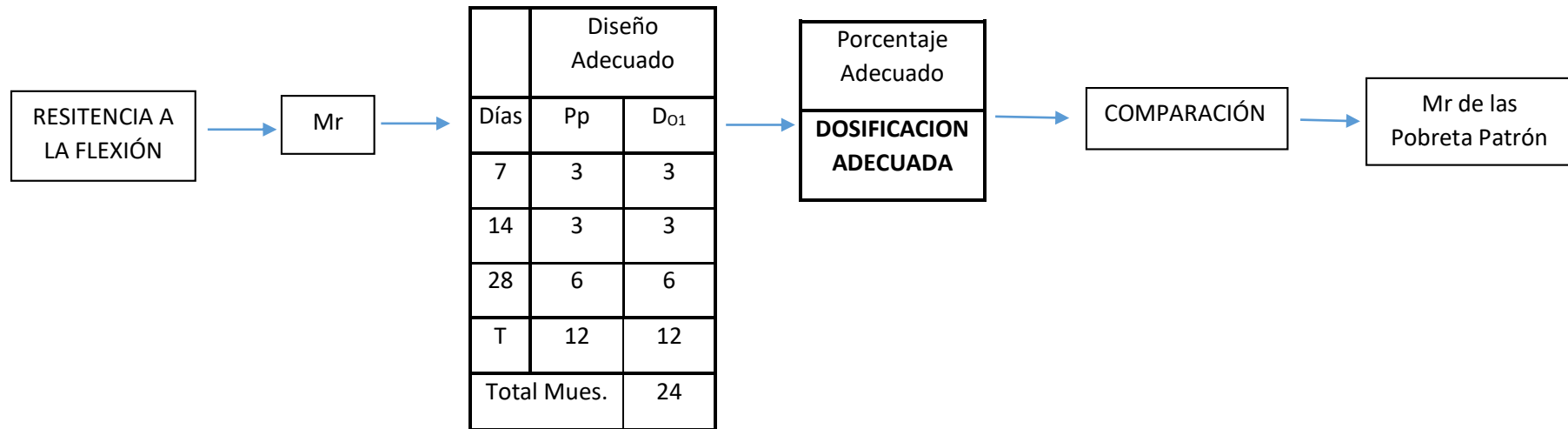


Donde: Pp: Pobreta Patrón.

DP₁, DP₂, DP₃, DP₄, DP₅, DP₆: Dosificaciones con porcentajes de 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% de adición de ceniza de cascarilla de arroz en los Ensayos Preliminares.

D_{D1} , D_{D2} , D_{D3} , D_{D4} : Dosificaciones con porcentajes de 2%, 4% y 6% adición de ceniza de cascarilla de arroz en los Definitivos.

D_{O1} : Dosificación adecuada comparada con las resistencias de diseño.



Donde: Pp: Pobreta Patrón.

D_{O1} : Dosificación adecuada comparada con las resistencias a flexión de las probetas patrón.

2.2.3. Variables y Operacionalización de variables.

2.2.3.1. Sistema de Variables.

2.2.3.1.1. Variable independiente.

V_1 : Ceniza de la cascarilla de arroz

2.2.3.1.2. Variable dependiente.

V_2 : Resistencia a la compresión del concreto.

V_3 : Resistencia a la flexión del concreto.

2.2.3.2. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Ceniza de la cascarilla de arroz.	Cantidad de material puzolánicas producto de la calcinación de la cascarilla de arroz, que tiene un alto contenido de sílice; y que en varias dosificaciones se usan para cumplir la resistencia dada del concreto.	Un proceso que involucra al ser mezclado con el cemento portland para producir una elevada resistencia a la compresión en morteros y concretos, haciendo factible la reducción de las relaciones agua/cemento. (Avalos Esquivel & Saldaño Costa, 2012)	Porcentaje de adición de ceniza la cascarilla de arroz.	2% 4% 6%	Porcentaje en relación al peso del cemento. (Kg)
Resistencia a la compresión del concreto.	La capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.	Determinación de la calidad del concreto 175 Kg/cm ² y 210 Kg/cm ² , evaluados en fresco y endurecido.	Calidad en Fresco.	Asentamiento.	Pulgadas.
			Calidad endurecida.	Compresión. (F'c)	Kg/cm ² .
Resistencia a la flexión del concreto.	(Rivera L.) indica que “la resistencia a la flexión de un concreto es baja en comparación con su resistencia a la compresión, pero muy superior a su resistencia en tracción pura.” (pág. 133)	El módulo de rotura presenta valores que varían entre un 10% y un 20% de la resistencia a la compresión.	Calidad en Fresco.	Asentamiento.	Pulgadas.
			Calidad endurecida.	Módulo de Rotura. (Mr)	Kg/cm ² .

2.3. Características físicas de los agregados.

Se presentan las especificaciones y ensayos que exigen la Norma Técnica Peruana para el uso de los agregados en la elaboración del concreto.

Los agregados utilizados para el desarrollo de la investigación, se obtuvieron de la cantera “Gatica Perú”, ubicada en la carretera Santa Rosa de Cumbaza, a la espalda de la pista del Aeropuerto “Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes – Tarapoto.”

En la cantera, se acopia agregado fino proveniente del Rio Cumbaza, y el para el agregado grueso del Rio Huallaga.



Figura 10. Ubicación de cantera de los Agregados. Cantera “Gatica Perú” (Fuente: Google Earth)

2.3.1. Agregado grueso.

2.3.1.1. Granulometría. (NTP 400.012:2013)

- La muestra se secó a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Se seleccionó tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida, estas fueron: 1”, 3/4”, 1/2”, 3/8”, #4.
- Se encajó los tamices de forma decreciente desde la tapa hasta el fondo donde se colocó la muestra sobre el tamiz superior (1”).

- Sostuvimos en una posición ligeramente inclinada el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado, luego agitamos los tamices manualmente por un periodo suficiente.
- Si en el transcurso de 1 minuto no pasaba más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, la operación de tamizado se daba por concluida.

2.3.1.2. Tamaño máximo. (NTP 339.047:2006)

El Tamaño Máximo del agregado es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

- En este caso el Tamaño Máximo del agregado es 1”

2.3.1.3. Tamaño máximo nominal. (NTP 339.047:2006)

El tamaño Máximo Nominal del agregado es que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

- En este caso el Tamaño Máximo Nominal del agregado es de 3/4”.

2.3.1.4. Contenido de humedad del agregado grueso. (NTP 339.185:2013)

- Iniciamos registrando el peso del recipiente limpio y seco.
- Luego se seleccionó la muestra de agregado húmedo para colocar en el recipiente y se registró ese peso, inmediatamente después se colocó en el horno por 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Finalmente se registró el peso del recipiente con la mezcla seca determinando la cantidad de agua evaporada.
- Calculamos el contenido de humedad total evaporable de la siguiente manera:

$$P\% = \left(\frac{W - D}{D} \right) \times 100$$

Donde:

P: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje. (%)

W: Peso de la muestra húmeda original en gramos. (gr)

D: Peso de la muestra seca en gramos. (gr)

2.3.1.5. Peso específico y absorción del agregado grueso. (NTP 400.021:2002)

- Se lavó completamente la muestra para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales, luego se secó al horno durante 24 horas a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se sacó la muestra del horno y se dejó enfriar a una temperatura que sea cómodo al tacto. Luego se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un periodo de 24 horas.
- Se separó la muestra del agua, luego se secó el material sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda.
- Se tuvo cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie, y luego se pesó la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.
- Luego de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso sumergida en el agua.
- Se colocó al horno la muestra por 24 horas y posteriormente se pesó la muestra.
- Mediante las siguientes formulas expresamos los resultados:

$$P_{em} = \frac{A}{B - C} \times 100$$

$$P_{eSSS} = \frac{B}{B - C} \times 100$$

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C} \times 100$$

$$Ab(\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

P_{em} : Peso Específico de masa. (gr/cc)

P_{eSSS} : Peso Específico de masa saturada con superficie seca. (gr/cc)

P_{ea} : Peso Específico aparente. (gr/cc)

Ab : Absorción. (%)

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

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, (*gr*)

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

2.3.1.6. Peso unitario suelto del agregado grueso. (NTP 400.017:2011)

- Se determinó el peso y volumen del molde cilíndrico, siendo 5,155 kg y 0.0095 m³ respectivamente.
- Se colocó la muestra sin compactar dentro del molde cilíndrico.
- Una vez que estuvo el molde cilíndrico lleno, se enrasó la superficie usando la varilla de acero.
- Posteriormente pesamos el molde con la muestra de piedra.
- Se obtiene los resultados mediante la siguiente formula.

$$P.U.S = \frac{W_s}{V}$$

Donde:

P.U. S : Peso Unitario Suelto. (*kg/cm³*)

W_s : Peso del Material Suelto. (*kg*)

V : Volumen del molde. (*cm³*)

2.3.1.7. Peso unitario compactado del agregado grueso. (NTP 400.017:2011)

- Se determinó el peso y volumen del molde cilíndrico, siendo 5,155 kg y 0.0095 m³ respectivamente.
- Luego se procedió a llenar el molde cilíndrico con la muestra a un tercio del total y nivelamos la superficie con los dedos. Seguidamente con la varilla de acero de Ø5/8'' se procedió a golpear 25 veces en forma helicoidal la muestra.
- Posteriormente se agregó la muestra a dos tercios del molde cilíndrico. Y seguimos el procedimiento de los 25 golpes. Luego se agregó la muestra hasta pasar un poco el molde cilíndrico y se repitió el proceso de los 25 golpes.
- Después con la varilla de acero se procedió a enrasar hasta quedar a nivel del molde.
- Finalmente se pesó el molde con la muestra compactada.

- Se obtiene los resultados mediante la siguiente formula.

$$P. U. C = \frac{W_c}{V}$$

Donde:

P.U. C : Peso Unitario Compactado. (kg/cm^3)

Wc : Peso del Material compactado. (kg)

V : Volumen del molde. (cm^3)

2.3.2. Agregado fino.

2.3.2.1. Granulometría. (NTP 400.012:2013)

- Se secó la muestra a una temperatura de $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$ durante 24 horas.
- Se seleccionó tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida, estas fueron: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.
- Se encajó los tamices de forma decreciente desde la tapa hasta el fondo donde se colocó la muestra sobre el tamiz superior (3/8").
- Sostuvimos en una posición ligeramente inclinada el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado, luego agitamos los tamices manualmente por un periodo suficiente.
- Si en el transcurso de 1 minuto no pasaba más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, la operación de tamizado se daba por concluida.

2.3.2.2. Módulo de finura. (NTP 400.011:2013)

El módulo de finura es un factor que se obtiene por la suma de los porcentajes retenidos acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada (Tamices: 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 Y N°100) y dividido por 100. Este módulo de finura es un índice de la fineza del agregado, cuanto mayor sea el índice, más grueso será el agregado.

El Módulo de Finura se calcula así:

$$MF = \frac{\sum \% \text{acumulado retenidos (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 Y N°100)}}{100}$$

Siguiendo la Norma ASTM C33 y NTP 400.037, que dice que el módulo de finura del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de

las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor de módulo de finura este entre 2.30 y 3.1.

Por estas razones se procedió a combinar el agregado fino del Cumbaza con agregado fino triturado que proveniente de la trituración de hormigón en la máquina chancadora de $\frac{3}{4}$, para poder cumplir con la norma establecida.

2.3.2.3. Granulometría de agregado fino triturado. (NTP 400.012:2013)

Se siguieron los mismos pasos para el procedimiento que se detalló en el punto 2.3.2.1.

2.3.2.4. Módulo de Finura de agregado fino triturado. (NTP 400.011:2013)

Se siguieron los mismos pasos para el procedimiento que se detalló en el punto 2.3.2.2.

2.3.2.5. Combinación del agregado fino y agregado fino triturado.

Determinar la proporción de mezclas de dos materiales para cumplir una cierta gradación indicada en los requisitos de la norma

-Ambas arenas, individualmente no satisfacen los requisitos, por lo que se mezcló intentando encontrar las proporciones adecuadas, para entrar dentro de los requisitos.

-Teniendo los datos de MF_A (módulo de finura del primer A.G) y MF_B (módulo de finura del segundo A.F) y queriendo obtener de la combinación un Módulo de Finura de la mezcla de (2.30<X<3.10) se procede a usar esta fórmula.

$$P_A = \frac{MF_{MEZCLA} - MF_B}{MF_A - MF_B} \times 100$$

Donde:

P_A : Porcentaje de material que tiene que usarse en la mezcla.

MF_{MEZCLA} : Módulo de finura de la mezcla de agregados.

MF_A : Módulo de Finura de arena fina.

MF_B : Módulo de Finura de agregado fino triturado.

El módulo de finura del agregado fino se obtuvo: 2.00

El módulo de finura del agregado fino triturado se obtuvo: 2.77

El módulo de finura requerido es: 2.40

Para lo cual se obtuvo esta proporción:

$$P_A = \frac{2.40 - 2.79}{2.00 - 2.79} \times 100 = 48\%$$

$$P_B = 100 - P_A = 52\%$$

Tabla 11

Porcentaje de proporción de agregado fino en la mezcla de Concreto.

Agregado	Porcentaje en la mezcla
Agregado Fino	48%
Agregado Fino Triturado	52%

Fuente: Elaboración propia

Con estas proporciones se encontró la mezcla adecuada de estos dos agregados, para la formación de un agregado fino que cumpla la Norma ASTM C33, por lo que, a partir de este punto, en la investigación el agregado fino será:

$$A.F = (48\% \text{arena fina}) + (52\% \text{agregado fino triturado})$$

2.3.2.6. Módulo de finura del agregado fino (NTP 400.011:2013)

Se siguieron los mismos pasos para el procedimiento que se detalló en el punto 2.3.2.2.

2.3.2.7. Contenido de humedad del agregado fino. (NTP 339.185:2013)

- Iniciamos registrando el peso del recipiente limpio y seco.
- Luego se seleccionó la muestra de agregado húmedo para colocar en el recipiente y se registró ese peso, inmediatamente después se colocó en el horno por 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Finalmente se registró el peso del recipiente con la mezcla seca determinando la cantidad de agua evaporada.
- Calculamos el contenido de humedad total evaporable de la siguiente manera:

$$P\% = \left(\frac{W - D}{D} \right) \times 100$$

Donde:

P: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje. (%)

W: Peso de la muestra húmeda original en gramos. (*gr*)

D: Peso de la muestra seca en gramos. (*gr*)

2.3.2.8. Peso específico y absorción del agregado fino. (NTP 400.022:2013)

- Se secó durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Luego dejar enfriar a una temperatura cómoda al tacto.
- Luego se saturó la muestra con agua y se dejó reposar durante 24 horas.
- Al día siguiente se decantó el exceso de agua de la muestra cuidando evitar pérdidas de finos.
- Extendimos la muestra en una superficie plana para un secado natural expuesta al aire y moviéndola para garantizar el secado homogéneo.
- Se colocó una cantidad de agregado en un molde cónico con el diámetro mayor hacia abajo, hasta llenarlo al tope y se procedió a compactar el agregado fino en el molde con 25 golpes suaves con el pisón metálico, se retiró el cono verticalmente, si el agregado fino conservara la forma moldeada, la humedad de la superficie está todavía presente; pero si la muestra se deshace levemente, indica que se ha llegado a un estado de superficie seca. Lo que sucedió fue la segunda. Entonces, se seleccionó 500 g de muestra.
- Se pesó el picnómetro de 500 cm^3 cuando se encontraba vacío.
- Luego se llenó el picnómetro con la muestra de la arena y se tomó su peso.
- Se introdujo agua hasta la tercera parte de la capacidad del envase, y se procedió a eliminar las burbujas de aire moviendo el envase en su eje durante 15 min.
- Se repitió dos veces más la anterior acción de eliminar aire en la mezcla, con dos tercios y la otra con la capacidad llena del envase.
- Se procedió a pesar el total del picnómetro, agregado fino y agua. Y medimos la temperatura de la muestra.
- Se retiró la muestra en un recipiente de peso conocido, y se secó en el horno para posteriormente pesarlo.
- Se obtuvieron los resultados con las siguientes formulas.

$$Pe.m = \frac{W_0}{V - V_a} \quad (\text{gr}/\text{cm}^3)$$

$$Pe.s = \frac{500}{V - V_a} \quad (\text{gr}/\text{cm}^3)$$

$$Pe.a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \quad (gr/cm^3)$$

$$Ab = \frac{500 - W_0}{W_0}$$

Donde:

Pe.m: Peso Específico de masa. (*gr/cc*)

Pe. s: Peso Específico de masa superficialmente seco. (*gr/cc*)

Pe.a: Peso Específico aparente. (*gr/cc*)

Ab: Absorción. (%)

W_0 : Peso en el aire de la muestra secada. (*gr*)

V: Volumen del frasco. (*cc*)

V_a : Peso del agua añadida al frasco. (*gr*)

2.3.2.9. Peso unitario suelto del agregado fino. (NTP 400.017:2011)

- Se determinó el peso y volumen del molde cilíndrico, siendo 1.700 kg y 0.0028 m³ respectivamente.
- Se colocó la muestra sin compactar dentro del molde cilíndrico.
- Una vez que estuvo el molde cilíndrico lleno, se enrasó la superficie usando la varilla de acero.
- Posteriormente pesamos el molde con la muestra de arena.
- Se obtiene los resultados mediante la siguiente fórmula.

$$P.U.S = \frac{W_s}{V} \quad (kg/m^3)$$

Donde:

P.U. S : Peso Unitario Suelto. (*kg/m³*)

W_s : Peso del Material suelto. (*kg*)

V : Volumen del molde. (*m³*)

2.3.2.10. Peso unitario compactado del agregado fino. (NTP 400.017:2011)

- Se determinó el peso y volumen del molde cilíndrico, siendo 1.700 kg y 0.0028 m³ respectivamente.
- Luego se procedió a llenar el molde cilíndrico con la muestra a un tercio del total y nivelamos la superficie con los dedos. Seguidamente con la varilla de acero de Ø5/8'' se procedió a golpear 25 veces en forma helicoidal la muestra.
- Posteriormente se agregó la muestra a dos tercios del molde cilíndrico. Y seguimos el procedimiento de los 25 golpes. Luego se agregó la muestra hasta pasar un poco el molde cilíndrico y se repitió el proceso de los 25 golpes.
- Después con la varilla de acero se procedió a enrasar hasta quedar a nivel del molde.
- Finalmente se pesó el molde con la muestra compactada.
- Se obtiene los resultados mediante la siguiente fórmula.

$$P. U. C = \frac{W_c}{V} \quad (kg/m^3)$$

Donde:

P.U. C : Peso Unitario Compactado (kg/m^3)

Wc : Peso del Material compactado (kg)

V : Volumen del molde (m^3)

2.4. Ceniza de Cascarilla de Arroz.

2.4.1. Ceniza de cascarilla de arroz utilizado en la investigación.

En la presente investigación, la utilización de la ceniza de cascarilla de arroz se llevó con ceniza que fue calcinada en la piladora "Santa Clara", ubicada en la Carretera Fernando Belaunde Terry km 10.5 (Tarapoto – Cacatachi).

La ceniza de cascarilla de arroz fue tomada a lo natural, y utilizada sin ningún tratamiento, pues la actividad de combustión controlada implica un proceso de industrialización de la ceniza de la cascarilla de arroz, y acarrearía un costo adicional al concreto en las construcciones y obras.

2.4.2. Recojo de Muestras.

Se procedió al recojo de muestra de la cascarilla de arroz en la piladora “Santa Clara” ubicado en la Carretera Fernando Belaunde Terry km 10.5 (Tarapoto – Cacatachi).

La piladora “Santa Clara” acopia la ceniza de la cascarilla de arroz en la parte posterior, donde se encontraba la cantera para nuestra investigación.

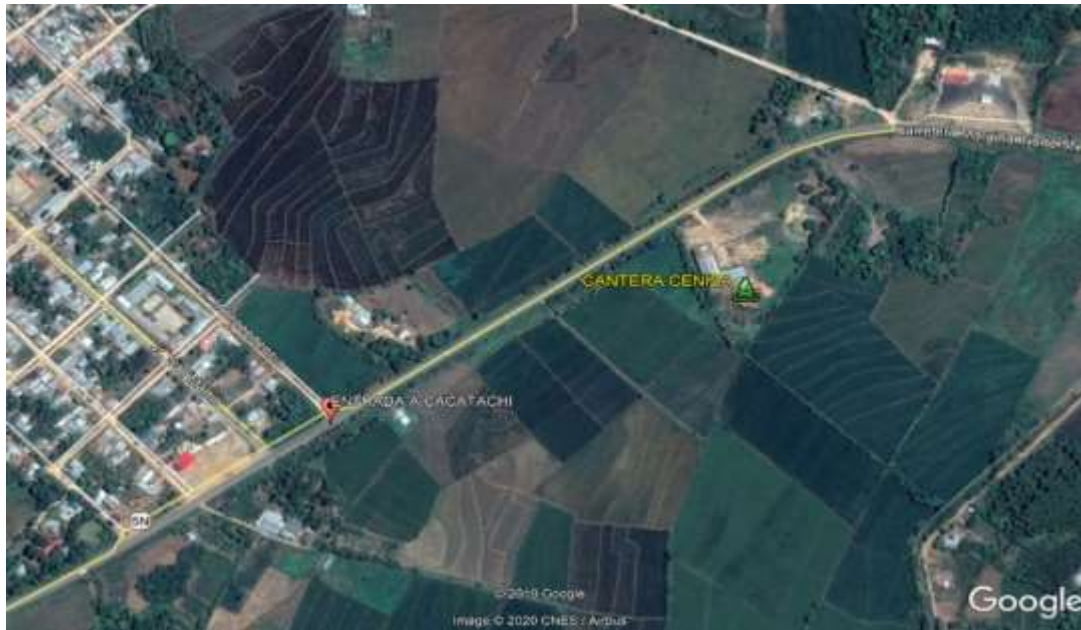


Figura 11. Ubicación de cantera de la Ceniza de la Cascarilla de Arroz. Molino “Santa Clara” - Cacatachi (Fuente: Google Earth)

2.5. Diseño de mezcla de concreto.

El diseño de mezcla determina las cantidades de materiales para la elaboración del concreto, la cual se obtuvo siguiendo las recomendaciones de la norma ACI 211.1. y del Ing. Enrique Rivva López en su libro del ICG “Diseño de Mezcla - Concreto – Tomo 2.”

2.5.1. Selección de la Resistencia Promedio.

Se seleccionó usando la Tabla 12.

Tabla 12

Resistencia Requerida.

Resistencia Especificada F'_c	Resistencia Promedio F'_{cr}
Menos de 210 kg/cm ²	$F'_{cr} = F'_c + 70$
Entre 210 y 350 kg/cm ²	$F'_{cr} = F'_c + 85$
Más de 350 kg/cm ²	$F'_{cr} = F'_c + 98$

Fuente: Diseño de mezclas-Enrique Riva López

2.5.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado.

“El concreto deberá ser colocado sin dificultad en los encofrados y que, (...) no deberán quedar espacios vacíos ni cangrejas.” (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 54)

En este caso el Tamaño Máximo Nominal del agregado fue de 3/4”.

2.5.3. Selección del Asentamiento.

Se desea un concreto que, en estado fresco, su consistencia presente una mezcla plástica.

Para la presente tesis se consideró un asentamiento de 3” a 4”.

2.5.4. Selección de Volumen Unitario del Agua de Diseño.

Con la selección del Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso y el asentamiento del concreto, ingresamos esos datos a la Tabla 13, y obtuvimos el volumen unitario de agua.

Tabla 13

Volumen Unitario de Agua (l/m³)

Asentamiento	Tamaño Máximo Nominal							
	3/8”	1/2”	3/4”	1”	1 1/2”	2”	3”	6”
Concretos sin aire incorporado								
1” a 2”	207	199	190	179	166	154	130	113
3” a 4”	228	216	205	193	181	169	145	124
6” a 7”	243	228	216	202	190	178	160	-
Concretos con aire incorporado								
1” a 2”	181	175	168	160	150	142	122	107
3” a 4”	202	193	184	175	165	157	133	119
6” a 7”	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: Diseño de mezclas-Enrique Riva López

2.5.5. Selección del Contenido de Aire.

Con la Tabla 14, se seleccionó el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado para diferentes tamaños máximos nominales.

Tabla 14*Contenido de Aire Atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

Fuente: Diseño de mezclas-Enrique Riva López

2.5.6. Relación agua/cemento.

La relación agua/cemento se obtuvo con la Tabla 15, por recomendaciones del ACI.

Tabla 15*Relación Agua/Cemento.*

F'cr (28 días)	Relación agua/cemento por Resistencia	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	----
450	0.38	----

Fuente: Diseño de mezclas-Enrique Riva López.

Si el F'_{cr} no se encuentra en la tabla es necesario interpolar los valores para hallar la relación.

2.5.7. Determinación del Factor Cemento

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua/cemento seleccionada, se puede determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante la división del volumen unitario de agua (l/m^3) entre la relación agua cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento por unidad cubica del concreto. Conociendo el valor del volumen unitario del agua y la relación agua/cemento, se obtuvo el factor cemento. (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 77)

$$C = \frac{V_a}{a/c} \quad (kg/m^3)$$

Donde:

C: Cantidad de cemento por m³ (kg/m³)

Va: Volumen de agua por m³ (l/m³)

a/c: Relación agua/cemento.

2.5.8. Determinación del contenido de agregado grueso en función del factor (b/b_o).

- Con los datos del tamaño máximo nominal del agregado y el módulo de finura del agregado fino, se ingresa a la Tabla 16, con la cual se obtuvo un coeficiente b/b_o.

Tabla 16

Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto.

TMN del Agregado Grueso	Factor b/b _o			
	Módulo de Finura del Agregado Fino 2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Diseño de mezclas-Enrique Riva López.

Si es necesario, se interpola los valores del módulo de finura para hallar el factor b/b_o.

- Calculado el factor (b/b_o), procedimos a hallar el peso del agregado grueso mediante la siguiente formula:

$$P = (b/b_o) \times P.U.C \quad (kg/m^3)$$

Donde:

P: Peso del agregado grueso por m³ (kg/m³)

(b/b_o): Factor Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

P.U.C: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso.

2.5.9. Determinación de los Volúmenes Absolutos.

Se calculó de la siguiente manera siguiendo la norma ACI 211.1.

$$- V_{\text{Agua}} = \frac{P_{\text{Agua}} (l/m^3)}{P.E_{\text{Agua}} \times 1000} \quad (m^3)$$

$$- V_{\text{Cemento}} = \frac{P_{\text{Cemento}} (kg/m^3)}{P.E_{\text{Cemento}} \times 1000} \quad (m^3)$$

$$- V_{\text{Agr. Grueso}} = \frac{P_{\text{Agr. Grueso}} (kg/m^3)}{P.E_{\text{Agr. Grueso}} \times 1000} \quad (m^3)$$

$$- V_{\text{Aire}} = \frac{\% \text{ Aire}}{100} \quad (m^3)$$

$$- \text{Suma de Volu. Conocidos} = V_{(\text{agua})} + V_{(\text{cemento})} + V_{(\text{agr. grueso})} + V_{(\text{aire})} \quad (m^3)$$

Dónde: P: Peso.

P. E: Peso Específico.

2.5.10. Determinación del Volumen Absoluto del Agregado Fino.

Para determinó el volumen de agregado fino usando la siguiente formula:

$$1 m^3 = V_{(\text{agua})} + V_{(\text{cemento})} + V_{(\text{agr. grueso})} + V_{(\text{agr. fino})}$$

$$V_{(\text{agr. fino})} = 1 m^3 - (V_{(\text{agua})} + V_{(\text{cemento})} + V_{(\text{agr. grueso})})$$

$$V_{(\text{agr. fino})} = 1 m^3 - V_{(\text{Suma de Volumen Conocidos})} \quad (m^3)$$

Para hallar su peso se usó la siguiente formula:

$$\text{Peso Arena} = V_{(\text{arena})} \times P.E_{\text{arena}} \times 1000 \quad (kg/m^3)$$

2.5.11 Determinación de los Valores de Diseño

Los materiales con sus respectivos valores de diseño.

$$- \text{Cemento} \quad (kg/m^3)$$

$$- \text{Agua de diseño} \quad (l/m^3)$$

$$- \text{Agregado Fino Seco} \quad (kg/m^3)$$

$$- \text{Agregado Grueso Seco} \quad (kg/m^3)$$

2.5.12 Corrección de los Valores de diseño por Humedad del agregado

Se usó las siguientes fórmulas para calcular los pesos húmedos de los agregados.

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Peso Humedo}} = \text{Peso Agr. Fino Seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{Contenido de Humedad}}{100}\right) \quad (\text{kg}/\text{m}^3)$$

$$\text{Agr. Grueso}_{\text{Peso Humedo}} = \text{Peso Agr. Grueso Seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{Contenido de Humedad}}{100}\right) \quad (\text{kg}/\text{m}^3)$$

2.5.13 Aporte de Agua Libre o Humedad Superficial de los Agregados

Se usó las siguientes fórmulas para calcular la Humedad Superficial:

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Humedad Superficial}} = \% \text{Contenido de Humedad A. F} - \% \text{Absorción A. F}$$

$$\text{Agr. Grueso}_{\text{Humedad Superficial}} = \% \text{Contenido de Humedad A. G} - \% \text{Absorción A. G}$$

Se usó las siguientes fórmulas para calcular el Aporte de Humedad de los Agregados

$$\text{Aporte de Humedad}_{\text{Agreg. Fino}} = \text{Agregado Fino Seco} \times \left(\frac{\% \text{Humedad Superficial A. F.}}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de Humedad}_{\text{Agreg. Grueso}} = \text{Agregado Grueso Seco} \times \left(\frac{\% \text{Humedad Superficial A. G.}}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de Humedad de los Agregados} = \text{Aporte de Humedad (A. F + A. G)}$$

2.5.14. Cálculo del Agua Efectiva.

Se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de Humedad de Agregados} \quad (\text{l}/\text{m}^3)$$

2.5.15. Valores de los pesos de Materiales, corregidos por Humedad del Agregado.

- Cemento (kg/m^3)
- Agua efectiva (l/m^3)
- Agregado Fino Húmedo (kg/m^3)
- Agregado Grueso Húmedo (kg/m^3)

2.5.16. Cálculo de proporciones en Peso.

Con los valores de los pesos de materiales corregidos se encontró la dosificación, mediante la división de los pesos de los materiales entre el peso del cemento.

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{A. Fino Húmedo}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{A. Grueso Húmedo}}{\text{Cemento}} / \frac{\text{Agua Efectiva}}{\text{Cemento}} * 42.50 / \text{Bolsa}$$

2.6. Mezcla de concreto con Ceniza de Cascarilla de Arroz.

A la mezcla de concreto se adicionó ceniza de la cascarilla de arroz, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Los pesos de los agregados finos y grueso, fueron las mismas calculados en el punto 2.5.12 del diseño de mezcla para los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=175\text{ kg/cm}^2$.
- La cantidad de agua, fue la misma determinada en el punto 2.5.14.
- La ceniza de la cascarilla de arroz fue tamizada en el Tamiz N°100, para eliminar material orgánico y que la muestra sea la más fina posible.
- La ceniza de la cascarilla de arroz se adicionó al cemento en el proceso de preparación de los materiales.

La adición de la ceniza de la cascarilla de arroz al concreto es un proceso donde no se contaba con mucha experiencia, y para tener una idea de cómo es su comportamiento dentro del concreto se realizó 6 combinaciones preliminares (1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15%) tomando como base los diseños patrones de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c=175\text{ kg/cm}^2$.

A partir de los primeros resultados se determinó un rango menor a 3 combinaciones para la elaboración de especímenes definitivos, las cuales fueron 2%, 4% y 6%.

Finalmente, para los ensayos de la resistencia a flexión, se eligió la combinación más adecuada.

2.7. Preparación y curado de probetas en laboratorio.

Se detalla procedimientos necesarios para preparar y curar probetas y vigas de concreto compactadas mediante varillado, basado en la norma, NTP 339.183:2013, que indica que “Usualmente tres o más especímenes deberán ser moldeados para cada edad y condiciones de prueba.”

2.7.1. Equipo necesario.

- Mezcladora Eléctrica: Debe ser accionada a motor y consta de un tambor giratorio, mezclador vertical o inclinado, debiendo ser capaz de mezclar completamente tandas de volúmenes especificados a los asentamientos requeridos.
- Moldes: Deben ser de acero, hierro forjado, PVC u otro material no absorbente y que no reaccione con el cemento. Antes de usarse los moldes deben ser cubiertos ligeramente con aceite mineral o un agente separador de encofrado no reactivo.
- Varilla: Debe ser de fierro liso diámetro 5/8”, de 60cm de largo y con una de sus extremos boleados.

- Mazo: Debe usarse un mazo de goma que pese entre 0.60 y 0.80 kg.
- Recipiente de muestreo: El recipiente debe ser una batea de lámina gruesa de metal, carretilla o un tablero plano, no absorbente, limpio.
- Equipo adicional: Badilejo y cucharón.

2.7.2. Mezclado de materiales (mezcladora eléctrica).

Se usó la mezcladora eléctrica del Laboratorio de Concreto de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Por cada utilización de la mezcladora se mezcló materiales para 3 probetas, siguiendo las dosificaciones indicadas anteriormente, y se siguió este proceso:

- Se humedeció y se limpió todos los equipos para que no absorba la humedad de los materiales y que perjudique el diseño de mezcla.
- Se puso en funcionamiento la mezcladora, después se colocó el 10% de la cantidad total del agua de mezcla, luego la mitad del total agregado grueso, seguidamente la mitad del cemento mezclado con la ceniza de la cascarilla de arroz, luego la mitad del total del agregado fino, dejando rotar dos minutos, y un minuto de descanso.
- Se repite el proceso anterior colocando el 45% de la cantidad total del agua de mezcla, además de la totalidad de los agregados y del cemento mezclado con la ceniza de la cascarilla de arroz, finalmente se introduce la cantidad de agua sobrante, dejando 2 min de rotación final de la mezcladora.
- Finalmente, se vació en el recipiente de muestreo para realizar la prueba de asentamiento.

2.7.3. Asentamiento.

El ensayo empleado fue el Método de Cono de Abrams, siguiendo la Noma NTP 339.035:2009, procedimiento que se detalla a continuación.

- Como herramientas se utilizó el cono de Abrams, varilla compactadora, recipiente de muestreo, chucharon, regla, los cuales fueron limpiados y humedecidos.
- Se colocó el cono de Abrams sobre el recipiente de muestreo firme y nivelado.

- Nos paramos sobre las aletas del cono de manera firme, luego se llena el molde con la muestra ya mezclada hasta la tercera parte del volumen del cono y usando la varilla se compactó con 25 golpes.
- Se repitió la acción anterior con las dos siguientes capas, a los dos tercios del volumen y el llenado al tope del cono, con su respectivo varillado de 25 veces cada capa.
- Se enrazó la superficie del cono con la varilla de acero, con acción de rodillo, luego dejamos de sostener las aletas del cono
- Levantamos con cuidado el cono hacia arriba, tratando que no se mueva la muestra.
- Una vez retirado el cono, le colocamos al revés, y se puso la varilla en manera horizontal sobre el cono volteado.
- Por último, se tomó la medida de la distancia vertical entre la parte superior del cono y el centro de la muestra.

2.7.4. Muestreo y número de especímenes.

Siguiendo la NTP 339.183:2013, donde la cual indica que:

“El número de especímenes y el número de tandas de prueba dependerán del ensayo establecido y la naturaleza del programa de ensayos. (...) Usualmente tres o más especímenes deberán ser moldeados para cada edad y condiciones de prueba a menos que se especifique lo contrario”. (pág. 11)

Para los ensayos de resistencia a la compresión preliminares y definitivos se realizó 3 probetas para cada edad de 7, 14 y 28 días, por cada dosificación. Y para los ensayos con el porcentaje adecuado se realizó 6 probetas para las edades de 7 y 14 días, y 18 probetas para la edad de 28 días, para cada dosificación.

Para el ensayo de resistencia a la flexión se realizó 3 especímenes para las edades de 7 y 14 días, y 6 especímenes para la edad de 28 días, tanto para el diseño patrón y con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Tabla 17*Número de Especímenes – Ensayo Resistencia a la Compresión del concreto*

Ensayo	Dosificación	Numero de Probetas por Edad			Total
		7	14	28	
Preliminar	Patrón (0%)	3	3	3	9
Preliminar	1%	3	3	3	9
Preliminar	3%	3	3	3	9
Preliminar	6%	3	3	3	9
Preliminar	9%	3	3	3	9
Preliminar	12%	3	3	3	9
Preliminar	15%	3	3	3	9
Definitivo	Patrón (0%)	3	3	3	9
Definitivo	2%	3	3	3	9
Definitivo	4%	3	3	3	9
Definitivo	6%	3	3	3	9
Porcentaje Adecuado	Patrón (0%)	6	6	18	30
Porcentaje Adecuado	2%	6	6	18	30
TOTAL DE ESPECÍMENES POR DISEÑO PATRON					159

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18*Número de Especímenes – Ensayo Resistencia a la Flexión del concreto*

Ensayo	Dosificación	Numero de Especímenes por Edad			Total
		7	14	28	
Porcentaje Adecuado	Patrón (0%)	3	3	6	12
Porcentaje Adecuado	2%	3	3	6	12
TOTAL DE ESPECÍMENES POR DISEÑO PATRON					24

Fuente: Elaboración propia

2.7.5. Preparación de probetas de concreto.

- Para el ensayo de la resistencia a compresión se usó probetas cilíndricas de material de PVC de dimensión de 6x12 pulgadas.
- Para el ensayo de la resistencia a flexión se usó moldes prismáticos de acero de dimensión de 53x15x15 cm.

- Se colocó el concreto en el molde utilizando un cucharón, y en tres capas de igual volumen, se varilló cada capa con 25 golpes. La primera capa se varilló en toda su profundidad. Se distribuyó los golpes uniformemente sobre la sección del molde y en cada capa superior la varilla penetró hasta 1” en la capa anterior.
- Después de que cada capa fue varillada, se golpeó los lados suavemente de 10 a 15 veces con el martillo de goma para cerrar cualquier espacio vacío producido por el varillado.
- Se enrazó con la varilla la superficie del concreto, y se remató con una plancha metálica para dar un mejor acabado en la sección superior, tanto en las probetas y vigas prismáticas.
- Después de 24 horas, se procedió al desmolde de los especímenes, para las probetas se retiraron los moldes usando la compresora de aire del laboratorio de concreto, y para las vigas prismáticas se retiró los pernos que aseguraban al molde, y se marcó cada espécimen para su identificación.
- Finalmente se procedió al curado de las muestras, colocándolas en el tanque de almacenamiento de agua del laboratorio de concreto, cubiertas en su totalidad por agua, hasta que se den las pruebas de resistencia a compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días. Se pesó los moldes después del curado.

2.7.6. Resistencia por compresión.

Se siguió las recomendaciones de la NTP 339.034:201.

Los ensayos se realizaron con los testigos cilíndricos a las edades de 7, 14 y 28 días.

Las probetas fueron colocadas en la maquina automática de compresión, y se aplicó la carga de forma continua.

La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por la división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

$$f'c = \frac{4 * P}{\pi * D^2}$$

Donde:

F'c: Resistencia a la compresión. (kg/cm²)

P: Carga de rotura. (kg)

D: Diámetro de la probeta cilíndrica. (cm)

La desviación estándar se calcula así:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(f'c - f'cp)^2}{N - 1}}$$

Donde:

σ : Desviación estándar. (kg/cm²)

F'c: Resistencia a la compresión. (kg/cm²)

F'cp: Resistencia a la compresión promedio. (kg/cm²)

N: Número de datos.

El coeficiente de variación se calcula así:

$$CV(\%) = \frac{\sigma}{f'cp} * 100$$

Donde: CV (%): Coeficiente de variación en porcentaje

2.7.7. Resistencia por flexión.

Se siguió las recomendaciones de la NTP 339.078:2012

Los ensayos se realizaron con las vigas primaticas a las edades de 7, 14 y 28 días.

La viga prismática se colocó sobre la placa de apoyo, tratando que esté centrada con sus ejes de apoyo, luego se los puso dentro de la maquina automática de compresión, y se aplicó la carga continua al aparato de carga.

Se realizó las medidas en una de las caras fracturadas:

Para el ancho promedio se calculó con tres medidas: base superior, centro e inferior.

Para la altura promedio se calculó con tres medidas: profundidad izquierda, centro y derecha

Como la falla ocurrió dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$M_r = \frac{P * L}{b * h^2}$$

Donde:

M_r : Módulo de rotura, en Mpa

P : Carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N

L : Luz Libre entre apoyos, en mm

b : Ancho Promedio de la viga en la sección de falla, en mm

h : Altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm

La desviación estándar se calcula así:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(f'c - f'cp)^2}{N - 1}}$$

Donde:

σ : Desviación estándar (kg/cm²)

$F'c$: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

$F'cp$: Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)

N : Número de datos

El coeficiente de variación se calcula así:

$$CV(\%) = \frac{\sigma}{f'cp} * 100$$

Donde:

$CV(\%)$: Coeficiente de variación en porcentaje

σ : Desviación estándar (kg/cm²)

$F'cp$: Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de las propiedades físicas de los agregados.

3.1.1. Características físicas del agregado Grueso.

En la Tabla 19, se presentan las características físicas del agregado grueso de la cantera “Gatica Perú” proveniente del río Huallaga, determinadas en el laboratorio. Los cálculos desarrollados se detallan en el Anexo A.

Tabla 19

Propiedades Físicas del Agregado Grueso.

AGREGADO GRUESO	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Peso Específico	2.68 gr/cc
Peso Unitario Suelto	1388.00 Kg/cm ³
Peso Unitario Compactado	1429.00 Kg/cm ³
Contenido de Humedad	0.55 %
Absorción	0.82 %

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Características físicas del agregado Fino.

En las Tablas 21, se presentan las características físicas del agregado fino de la cantera “Gatica Perú” proveniente del río Cumbaza, determinadas en el laboratorio. Los cálculos desarrollados se detallan en el Anexo A.

Tabla 20

Propiedades Físicas del Agregado Fino.

AGREGADO FINO	
Peso Específico	2.55 gr/cc
Peso Unitario Suelto	1.27 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1.37 Kg/m ³
Módulo de Finura	2.53
Contenido de Humedad	2.58 %
Absorción	2.04 %

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Resultado del diseño de mezcla.

3.2.1. Proporciones de materiales por m³.

El diseño de mezcla se realizó de acuerdo al Método de Diseño del Comité 211 del ACI, y los resultados se muestra en la Tabla 21. Los cálculos detallados se encuentran en el Anexo B.

Tabla 21

Diseño efectivo.

PROPORCIONES DE MATERIALES POR M3		
Materiales	F'c= 175 kg/cm ²	F'c= 210 kg/cm ²
Cemento	325.40 Kg/m ³	353.45 Kg/m ³
Agregado Fino	851.14 Kg/m ³	827.54 Kg/m ³
Agregado Grueso	929.65 Kg/m ³	929.65 Kg/m ³
Agua	203.02 lt/m ³	203.14 lt/m ³

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Dosificación.

Tabla 22

Dosificación.

DISEÑO DE MEZCLA (DOSIFICACION POR VOLUMEN PIE CÚBICO)		
Materiales	F'c= 175 kg/cm ²	F'c= 210 kg/cm ²
Cemento	1	1
Agregado Fino	2.99	2.68
Agregado Grueso	3.05	2.80
Agua	26.52 Lt	24.43 Lt

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Resultados de ensayos a los especímenes de concreto.

3.3.1. Ensayos de la resistencia a compresión del concreto.

3.3.1.1. Ensayos preliminares.

Se realizaron ensayos preliminares para tener un conocimiento de la acción de la ceniza de la cascarilla de arroz dentro del concreto. Se procedió a tener pruebas de probetas patrón, y con seis porcentajes de adición de ceniza de la cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15%.

3.3.1.1.1. Resultados de especímenes de concreto sin adición de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto sin adición de cascarilla de arroz se denominó como probetas patrón, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para $f'c=175$ kg/cm² y $f'c=210$ kg/cm², cuyos resultados se presentan en las Tablas 03.5 y 03.6 respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 23

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm² y asentamiento Probetas Patrón. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175$ KG/CM² DE LAS PROBETAS PATRÓN					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	126.55	72.32	3.5
14	23/05/19	3	157.95	90.26	3.5
28	06/06/19	3	174.80	99.89	3.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm² y asentamiento Probetas Patrón. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210$ KG/CM² DE LAS PROBETAS PATRÓN					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	157.55	75.02	3.5
14	23/05/19	3	190.46	90.69	3.5
28	06/06/19	3	210.19	100.09	3.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1.2. Resultados de especímenes de concreto con adición de 1% Ceniza de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto fueron adicionados con un 1% de ceniza de cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175$ kg/cm² y $f'c=210$ kg/cm², cuyos resultados se presentan en las Tablas 23 y 24 respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 25

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm² y asentamiento - 1% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175$ KG/CM² CON ADICIÓN DE 1%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	126.98	72.56	3.5
14	23/05/19	3	158.86	90.78	3.5
28	06/06/19	3	175.28	100.16	3.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm² y asentamiento - 1% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210$ KG/CM² CON ADICIÓN DE 1%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	157.67	75.08	3.5
14	23/05/19	3	190.75	90.83	3.5
28	06/06/19	3	210.28	100.13	3.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1.3. Resultados de especímenes de concreto con adición de 3% Ceniza de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto fueron adicionados con un 3% de ceniza de cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175$ kg/cm² y $f'c=210$ kg/cm², cuyos resultados se presentan en las Tablas 28 y 29 respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 27

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm² y asentamiento - 3% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C=175 KG/CM²					
CON ADICIÓN DE 3%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	124.33	71.04	3
14	23/05/19	3	150.83	86.19	3
28	06/06/19	3	171.02	97.73	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm² y asentamiento - 3% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. - Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C=210 KG/CM²					
CON ADICIÓN DE 3%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	150.74	71.78	3
14	23/05/19	3	183.77	87.51	3
28	06/06/19	3	206.74	98.45	3

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1.4. Resultados de especímenes de concreto con adición de 6% Ceniza de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto fueron adicionados con un 6% de ceniza de cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175$ kg/cm² y $f'c=210$ kg/cm², cuyos resultados se presentan en las Tablas 29 y 30, respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 29

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm² y asentamiento - 6% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175$ KG/CM²					
CON ADICIÓN DE 6%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	119.06	68.03	3
14	23/05/19	3	138.74	79.28	3
28	06/06/19	3	158.44	90.53	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm² y asentamiento - 6% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210$ KG/CM²					
CON ADICIÓN DE 6%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	139.36	66.36	3
14	23/05/19	3	171.26	81.55	3
28	06/06/19	3	191.30	91.09	3

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1.5. Resultados de especímenes de concreto con adición de 9% Ceniza de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto fueron adicionados con un 9% de ceniza de cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175$ kg/cm² y $f'c=210$ kg/cm², cuyos resultados se presentan en las Tablas 31 y 32, respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 31

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm² y asentamiento - 9% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C=175 KG/CM² CON ADICIÓN DE 9%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	112.18	64.10	2.5
14	23/05/19	3	128.76	73.58	2.5
28	06/06/19	3	145.90	83.37	2.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm² y asentamiento - 9% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C=210 KG/CM² CON ADICIÓN DE 9%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	125.63	59.82	2.5
14	23/05/19	3	157.23	74.87	2.5
28	06/06/19	3	175.83	83.73	2.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1.6. Resultados de especímenes de concreto con adición de 12% Ceniza de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto fueron adicionados con un 12% de ceniza de cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175$ kg/cm² y $f'c=210$ kg/cm², cuyos resultados se presentan en las Tablas 33 y 34 respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D

Tabla 33

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm² y asentamiento - 12% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C=175 KG/CM² CON ADICIÓN DE 12%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	105.61	60.35	2
14	23/05/19	3	119.29	68.17	2
28	06/06/19	3	128.30	73.31	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm² y asentamiento - 12% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C=210 KG/CM² CON ADICIÓN DE 12%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	111.61	53.15	2
14	23/05/19	3	140.10	66.71	2
28	06/06/19	3	160.19	76.28	2

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1.7. Resultados de especímenes de concreto con adición de 15% Ceniza de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto fueron adicionados con un 15% de ceniza de cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175$ kg/cm² y $f'c=210$ kg/cm², cuyos resultados se presentan en las Tablas 35 y 36, respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 35

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento - 15% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 15%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	96.86	55.35	1.5
14	23/05/19	3	105.57	60.33	1.5
28	06/06/19	3	109.43	62.53	1.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento - 15% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Preliminar.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 15%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	16/05/19	3	99.49	47.38	1.5
14	23/05/19	3	123.80	58.95	1.5
28	06/06/19	3	145.54	69.30	1.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.2. Comparación de la resistencia a la compresión entre el diseño patrón y los especímenes preliminares.

En la Tablas 37 y 38, se muestran las resistencias a compresión obtenidos a los 28 días de las probetas patrón $f'c= 175\text{kg/cm}^2$ y $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ y de los especímenes con los seis porcentajes de adición. Y en la Figura 03.1 y 03.5, se hace una comparativa de los resultados.

Tabla 37

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175$ kg/cm² de los especímenes con porcentajes de adición. – Edad: 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175$ KG/CM² CON LA ADICIÓN CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ			
Porcentaje de Adición (%)	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
Probeta Patrón (0%)	174.80	99.89	3.5
1 %	175.28	100.16	3.5
3 %	171.02	97.73	3.0
6 %	158.44	90.53	3.0
9 %	145.90	83.37	2.5
12 %	128.80	73.81	2.0
15 %	109.43	62.53	1.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm² de los especímenes con porcentajes de adición. – Edad: 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210$ KG/CM² CON LA ADICIÓN CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ			
Porcentaje de Adición (%)	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (plg)
Probeta Patrón (0%)	210.19	100.09	3.5
1 %	210.28	100.13	3.5
3 %	206.74	98.45	3.0
6 %	191.30	91.09	3.0
9 %	175.83	83.73	2.5
12 %	160.19	76.28	2.0
15 %	145.54	69.30	1.5

Fuente: Elaboración propia.

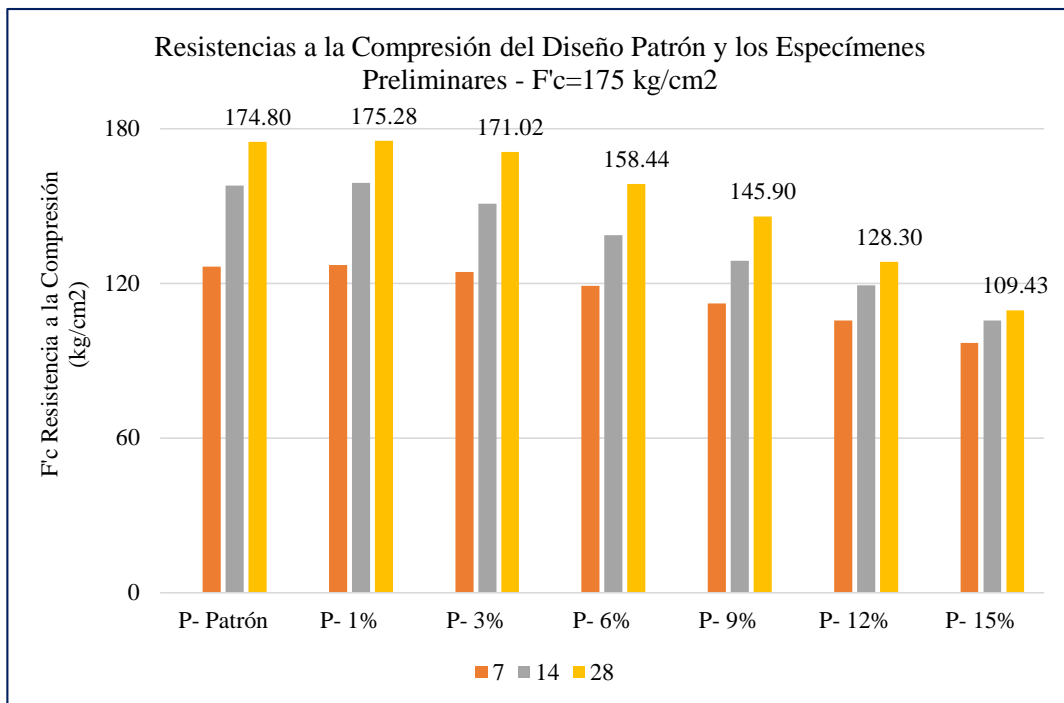


Figura 12. Resistencias a la Compresión del Diseño Patrón y los Especímenes Preliminares. – F'c= 175 kg/cm². (Fuente: Elaboración Propia)

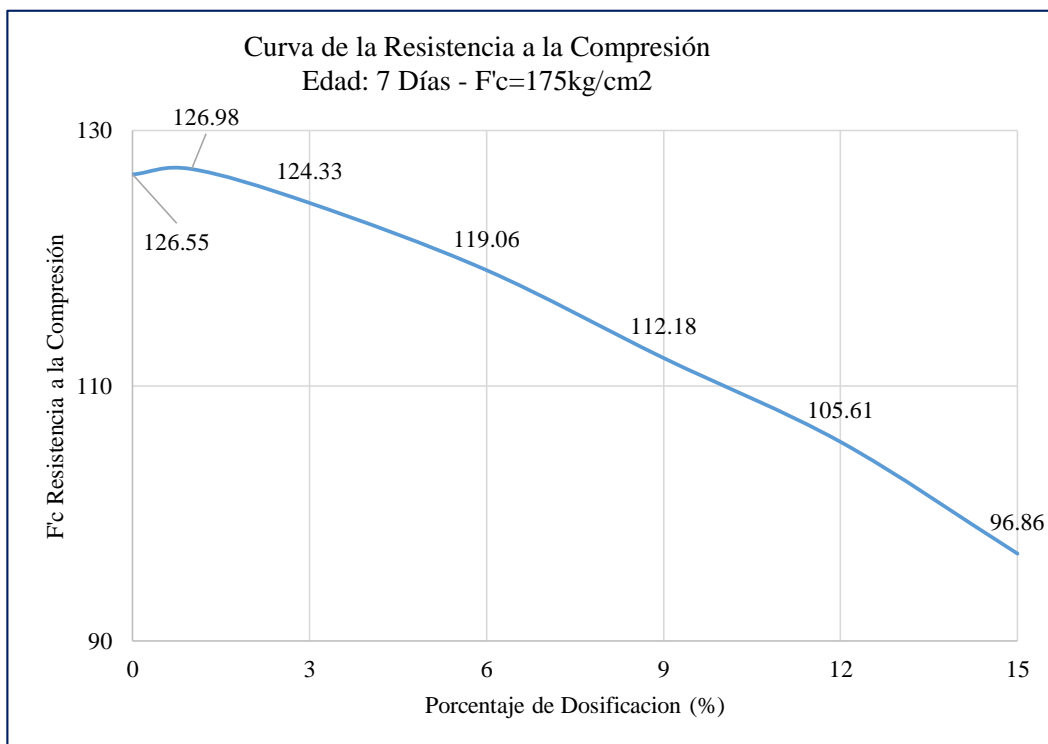


Figura 13. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 7 días – F'c= 175kg/cm². (Fuente: Elaboración Propia)

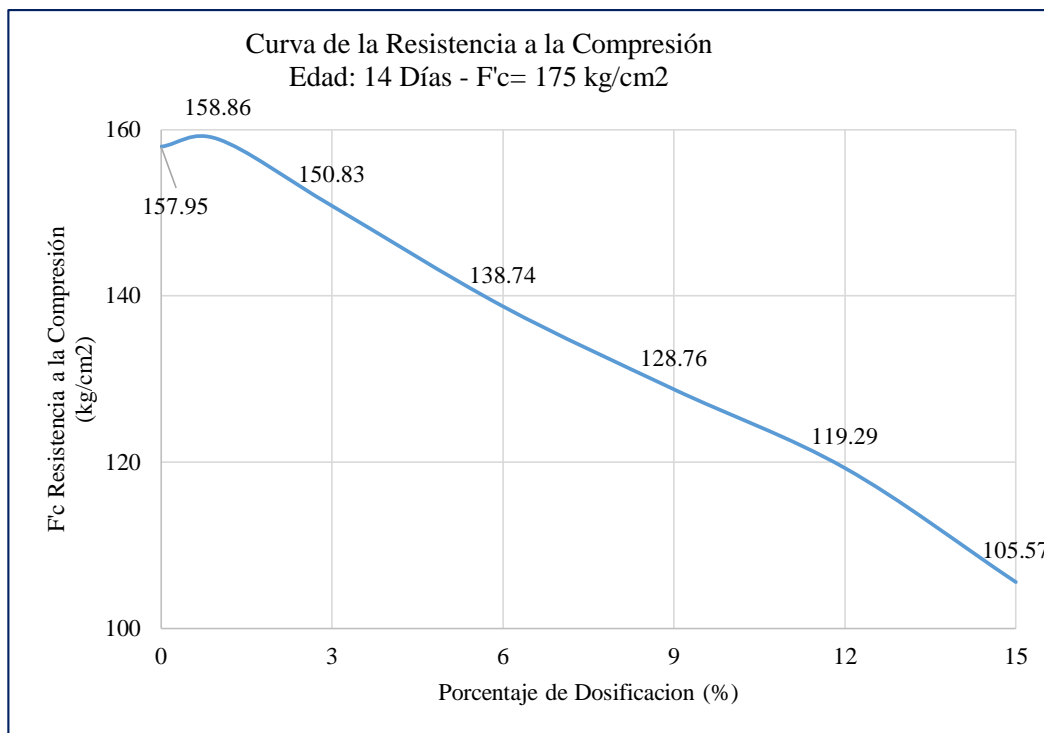


Figura 14. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 14 días – $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

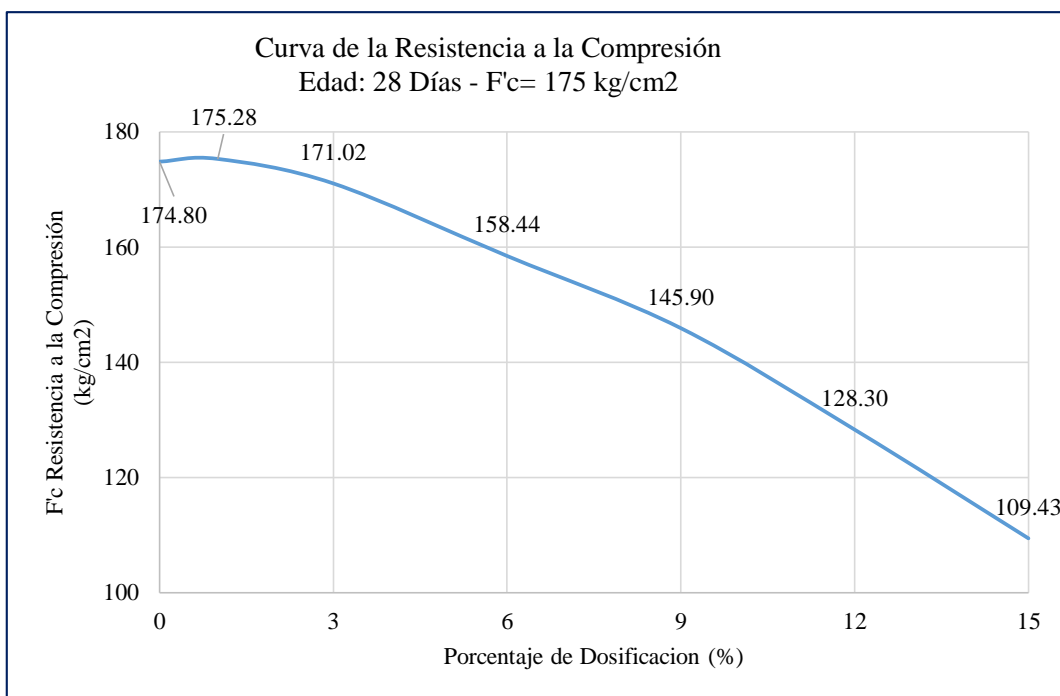


Figura 15. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 28 días – $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

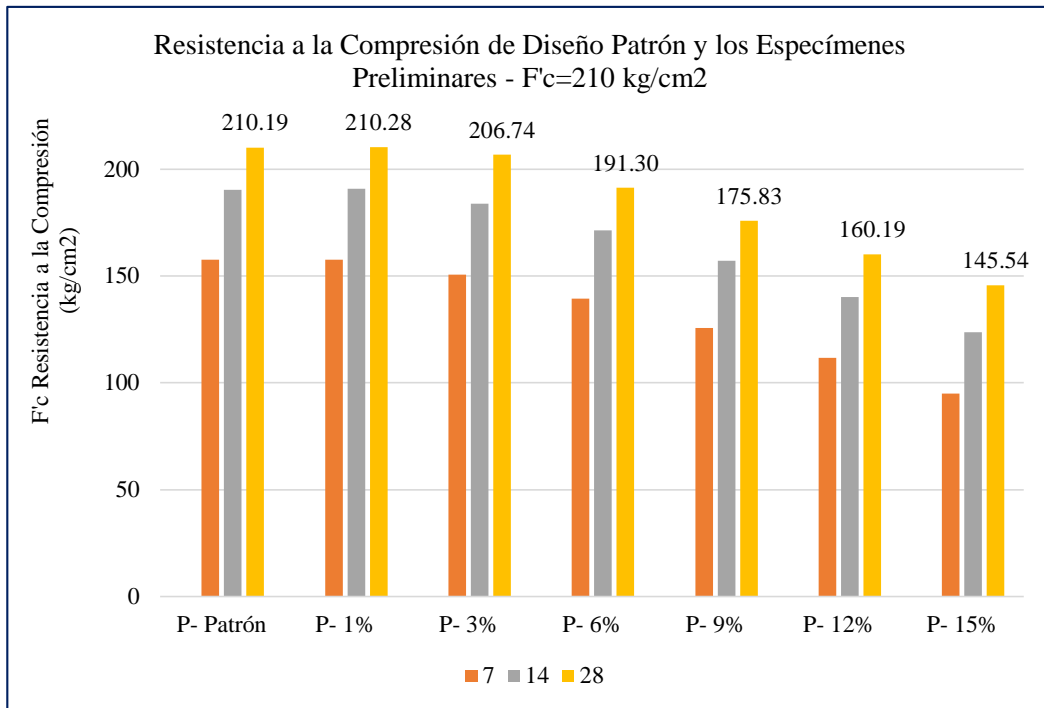


Figura 16. Resistencias a la Compresión del Diseño Patrón y los Especímenes Preliminares. – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

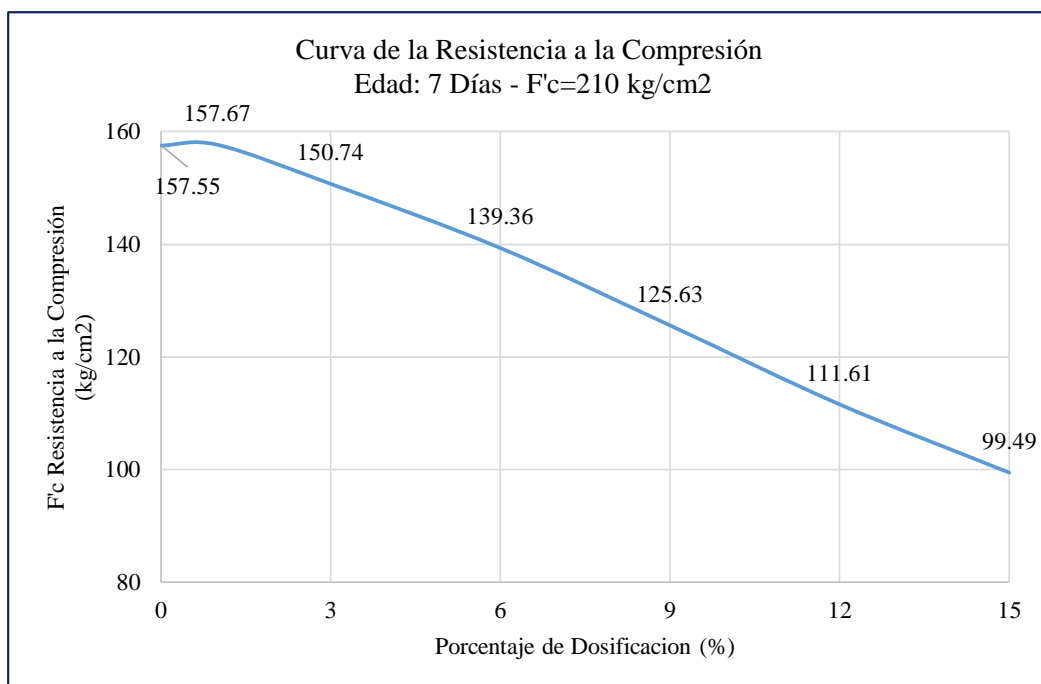


Figura 17. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 7 días – $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

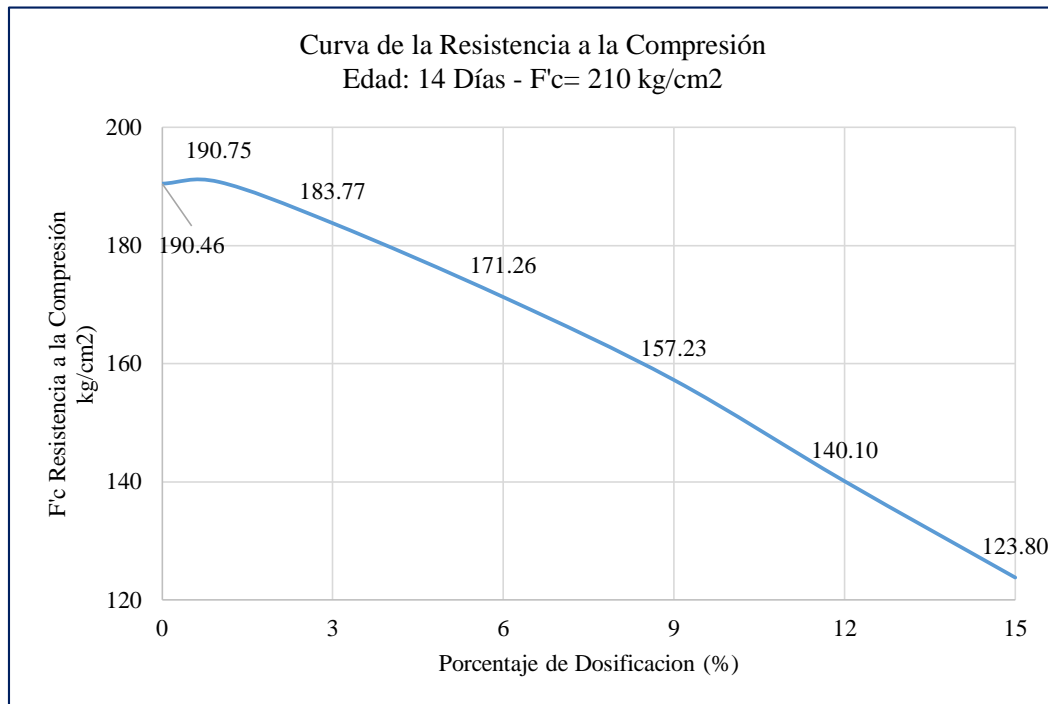


Figura 18. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 14 días – $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

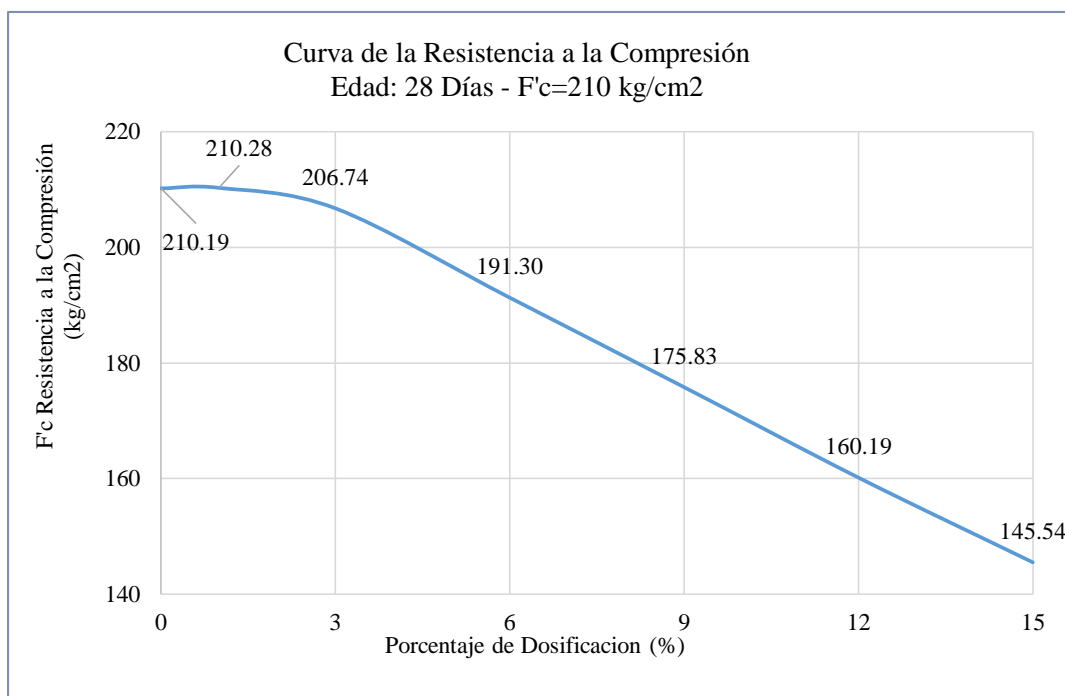


Figura 19. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Preliminares Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 28 días – $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

3.3.1.3 Ensayos Definitivos

Con las Figuras 12 y 16, se puede decir que, a mayor aumento de porcentaje de ceniza de la cascarilla de arroz, la resistencia a compresión disminuye, por lo que optamos por 3 porcentajes de trabajo, las cuales fueron 2%, 4%, y 6%.

3.3.1.3.1. Resultados de especímenes de concreto sin adición de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes patrón de concreto fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados se presentan en las Tablas 39 y 40 respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 39

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento Probetas Patrón. – Definitivo.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175 \text{ KG/CM}^2$ DE LAS PROBETAS PATRÓN					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	03/09/19	3	126.34	72.19	3.5
14	10/09/19	3	161.47	92.27	3.5
28	24/09/19	3	175.77	100.44	3.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento Probetas Patrón. – Definitivo.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ DE LAS PROBETAS PATRÓN					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	03/09/19	3	158.86	75.65	3.5
14	10/09/19	3	190.23	90.58	3.5
28	24/09/19	3	210.43	100.20	3.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.3.2. Resultados de especímenes de concreto con adición de 2% Ceniza de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto fueron adicionados con un 2% de ceniza de cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados se presentan en las Tablas 41 y 42, respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 41

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento - 2% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C=175 KG/CM²					
CON ADICIÓN DE 2%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	03/09/19	3	127.75	72.71	3.5
14	10/09/19	3	164.20	93.83	3.5
28	24/09/19	3	176.96	101.12	3.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento - 2% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. - Definitivo

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C=210 KG/CM²					
CON ADICIÓN DE 2%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	03/09/19	3	159.44	75.92	3.5
14	10/09/19	3	191.49	91.18	3.5
28	24/09/19	3	212.48	101.18	3.5

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.3.3. Resultados de especímenes de concreto con adición de 4% Ceniza de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto fueron adicionados con un 4% de ceniza de cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados se presentan en las Tablas 43 y 44, respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D

Tabla 43

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento - 4% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 4%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	03/09/19	3	120.89	69.06	3
14	10/09/19	3	156.04	89.17	3
28	24/09/19	3	171.98	98.27	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento - 4% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 4%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	03/09/19	3	149.74	71.30	3
14	10/09/19	3	182.14	86.74	3
28	24/09/19	3	201.33	95.87	3

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.3.4. Resultados de especímenes de concreto con adición de 6% Ceniza de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes de concreto fueron adicionados con un 6% de ceniza de cascarilla de arroz, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados se presentan en las Tablas 45 y 46, respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 45

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento - 6% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 6%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	03/09/19	3	113.91	65.09	3
14	10/09/19	3	143.99	82.28	3
28	24/09/19	3	154.93	88.53	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento - 6% de Ceniza de Cascarilla de Arroz. – Definitivo.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE 6%					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	03/09/19	3	139.83	66.59	3
14	10/09/19	3	172.83	82.30	3
28	24/09/19	3	191.00	90.95	3

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.4. Comparación de la resistencia a la compresión entre el diseño patrón y los especímenes definitivos.

En la Tablas 47 y 48, se muestran las resistencias a compresión obtenidos a los 28 días de las probetas patrón $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y de los especímenes con los tres porcentajes de adición. Y en la Figura 03.9 y 03.13, se hace una comparativa de los resultados.

Tabla 47

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175\text{ kg/cm}^2$ de los especímenes con porcentajes de adición. – Edad: 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175\text{ KG/CM}^2$ CON LA ADICIÓN CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ			
Porcentaje de Adición (%)	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
Probeta Patrón (0 %)	175.77	100.44	3.5
2 %	176.96	101.12	3.5
4 %	171.98	98.27	3.0
6 %	154.93	88.53	3.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ de los especímenes con porcentajes de adición. – Edad: 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210\text{ KG/CM}^2$ CON LA ADICIÓN CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ			
Porcentaje de Adición (%)	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
Probeta Patrón (0 %)	210.43	100.20	3.5
2 %	212.48	101.18	3.5
4 %	201.33	95.87	3.0
6 %	191.00	90.95	3.0

Fuente: Elaboración propia

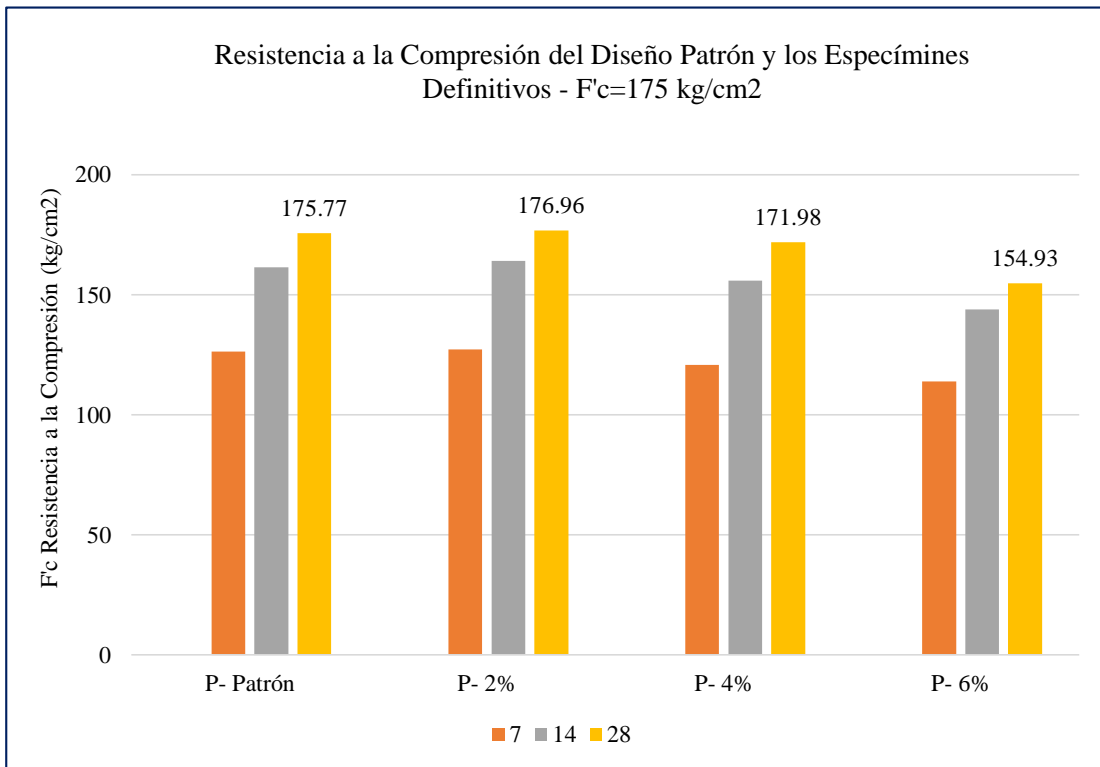


Figura 20. Resistencias a la Compresión de los Especímenes Definitivos – $F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

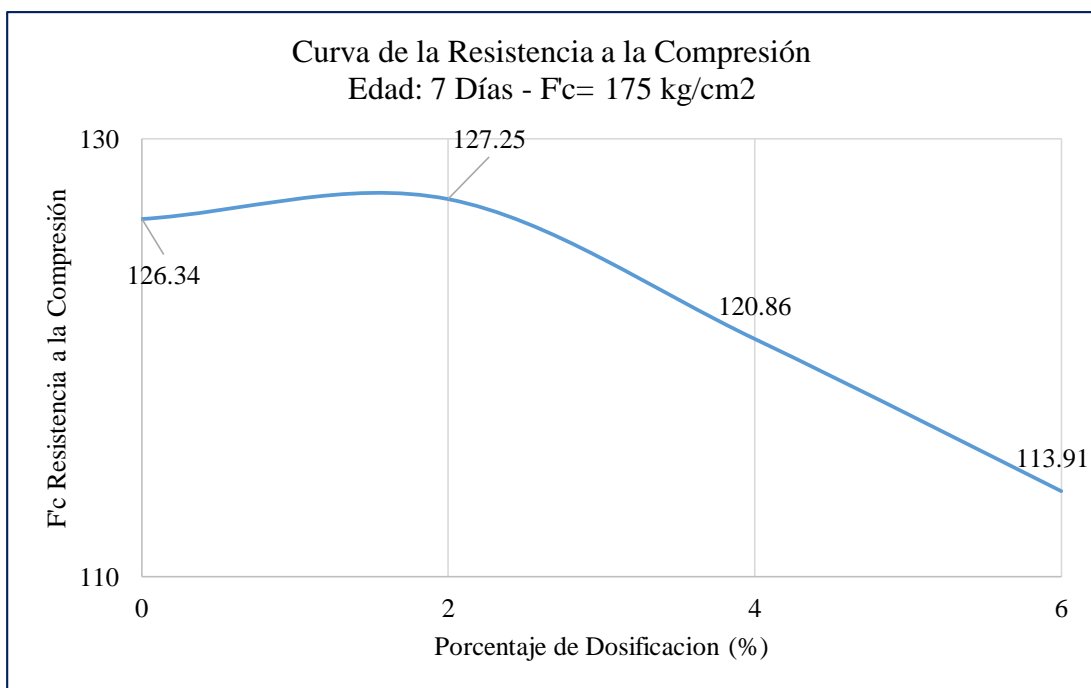


Figura 21. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 7 días – $F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

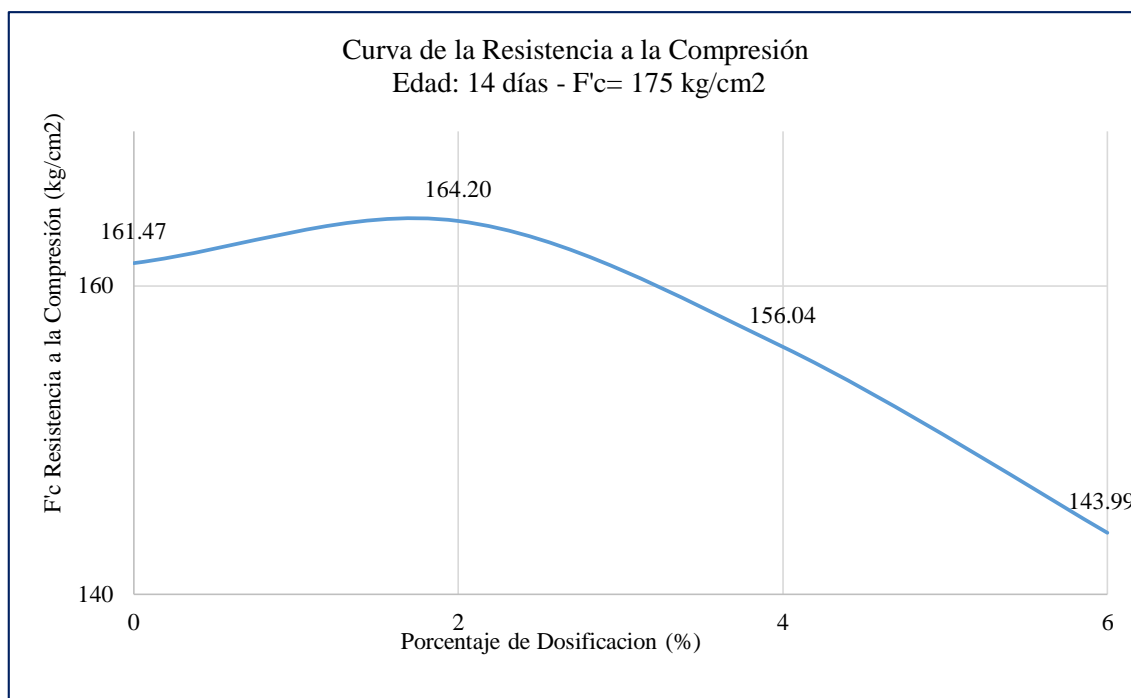


Figura 22. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 14 días – F'c= 175 kg/cm². (Fuente: Elaboración Propia)

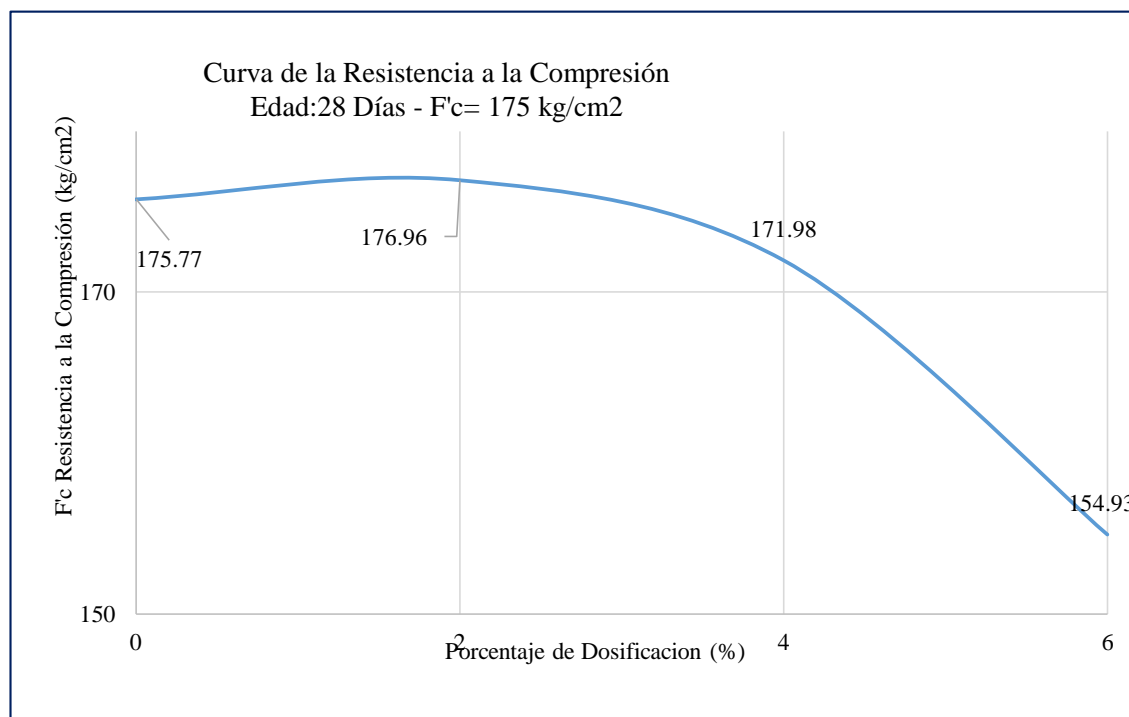


Figura 23. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 28 días – F'c= 175 kg/cm². (Fuente: Elaboración Propia)

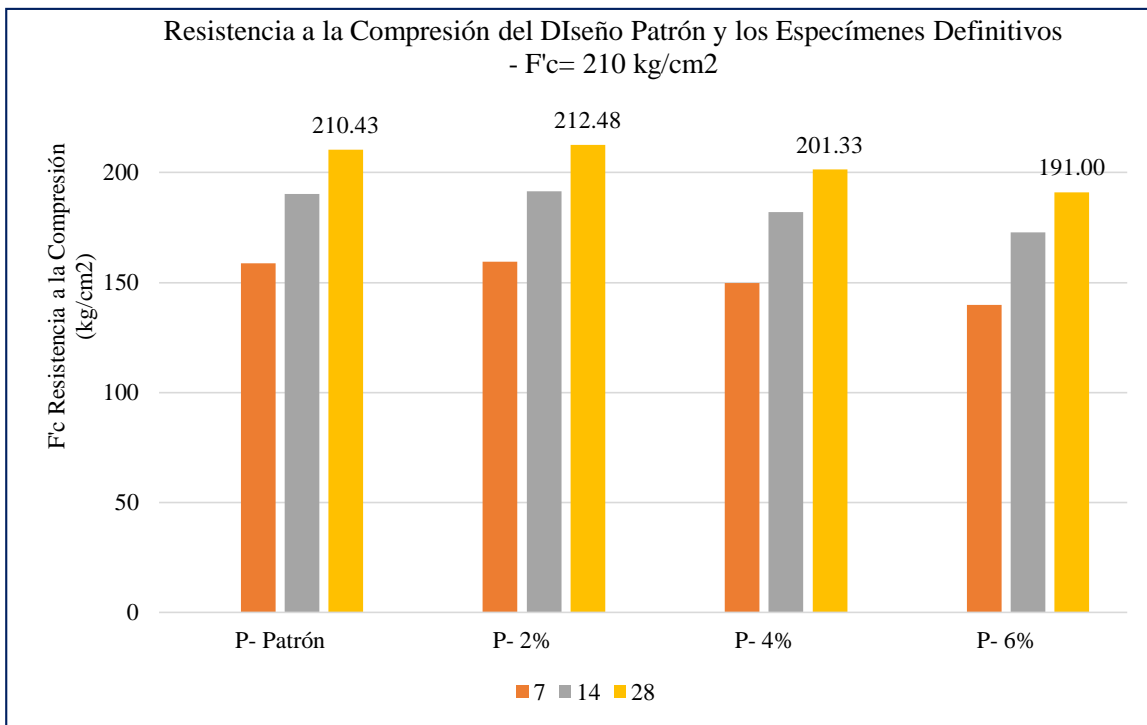


Figura 24. Resistencias a la Compresión del Diseño Patrón los Especímenes Definitivos. – F'c= 210 kg/cm². (Fuente: Elaboración Propia)

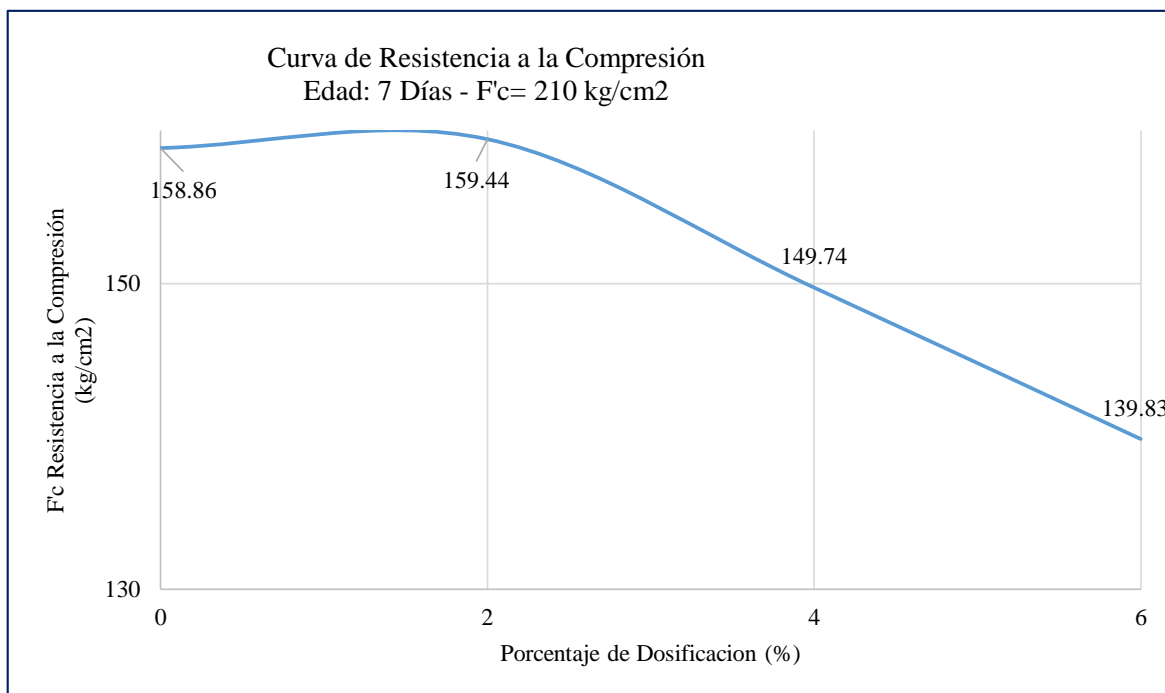


Figura 25. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 7 días – F'c=210kg/cm². (Fuentes: Elaboración Propia)

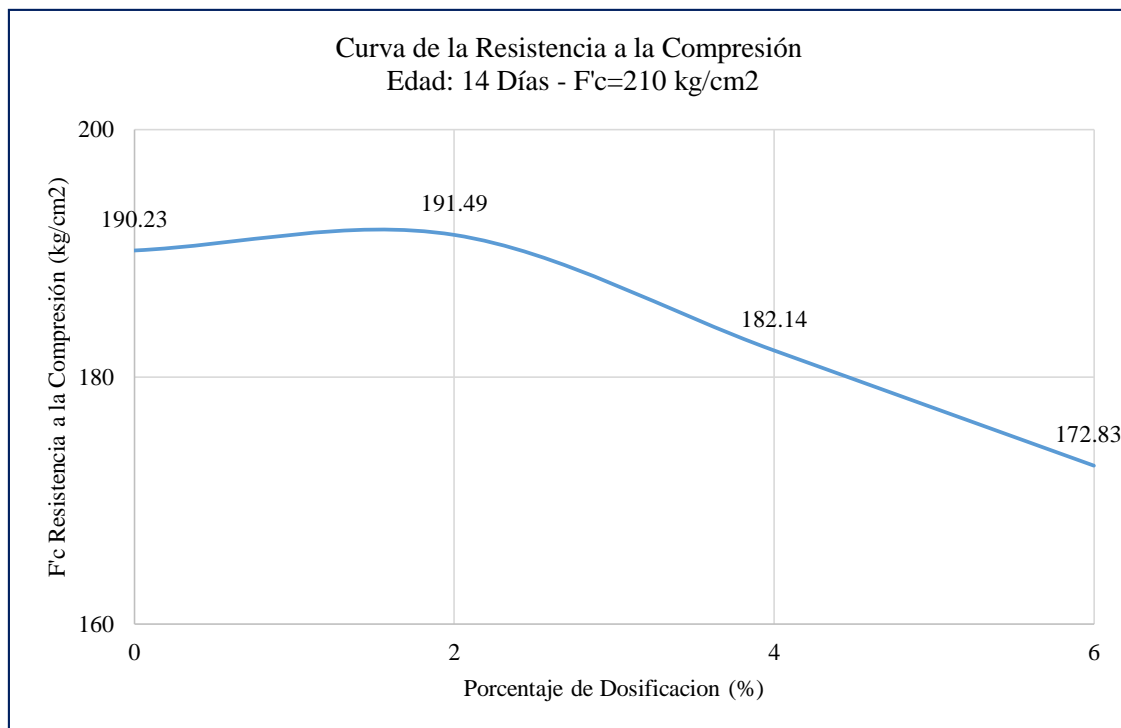


Figura 26. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 14 días – F'c=210kg/cm² (Fuentes: Elaboración Propia)

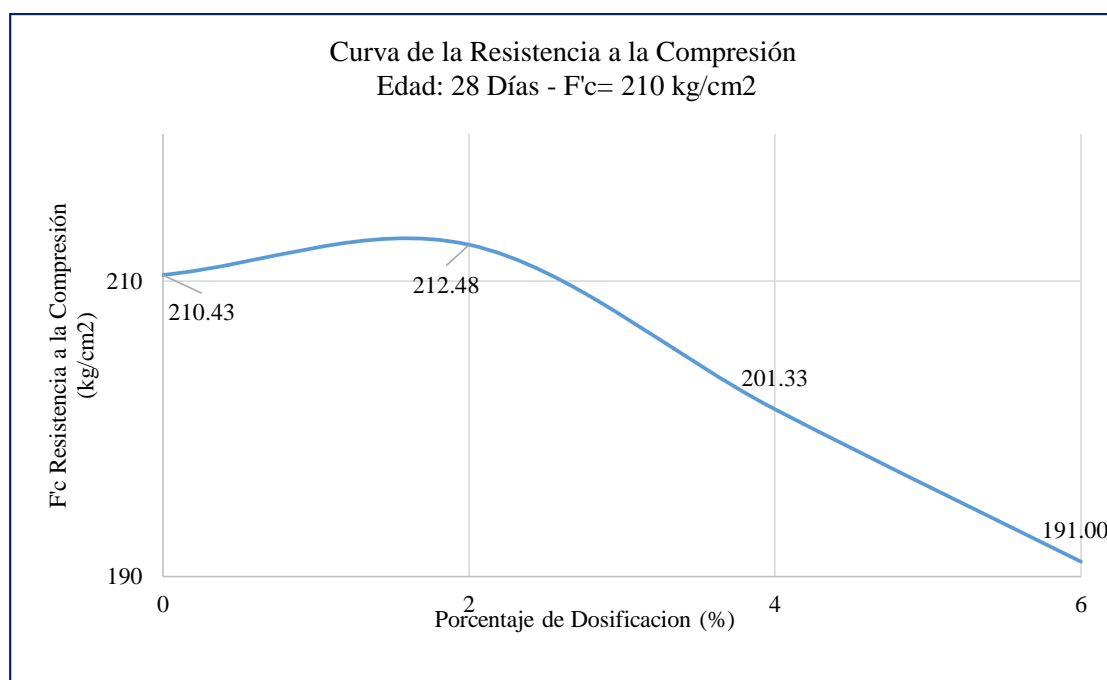


Figura 27. Curva de la Resistencia a la Compresión de los Especímenes Definitivos Vs Porcentajes de Dosificación. Edad: 28 días – F'c=210kg/cm² (Fuentes: Elaboración Propia)

3.3.1.5. Ensayos de Resistencia a la Compresión con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Con las Figuras 20 y 24, se puede decir que el porcentaje que mejora levemente a la resistencia patrón es la adición de 2%.

3.3.1.5.1. Resultados de especímenes de concreto sin adición de Cascarilla de Arroz.

Los especímenes patrón de concreto fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados se presentan en las Tablas 49 y 50 respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 49

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento Probetas Patrón. – Diseño Adecuado.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'c=175 \text{ KG/CM}^2$ DE LAS PROBETAS PATRÓN					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	28/10/19	6	126.64	72.37	3.5
14	04/11/19	6	161.92	92.52	3.5
28	18/11/19	18	176.53	100.88	3.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento Probetas Patrón. – Diseño Adecuado.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$ DE LAS PROBETAS PATRÓN					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	28/10/19	6	158.23	75.35	3.5
14	04/11/19	6	190.55	90.74	3.5
28	18/11/19	18	210.35	100.17	3.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.5.2. Resultados de especímenes de concreto con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes de concreto fueron trabajados con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz con 2%, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de compresión del concreto para el diseño patrón de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados se presentan en las Tablas 51 y 52, respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 51

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento Adición con el Porcentaje Adecuado– Diseño Adecuado.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175 \text{ KG/CM}^2$					
CON LA ADICIÓN ADECUADO					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	28/10/19	6	127.10	72.63	3.5
14	04/11/19	6	164.30	93.88	3.5
28	18/11/19	18	176.66	101.52	3.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y asentamiento Adición con el Porcentaje Adecuada – Diseño Adecuado.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$					
CON LA ADICIÓN ADECUADO					
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Probetas	f'_{cp} (kg/cm^2)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
7	28/10/19	6	159.18	75.80	3.5
14	04/11/19	6	192.51	91.67	3.5
28	18/11/19	18	213.82	100.82	3.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.6. Comparación de la resistencia a la compresión entre el diseño patrón y el diseño adecuado.

En las Tablas 53 y 54, se muestran las resistencias a compresión obtenidos a los 28 días de las probetas patrón $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y de los especímenes adicionados el porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz. Y en las Figuras 03.17 y 03.18, se hace comparativas de los resultados.

Tabla 53

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=175\text{ kg/cm}^2$ de los especímenes con la adición de porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz. – Edad: 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=175\text{ KG/CM}^2$ CON LA ADICIÓN CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ			
Porcentaje de Adición (%)	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
Probeta Patrón (0%)	176.53	100.88	3.5
Porcentaje Adecuado (2%)	177.66	101.52	3.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Resultados de resistencia a la compresión $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ de los especímenes con la adición de porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz. – Edad: 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $F'C=210\text{ KG/CM}^2$ CON LA ADICIÓN CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ			
Porcentaje de Adición (%)	f'_{cp} (kg/cm ²)	% de Resistencia	Asentamiento (slump (plg))
Probeta Patrón (0%)	210.35	100.17	3.5
Porcentaje Adecuado (2%)	213.82	101.82	3.5

Fuente: Elaboración propia.

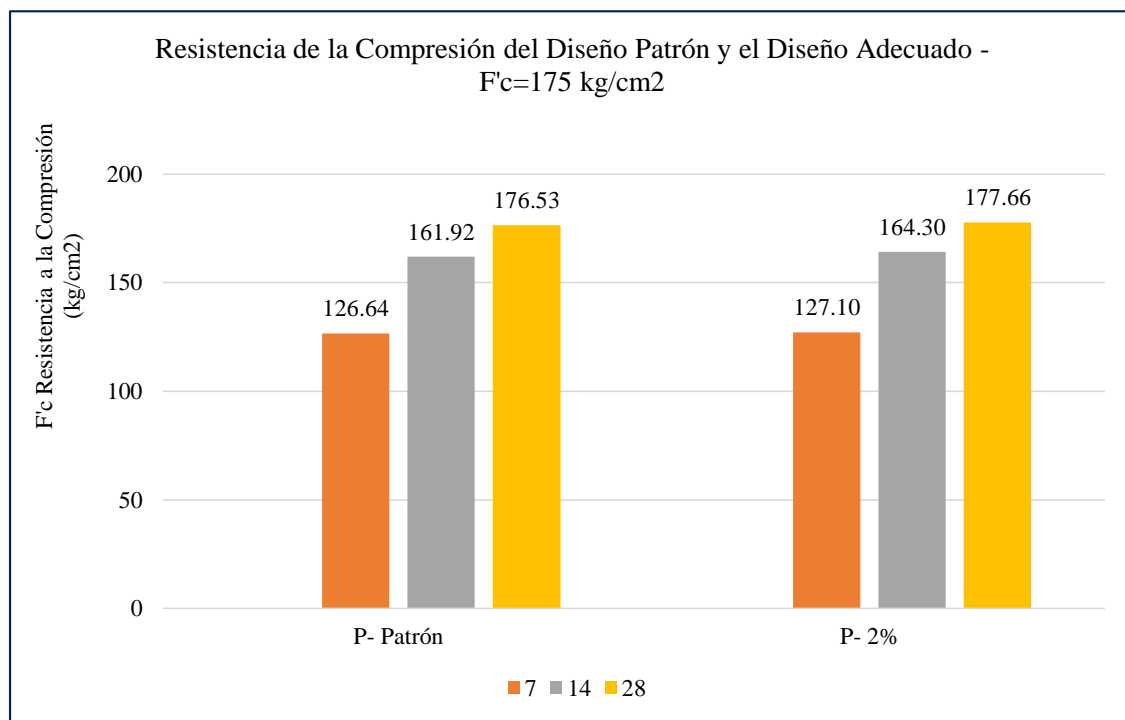


Figura 28. Resistencia a la Compresión del Diseño Patrón y el Diseño Adecuado – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

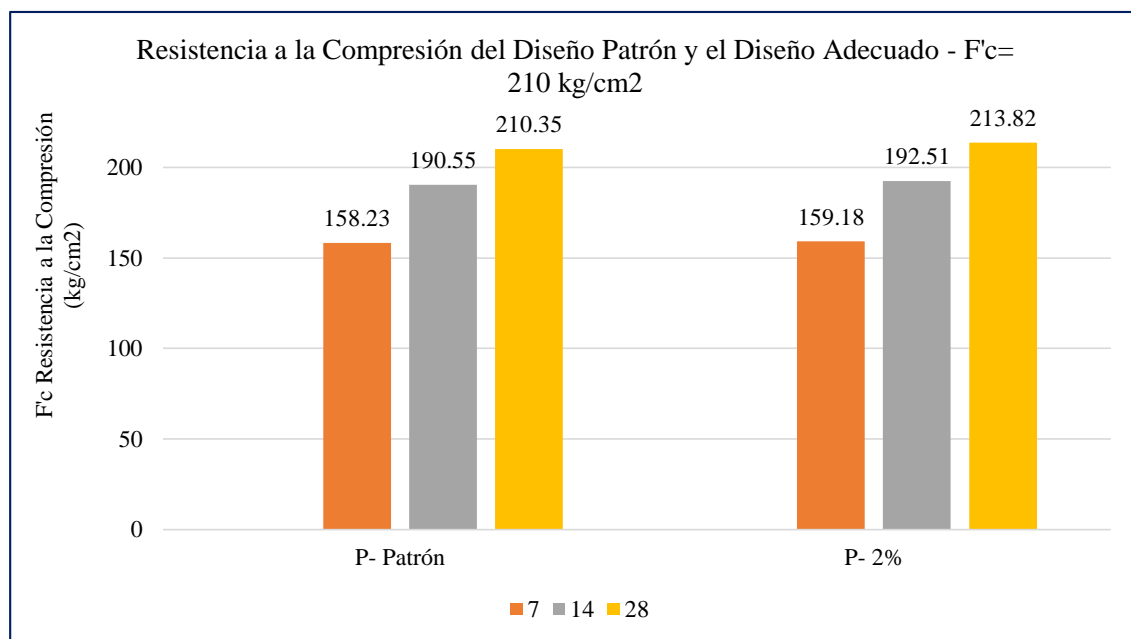


Figura 29. Resistencia a la Compresión del Diseño Patrón y el Diseño Adecuado – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente: Elaboración Propia)

3.3.2. Ensayos de la resistencia a flexión del concreto.

3.3.2.1. Resultados de especímenes de concreto sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes de probeta patrón de concreto fueron ensayadas al esfuerzo de flexión para las resistencias de diseño de compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados se presentan en la Tabla 55 y Tabla 56 respectivamente. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo E.

Tabla 55

Resultados de resistencia a la flexión y asentamiento. – Probeta Patrón

$F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C=175 KG/CM²				
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Especí.	Mr _p (kg/cm ²)	Asentamiento (slump (plg))
7	29/10/19	3	25.15	3.5
14	05/11/19	3	30.18	3.5
28	19/11/19	6	39.34	3.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56

Resultados de resistencia a la flexión y asentamiento. – Probeta Patrón

$F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM²				
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Especí.	Mr _p (kg/cm ²)	Asentamiento (slump (plg))
7	29/10/19	3	27.81	3.5
14	05/11/19	3	32.44	3.5
28	19/11/19	6	46.06	3.5

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.2 Resultados de especímenes de concreto con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes de concreto fueron trabajados con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de la cascarilla de arroz, con 2%, con respecto al peso del cemento, las cuales fueron ensayadas a esfuerzo de flexión del concreto, para las resistencias de diseño de compresión de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados se presentan en las Tablas 57 y 58. Los cálculos detallados de los ensayos se encuentran en el Anexo E.

Tabla 57

Resultados de resistencia a la flexión y asentamiento. – Adición de porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz. - $F-c=175 \text{ kg/cm}^2$.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO $F'C=175 \text{ KG/CM}^2$				
CON LA ADICIÓN DE 2%				
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Especí.	M_{rp} (kg/cm^2)	Asentamiento (slump (plg))
7	29/10/19	3	26.29	3.5
14	05/11/19	3	30.98	3.5
28	19/11/19	6	41.57	3.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58

Resultados de resistencia a la flexión y asentamiento – Adición de porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz. – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

RESISTENCIA A LA FEXIÓN DEL CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ CON				
LA ADICIÓN DE 2%				
EDAD (Días)	FECHA	Núm. de Especí.	M_{rp} (kg/cm^2)	Asentamiento (slump (plg))
7	29/10/19	3	28.08	3.5
14	05/11/19	3	32.58	3.5
28	19/11/19	6	47.83	3.5

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.4. Comparación de resistencia a la flexión entre el diseño patrón y con adición de la ceniza de la cascarilla de arroz.

En las Figuras 30 y 31 se aprecia la comparación de los resultados de los ensayos de la resistencia a la flexión del concreto a los especímenes patrón y concreto con adición de la ceniza de la cascarilla de arroz en 2%, tanto para las resistencias patrón de $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2 , respectivamente.

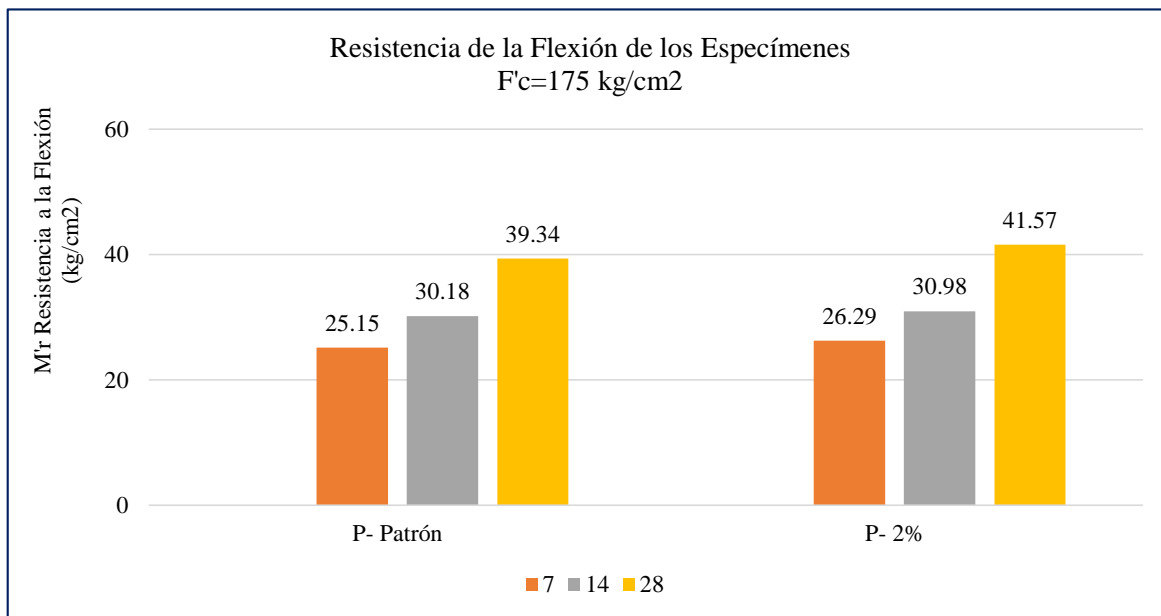


Figura 30. Resistencia a la Flexión de los Especímenes – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$. (Fuentes: Elaboración Propia)

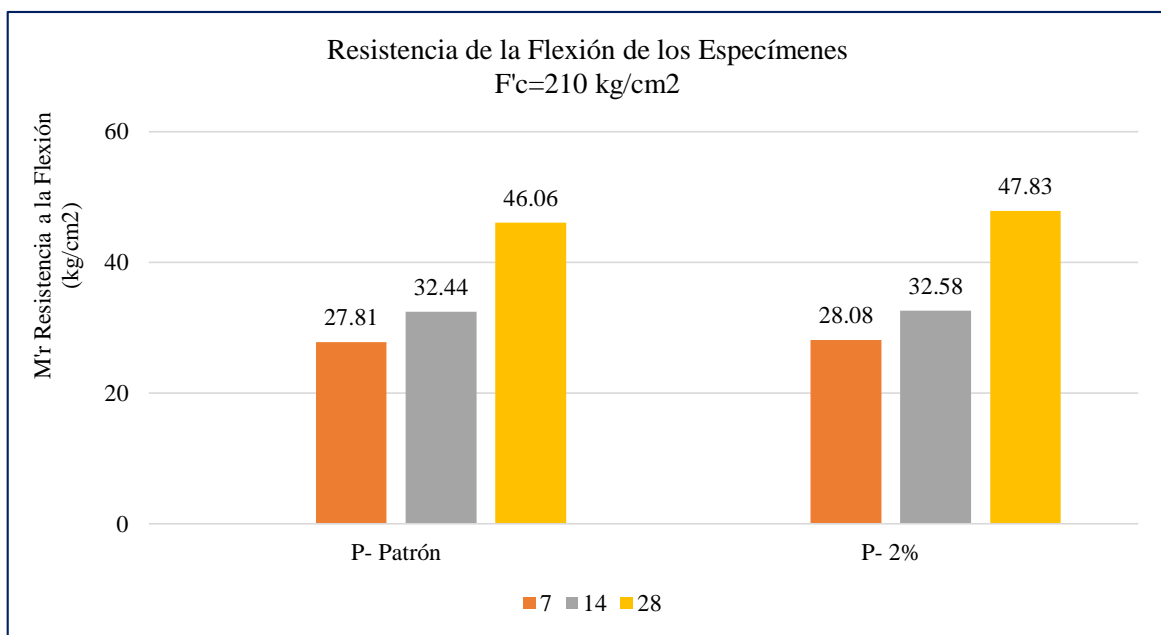


Figura 31. Resistencia a la Flexión de los Especímenes – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$. (Fuentes: Elaboración Propia)

3.3.3. Resultados de pesos de muestras.

En las Tablas 59 y 60, se representan el promedio de los resultados de los pesos de los especímenes de concreto antes de ser sometidos al ensayo de la resistencia del concreto $f'_c=175175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. Los cálculos de los pesos promedios son detallados en el Anexo C y en el Anexo D.

Tabla 59

Resultados de pesos de muestras promedio. – $F'_c= 175 \text{ kg/cm}^2$.

RESULTADOS DE PESOS DE TESTIGO DE CONCRETO				
Muestras	Pesos (kg)		Porcentaje Adecuado	Esfuerzo a la Flexión
	Ensayos Preliminares	Ensayos Definitivos		
Patrón	12.612	12.622	12.633	27.580
1% de CCA	12.533	-	-	-
2% de CCA	-	12.439	12.428	27.413
3% de CCA	12.344	-	-	-
4% de CCA	-	12.351	-	-
6% de CCA	12.237	12.221	-	-
9% de CCA	12.153	-	-	-
12% de CCA	12.019	-	-	-
15% de CCA	11.867	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 60

Resultados de pesos de muestras promedio. – $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

RESULTADOS DE PESOS DE TESTIGO DE CONCRETO				
Muestras	Pesos (kg)		Porcentaje Adecuado	Esfuerzo a la Flexión
	Ensayos Preliminares	Ensayos Definitivos		
Patrón	12.650	12.643	12.625	27.574
1% de CCA	12.550	-	-	-
2% de CCA	-	12.473	12.478	27.416
3% de CCA	12.315	-	-	-
4% de CCA	-	12.285	-	-
6% de CCA	12.221	12.227	-	-
9% de CCA	12.137	-	-	-
12% de CCA	12.017	-	-	-
15% de CCA	11.883	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

3.4. Análisis y Discusión de Resultados.

Se presenta el análisis, comparación, interpretación y discusión de los resultados obtenidos de los ensayos en el laboratorio.

3.4.1. Análisis de resultados de los ensayos al concreto.

3.4.1.1. Ensayo de la resistencia a compresión del concreto – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

3.4.1.1.1. Ensayos preliminares – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

3.4.1.1.1.1. Concreto patrón sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.

El concreto patrón $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 126.55 kg/cm^2 , 157.95 kg/cm^2 , 174.80 kg/cm^2 .

3.4.1.1.1.2. Concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes con adición de 1% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 126.98 kg/cm^2 , 158.86 kg/cm^2 , 175.28 kg/cm^2 , y en comparación con los valores del concreto patrón de: 126.55 kg/cm^2 , 157.95 kg/cm^2 , 174.80 kg/cm^2 , representa un incremento en 0.34%, 0.58%, 0.27% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 3% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 124.33 kg/cm^2 , 150.83 kg/cm^2 , 171.02 kg/cm^2 , y en comparación con los valores del concreto patrón: 126.55 kg/cm^2 , 157.95 kg/cm^2 , 174.80 kg/cm^2 , representa una disminución en 1.75%, 4.51%, 2.16% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 6% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 119.06 kg/cm^2 , 138.74 kg/cm^2 , 158.44 kg/cm^2 , y en comparación con los valores del concreto patrón: 126.55 kg/cm^2 , 157.95 kg/cm^2 , 174.80 kg/cm^2 , representa una disminución en 5.92%, 12.16%, 9.36% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 9% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de $2 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los

siguientes valores respectivamente: 112.18 kg/cm², 128.76 kg/cm², 145.90 kg/cm², y en comparación con los valores del concreto patrón: 126.55 kg/cm², 157.95 kg/cm², 174.80 kg/cm², representa una disminución en 11.36%, 18.48%, 16.53% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 12% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 2", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 105.61 kg/cm², 119.29 kg/cm², 128.30 kg/cm², y en comparación con los valores del concreto patrón: 126.55 kg/cm², 157.95 kg/cm², 174.80 kg/cm², representa una disminución en 16.55%, 24.48%, 26.60% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 15% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 1.5", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 96.86 kg/cm², 105.27 kg/cm², 109.43 kg/cm², y en comparación a los valores: 126.55 kg/cm², 157.95 kg/cm², 174.80 kg/cm², representa una disminución en 23.46%, 33.35%, 37.40% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

En la Figura 33, se muestra el comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz, tanto en aumento y disminución de la resistencia a la compresión del concreto, trabajados con los porcentajes de adición preliminares de 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% con respecto al concreto sin adición de ceniza de cascarilla de arroz (Concreto Patrón – F[']c=175 kg/cm²)

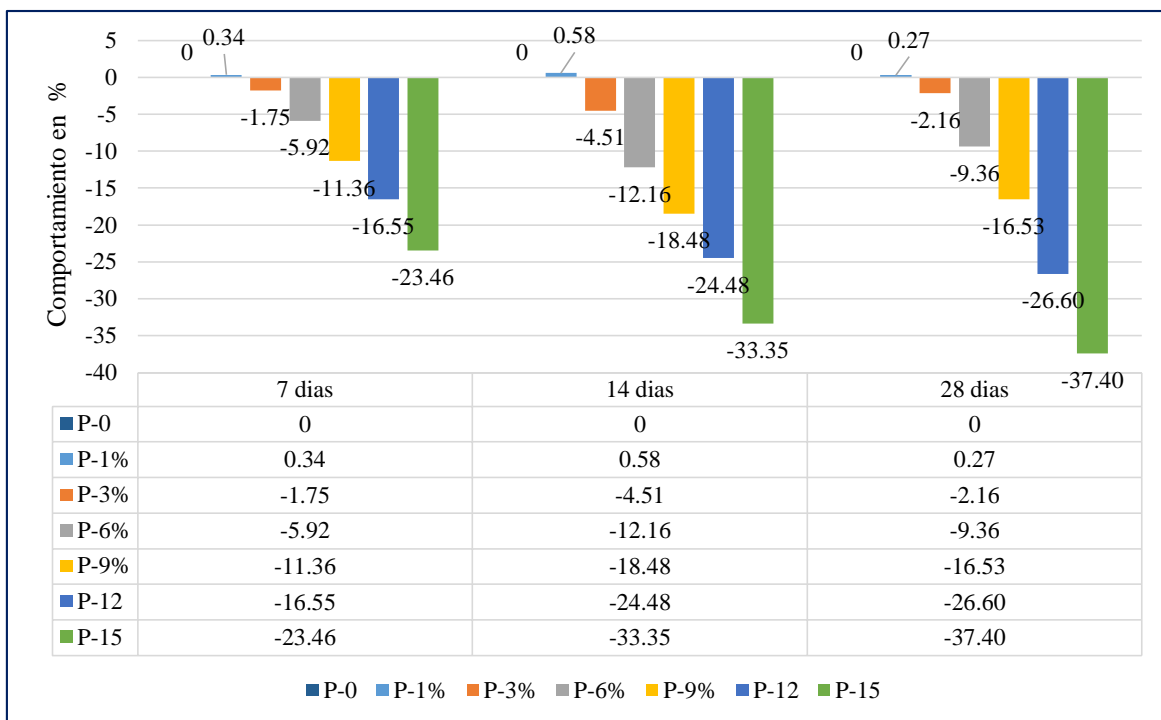


Figura 32. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con los porcentajes preliminares en relación al C° patrón – F’c = 175 kg/cm² (Fuente. Elaboración Propia)

3.4.1.1.2. Ensayos definitivos – F’c=175 kg/cm².

Con la Figura 32, analizamos los ensayos preliminares en función al comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz dentro del concreto, observando que, a mayor porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, disminuye el porcentaje de la resistencia a la compresión, además el único porcentaje que le mejora ligeramente es el 1%; entonces elegimos como porcentajes definitivos de la adición de la ceniza de la cascarilla de arroz a 2%, 4% y 6%.

3.4.1.1.2.1. Concreto patrón sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.

El concreto patrón f’c=175 kg/cm², presentó un asentamiento de 3 ½”, la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 126.34 kg/cm², 161.47 kg/cm², 175.77 kg/cm².

3.4.1.1.2.2. Concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes con adición de 2% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3 ½ ”, la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 127.75 kg/cm², 164.20 kg/cm², 176.96 kg/cm², y en comparación a los valores: 126.34 kg/cm², 161.47 kg/cm², 175.77 kg/cm², representa un incremento en 1.12%, 1.69%, 0.68% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 4% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 120.89 kg/cm², 156.04 kg/cm², 171.98 kg/cm², y en comparación a los valores: 126.34 kg/cm², 161.47 kg/cm², 175.77 kg/cm²., representa una disminución en 4.31%, 3.36%, 2.16% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 6% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 113.91 kg/cm², 143.99 kg/cm², 154.93 kg/cm², y en comparación a los valores: 126.34 kg/cm², 161.47 kg/cm², 175.77 kg/cm², representa una disminución en 9.84%, 10.83%, 11.86% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

En la Figura 33, se muestra el comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz, tanto en aumento y disminución de la resistencia a la compresión del concreto, trabajados con los porcentajes de adición definitivos de 2%, 4%, 6% con respecto al concreto sin adición de ceniza de cascarilla de arroz (Concreto Patrón – F'c=175 kg/cm²)

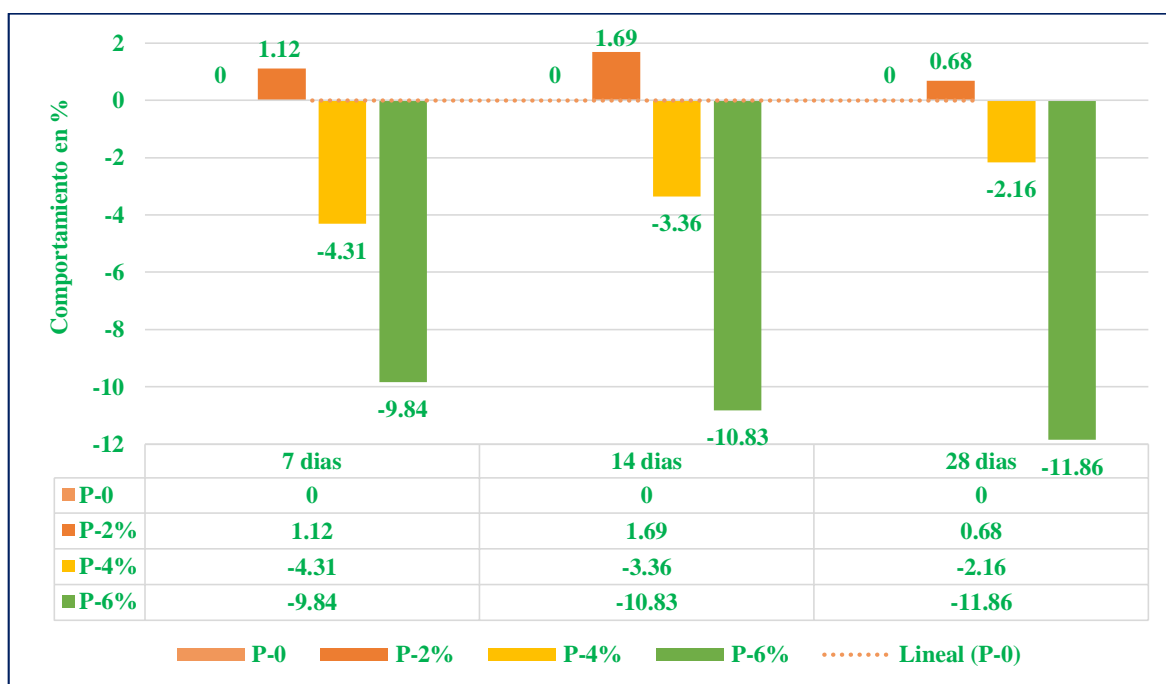


Figura 33. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con los porcentajes definitivos en relación al C° patrón – F'c=175 kg/cm². (Fuente. Elaboración propia).

3.4.1.1.3. Ensayos con el porcentaje adecuado – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

Con la Figura 33, analizamos los ensayos definitivos, observando que el porcentaje que mejora levemente a la resistencia patrón es la adición de 2%. Teniendo a éste como el porcentaje adecuado de diseño.

3.4.1.1.3.1. Concreto patrón sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.

El concreto patrón $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 126.64 kg/cm^2 , 161.92 kg/cm^2 , 176.53 kg/cm^2 .

3.4.1.1.3.2. Concreto con adición adecuada de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes con adición del porcentaje adecuado de 2% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 127.10 kg/cm^2 , 164.30 kg/cm^2 , 177.66 kg/cm^2 , y en comparación a los valores: 126.64 kg/cm^2 , 161.92 kg/cm^2 , 176.53 kg/cm^2 , representa un incremento en 0.36%, 1.47%, 0.64% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

En la Figura 34, se muestra la comparación de las resistencias a compresión del concreto en porcentajes para la adición adecuada de 2% respecto al concreto sin adición de ceniza de cascarilla de arroz (Concreto Patrón – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$)

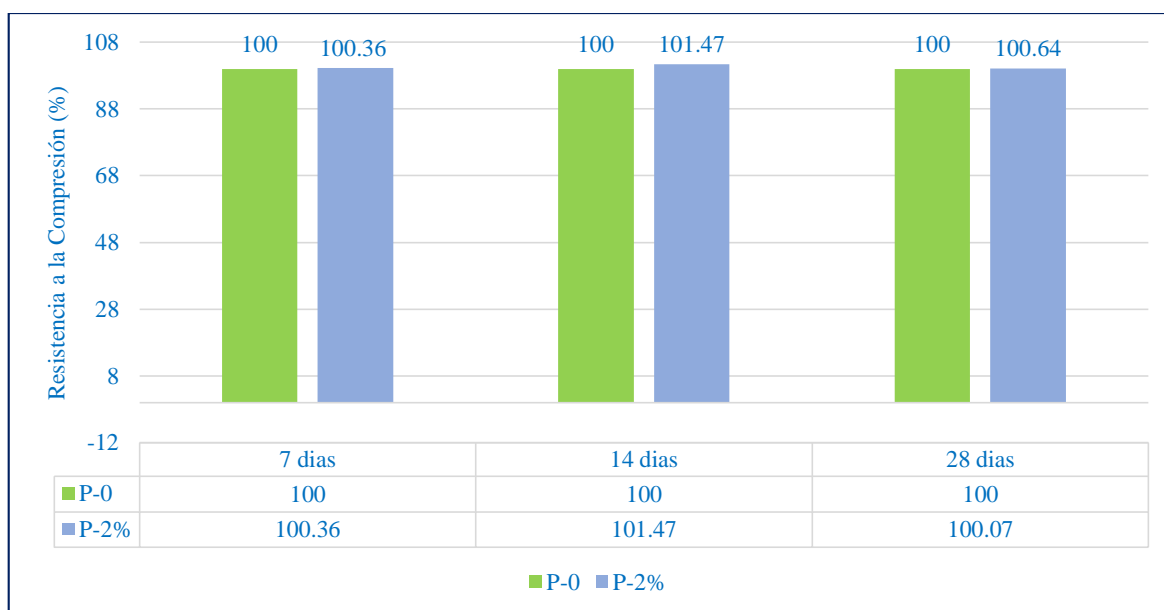


Figura 34. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con el porcentaje adecuado en relación al C° patrón – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente. Elaboración propia).

3.4.1.2. Ensayo de la resistencia a compresión del concreto – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.4.1.2.1. Ensayos preliminares – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.4.1.2.1.1. Concreto patrón sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.

El concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 157.55 kg/cm^2 , 190.46 kg/cm^2 , 210.19 kg/cm^2 .

3.4.1.2.1.2. Concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes con adición de 1% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 157.67 kg/cm^2 , 190.75 kg/cm^2 , 210.28 kg/cm^2 , y en comparación a los valores: 157.55 kg/cm^2 , 190.46 kg/cm^2 , 210.19 kg/cm^2 , representa un incremento en 0.08%, 0.15%, 0.04% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 3% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 150.74 kg/cm^2 , 183.77 kg/cm^2 , 206.74 kg/cm^2 , y en comparación a los valores: 157.55 kg/cm^2 , 190.46 kg/cm^2 , 210.19 kg/cm^2 , representa una disminución en 4.32%, 3.51%, 1.64% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 6% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 139.36 kg/cm^2 , 171.26 kg/cm^2 , 191.30 kg/cm^2 , y en comparación a los valores: 157.55 kg/cm^2 , 190.46 kg/cm^2 , 210.19 kg/cm^2 , representa una disminución en 11.55%, 10.08%, 8.99% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 9% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de $2 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 125.63 kg/cm^2 , 157.23 kg/cm^2 , 175.83 kg/cm^2 , y en comparación a los valores 157.55 kg/cm^2 , 190.46 kg/cm^2 , 210.19 kg/cm^2 , representa una disminución en 20.26%, 17.45%, 16.35% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 12% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 2", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 111.61 kg/cm², 140.10 kg/cm², 160.19 kg/cm², y en comparación a los valores: 157.55 kg/cm², 190.46 kg/cm², 210.19 kg/cm², representa una disminución en 29.16%, 26.44%, 23.79% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 15% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 1.5", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 99.49 kg/cm², 123.80 kg/cm², 145.54 kg/cm², y en comparación a los valores: 157.55 kg/cm², 190.46 kg/cm², 210.19 kg/cm²., representa una disminución en 36.85%, 35%, 30.76% respectivamente, en comparación al concreto patrón.

En la Figura 35, se muestra el comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz, tanto en aumento y disminución de la resistencia a la compresión del concreto, trabajados con los porcentajes de adición preliminares de 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% con respecto al concreto sin adición de ceniza de cascarilla de arroz (Concreto Patrón – F'c=210 kg/cm²)

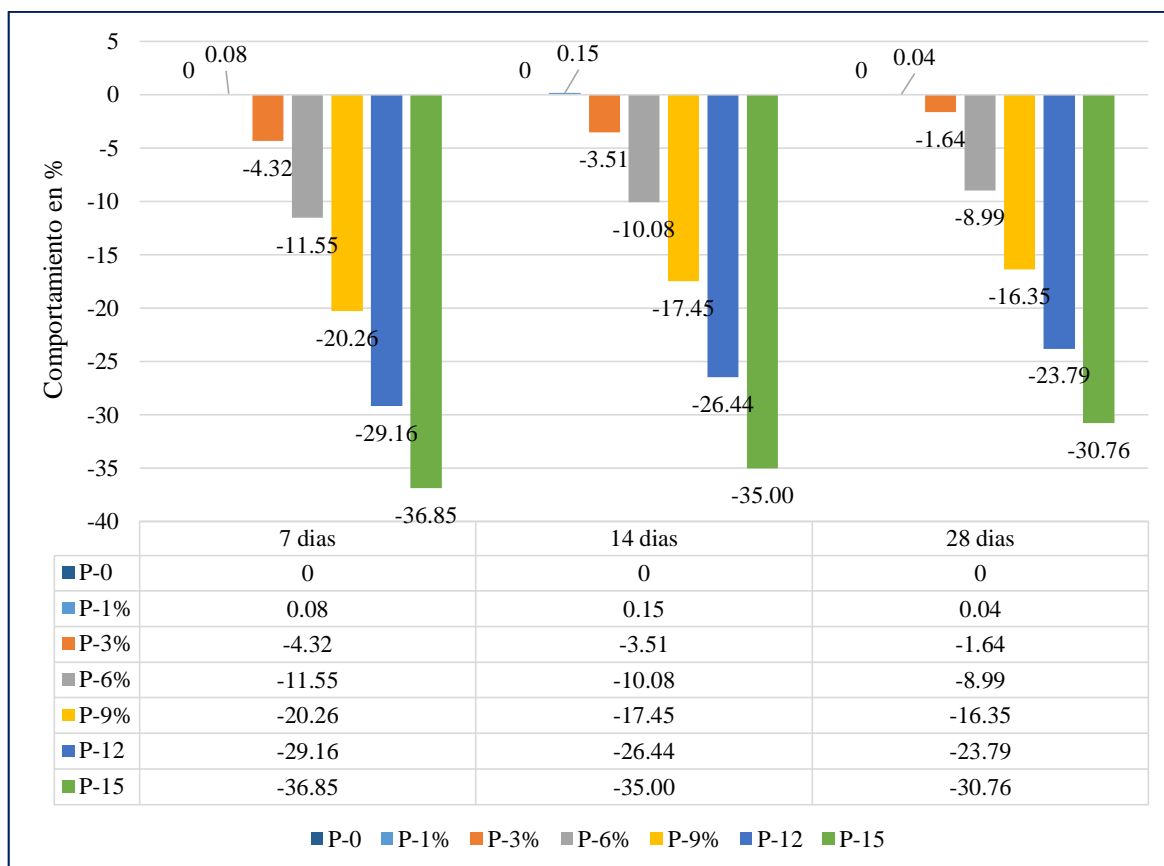


Figura 35. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con los porcentajes preliminares en relación al C° patrón – F'c=210 kg/cm². (Fuente: Elaboración propia).

3.4.1.2.2. Ensayos definitivos – $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Con la Figura 36, analizamos los ensayos preliminares en función al comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz dentro del concreto, observando que, a mayor porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, disminuye el porcentaje de la resistencia a la compresión, además el único porcentaje que le mejora ligeramente es el 1%; entonces elegimos como porcentajes definitivos de la adición de la ceniza de la cascarilla de arroz a 2%, 4% y 6%.

3.4.1.1.2.1. Concreto patrón sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.

El concreto patrón $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 158.86 kg/cm^2 , 190.23 kg/cm^2 , 210.43 kg/cm^2 .

3.4.1.1.2.2. Concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes con adición de 2% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 159.44 kg/cm^2 , 191.49 kg/cm^2 , 212.48 kg/cm^2 , y en comparación a los valores: 158.86 kg/cm^2 , 190.23 kg/cm^2 , 210.43 kg/cm^2 , representa un incremento en 0.37%, 0.66%, 0.97% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 4% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 149.74 kg/cm^2 , 182.14 kg/cm^2 , 201.33 kg/cm^2 , y en comparación a los valores: 158.86 kg/cm^2 , 190.23 kg/cm^2 , 210.43 kg/cm^2 , representa una disminución en 5.74%, 4.25%, 4.32% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

Los especímenes con adición de 6% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 139.83 kg/cm^2 , 172.83 kg/cm^2 , 191.00 kg/cm^2 , y en comparación a los valores: 158.86 kg/cm^2 , 190.23 kg/cm^2 , 210.43 kg/cm^2 , representa una disminución en 11.98%, 9.15%, 9.23% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

En la Figura 36, se muestra el comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz, tanto en aumento y disminución de la resistencia a la compresión del concreto, trabajados con los

porcentajes de adición definitivos de 2%, 4 y 6% con respecto al concreto sin adición de ceniza de cascarilla de arroz (Concreto Patrón – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$)

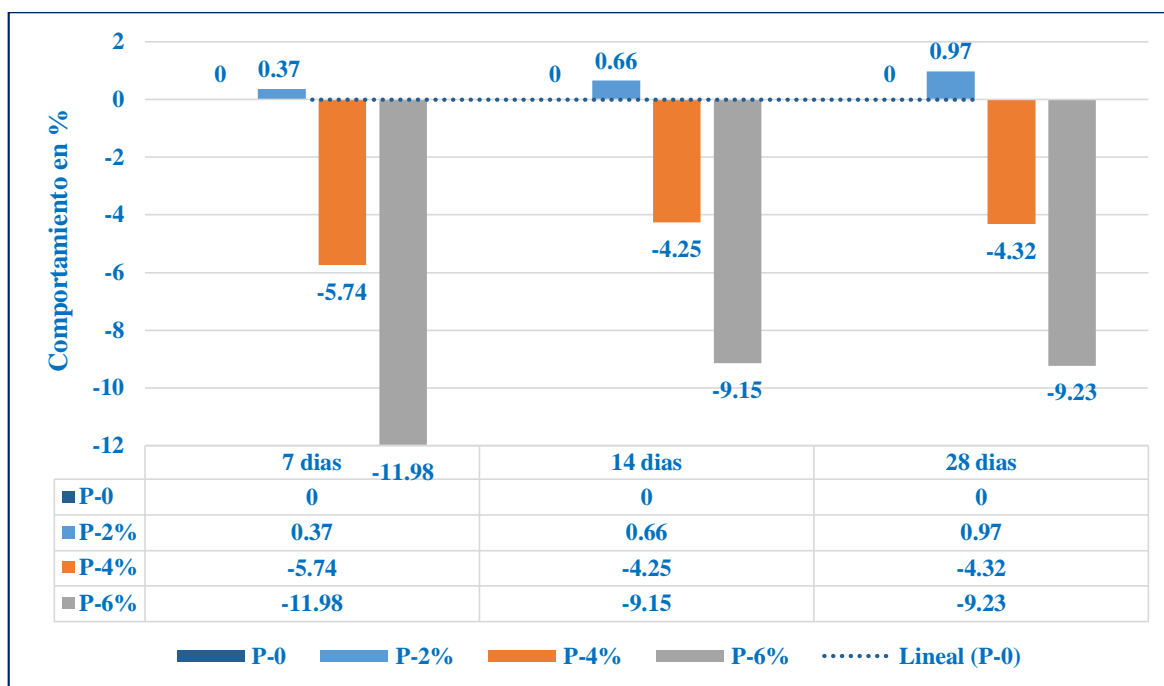


Figura 36. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en la resistencia a compresión del concreto, con los porcentajes definitivos en relación al C° patrón – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente. Elaboración propia).

3.4.1.2.3. Ensayos con el porcentaje adecuado – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Con la Figura 37, analizamos los ensayos definitivos, observando que el porcentaje que mejora levemente a la resistencia patrón es la adición de 2%. Teniendo a éste como el porcentaje adecuado de diseño.

3.4.1.2.3.1. Concreto patrón sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.

El concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 158.23 kg/cm^2 , 190.55 kg/cm^2 , 210.35 kg/cm^2 .

3.4.1.2.3.2. Concreto con adición adecuado de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes con adición del porcentaje adecuado de 2% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ ", la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 159.18 kg/cm^2 , 192.51 kg/cm^2 , 213.82 kg/cm^2 , y en comparación a los valores: 158.23 kg/cm^2 , 190.55 kg/cm^2 , 210.35 kg/cm^2 ,

representa un incremento en 0.6%, 1.03%, 1.65% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

En la Figura 37, se muestra la comparación de las resistencias a la compresión de concreto con adición del porcentaje adecuado de ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes de 2% con respecto al concreto sin adición de ceniza de cascarilla de arroz (Concreto Patrón $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$)

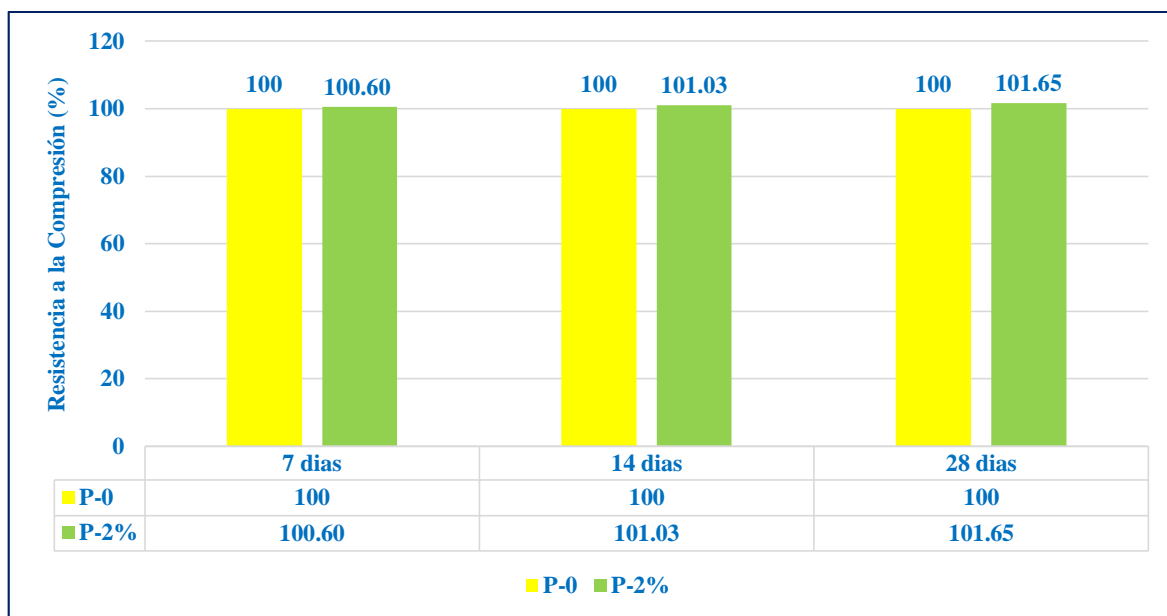


Figura 37. Resistencia a la compresión en porcentaje, de la adición adecuada de 2% de ceniza de la cascarilla de arroz en relación al C° patrón – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente. Elaboración propia)

3.4.1.2. Ensayo de la resistencia a flexión del concreto.

Los especímenes prismáticos de concreto fueron adicionados con el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz que fue el 2%, determinada con los ensayos de resistencia a compresión.

3.4.1.2.1. Ensayos con el porcentaje adecuado – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

3.4.1.2.1.1. Concreto patrón sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.

El concreto patrón presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ " , la resistencia a la flexión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 25.15 kg/cm^2 , 30.18 kg/cm^2 , 39.34 kg/cm^2 .

3.4.1.2.1.2. Concreto patrón con adición adecuada de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes con adición del porcentaje adecuado de 2% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ " , la resistencia a la flexión a las edades de 7, 14 y 28 días

son los siguientes valores respectivamente: 26.29 kg/cm², 30.98 kg/cm², 41.57 kg/cm², y en comparación a los valores: 25.15 kg/cm², 30.18 kg/cm², 39.34 kg/cm², representa un incremento en 4.53%, 2.65%, 5.67% respectivamente, en comparación con las probetas patrón.

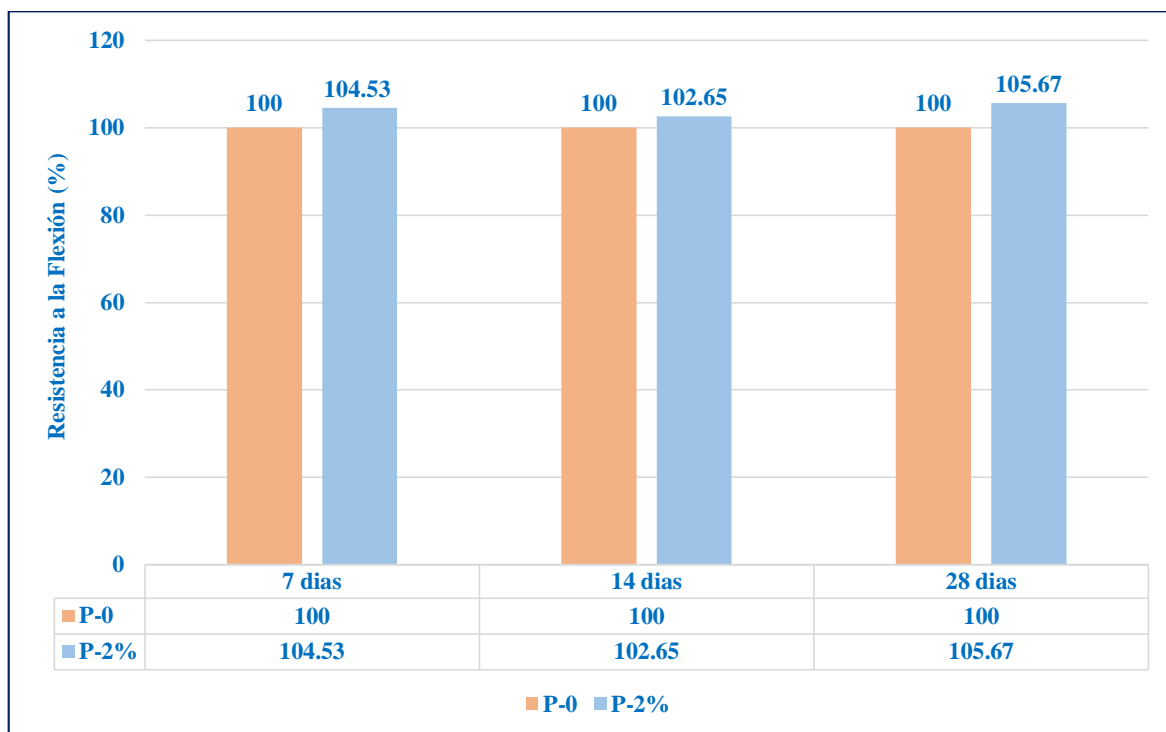


Figura 38. Resistencia a la flexión en porcentaje, de la adición adecuada de 2% de ceniza de la cascarilla de arroz en relación al C° patrón – F’c=175 kg/cm². (Fuente. Elaboración propia).

3.4.1.2.2. Ensayos con el porcentaje adecuado – F’c=210 kg/cm².

3.4.1.2.2.1. Concreto patrón sin adición de ceniza de cascarilla de arroz.

El concreto patrón presentó un asentamiento de 3 ½”, la resistencia a la flexión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 27.81 kg/cm², 32.44 kg/cm², 46.06 kg/cm².

3.4.1.2.2.2. Concreto patrón con adición adecuada de ceniza de cascarilla de arroz.

Los especímenes con adición del porcentaje adecuado de 2% de ceniza de cascarilla de arroz, presentó un asentamiento de 3 ½ ”, la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días son los siguientes valores respectivamente: 28.08 kg/cm², 32.58 kg/cm², 47.83 kg/cm², y en comparación a los valores: 27.81 kg/cm², 32.44 kg/cm², 46.06 kg/cm², representa un incremento en 0.97%, 0.43%, 3.84% respectivamente, en comparación al concreto patrón.

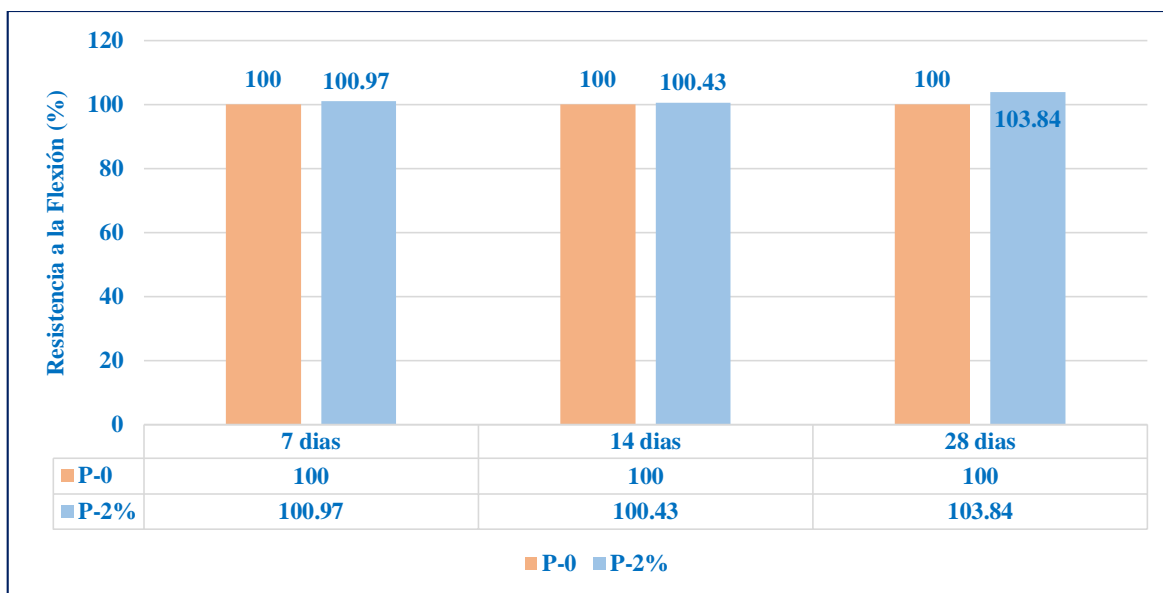


Figura 39. Resistencia a la compresión en porcentaje de la adición adecuada de 2% de ceniza de la cascarilla de arroz en relación al C° patrón – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$. (Fuente. Elaboración propia)

3.4.2 En relación a la Hipótesis

Siendo las siguientes Hipótesis de esta tesis:

H1: “La adición de ceniza de la cascarilla de arroz, mejorará la propiedad de la resistencia del concreto en la región San Martín.”

H2: “Se determinará la cantidad adecuada de adición de ceniza de la cascarilla de arroz, que mejorará la propiedad de la resistencia a la compresión del concreto.”

H3: “Se determinará la cantidad adecuada de adición de ceniza de la cascarilla de arroz, que mejorará la propiedad de la resistencia a la flexión del concreto.”

Para discutir las hipótesis se realizó ensayos a la resistencia a la compresión a testigos cilíndricos de concreto, y a la resistencia a la flexión a testigos prismáticos de concreto, las cuales fueron elaborados en el Laboratorio de Tecnología de Concreto de la Universidad Nacional de San Martín, estos testigos de concreto fueron hechos sin y con adición de ceniza de cascarilla de arroz a porcentajes de 2%, 4% y 6% con respecto al peso del cemento. Los resultados obtenidos en esta investigación nos dicen que, al adicionar ceniza de la cascarilla de arroz en su estado natural en la elaboración de concreto, mejora su propiedad de la resistencia por lo que la primera hipótesis planteada es aceptada.

Los resultados de los ensayos con el porcentaje adecuado de adición en 2% incrementaron la resistencia de la compresión y flexión del concreto, por lo que, la segunda y tercera hipótesis planteada es aceptada.

CONCLUSIONES

- El agregado grueso utilizado en la investigación cumple con los parámetros para su granulometría especificada en las normas técnicas para ser utilizado en la elaboración de concreto.
- El módulo de finura y la granulometría del agregado fino utilizado en la investigación no cumple con los parámetros especificados en las normas técnicas para ser utilizado en la elaboración de concreto, por lo que tuvimos que realizar la estabilización del agregado fino con el agregado fino triturado, de esta manera, se cumple la granulometría y módulo de finura para el diseño de mezcla.
- Las probetas patrón obtuvieron 176.53 kg/cm^2 y 210.35 kg/cm^2 en los ensayos de resistencias a compresión a la edad de 28 días.
- La resistencia a la compresión de las probetas con el 2% de adición de ceniza de cascarilla de arroz, fueron resistencias de 177.66 kg/cm^2 y 213.82 kg/cm^2 , teniendo un incremento en un 0.64% para el primer diseño patrón y 1.65% para el segundo diseño patrón. Llegando a la conclusión que, el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz en la elaboración del concreto es de 2%, incrementando levemente su resistencia a la compresión.
- Las resistencias a la flexión de los especímenes prismáticos de concreto a edad de 28 días para los dos diseños patrones, fueron los siguientes módulos de roturas: 39.34 kg/cm^2 y 46.06 kg/cm^2 , respectivamente.
- La resistencia a la flexión de los especímenes prismáticos con el 2% de adición de ceniza de cascarilla de arroz, obteniendo módulos de roturas de 41.57 kg/cm^2 y 47.83 kg/cm^2 , para los dos diseños patrones, teniendo un incremento en un 5.67% para el primer diseño patrón y 3.84% para el segundo diseño patrón. Llegando a la conclusión que, el porcentaje adecuado de adición de ceniza de cascarilla de arroz en la elaboración del concreto es de 2%, incrementando levemente su resistencia a la flexión.

RECOMENDACIONES

- Con los resultados de la investigación se recomienda el uso del concreto con un porcentaje de adición de la ceniza de cascarilla de arroz en un 2%, y así darle un uso a este material que produce contaminación como desperdicio.
- En la presenta investigación se utilizó ceniza de cascarilla de arroz de canteras naturales, sin ningún proceso de industrialización, por lo cual se recomienda la existencia de industrias para la comercialización de cenizas de cascarillas de arroz con especificaciones establecidas por su calcinación controlada y su molienda.
- Se recomienda ampliar los estudios en otras propiedades mecánicas del concreto, como la segregación o su trabajabilidad, con el fin de comprobar el uso viable de la ceniza de la cascarilla de arroz.
- Se recomienda el empleo de otros aditivos naturales que en la actualidad sean considerados desechos, para generar un reúso de éstos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga Mendoza, J. C., & Badajos Quispe, B. (2018). *Adicion de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto F'c 210kg/cm², Atalaya, Ucayali - 2018*. Tesis de Pre-Grado, Universidad César Vallejo, Lima.
- Aquiles, H. (17 de Setiembre de 2019). Produccion de Arroz Cáscara en la región San Martín. (L. López del Aguila, Entrevistador)
- Arthur H., N. (1999). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO*. Bogotá: Emma Ariza H.
- Avalos Esquivel, G., & Saldaño Costa, A. (2012). *Efecto del contenido de sílice amorfa en la ceniza de la cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresion en morteros de cemento portland y porosidad y absorcion en concreto de cemento portland*. Tesis de pre-grado, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Chávez, S. (2003). *Concreto Armado*. Tarapoto.
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Haro Molina, C. (2016). *Analisis Comparativo de la resistencia a flexion enetre el hormigon tradicional y hormigon adicionando cenizas de cascarilla de arroz (cca) y hormigon adicionando con cenizas de bagazo de caña de azucar (cbc)*. Tesis de Pre-Grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Jaime Huertas, M. Á., & Portocarrero Regalado, L. A. (2018). *Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018*. Tesis de pre-grado, Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- Juárez Quevedo, B. (2012). *La Utilización de Cáscara de Arroz Bajo el Proceso de Calcinación Controlada como Puzolana Artificial en el Diseño de Morteros para Acabados*. TRABAJO DE GRADUACION, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Mafla B. , A. (2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción. *Quéhacer de la Facultad de Ingenieria Civil*, 5.
- Mauricio Córdova , M., Pérez Alverca , E., & Vargas Olivera, E. (2017). *Utilización de las cenizas de cascarilla de arroz para mejorar el comportamiento estructural de las construcciones del distrito de Nueva Cajamarca*. Tesis de Pre-grado, Universidad Católica, Sedes Sapientiae, Nueva Cajamarca.
- Mincetur. (31 de Marzo de 2008). *Ministerio de Comercio Exterior y Turismo*. Obtenido de Ministerio de Comercio Exterior y Turismo: https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/informes/Reporte_Comercial_de_Productos_Arroz2017.pdf
- Niño Rojas, V. (2011). *Metodología de la Investigación - Diseño y Ejecucion*. Bogotá.

- Pasquel Carbajal, E. (1992). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*. Lima.
- Pérez Alamá, V. (1990). *El concreto Armado en las estructuras*. Mexico: Trillas, S.A. de C.V.
- Rivera L., G. (s.f.). *Concreto Simple*.
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima: ACI Peru.
- Rivva López, E. (2014). *Diseño de Mezclas*.
- Sánchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bhandar Editores LTDA.
- Serrano, T. (2016). *Morteros aligerados con cascarilla de arroz: Diseño de Mezclas y evaluación de propiedades*. Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Villegas Martínez, C. A. (2012). *Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo*. Tesis para optar grado de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Villegas, C. (2014). *Tecnología de concreto. Diseño de mezclas para la elaboración de concreto estructural-Método Comité 211 del ACI*. Obtenido de <http://cecfic.uni.edu.pe/archivos/concreto/Metodo%20ACI%20211%20%20MS.%20ING.%20VILLEGAS.pdf>
- NTP 339.034:201. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*.
- NTP 339.035:2009. *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*.
- NTP 339.047:2006. *Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados*.
- NTP 339.078:2012. *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*.
- NTP 339.088. *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*.
- NTP 339.183:2013. *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*.
- NTP 339.185:2013 *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*
- NTP 400.011:2013. *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*.
- NTP 400.012:2013. *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*.
- 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*.

NTP 400.021:2002. *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.*

NTP 400.022:2013. *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.*

ANEXOS

Anexo A:

Ensayo de agregados

A.1. AGREGADO GRUESO

Procedencia cantera "Gatica"- Rio Huallaga.

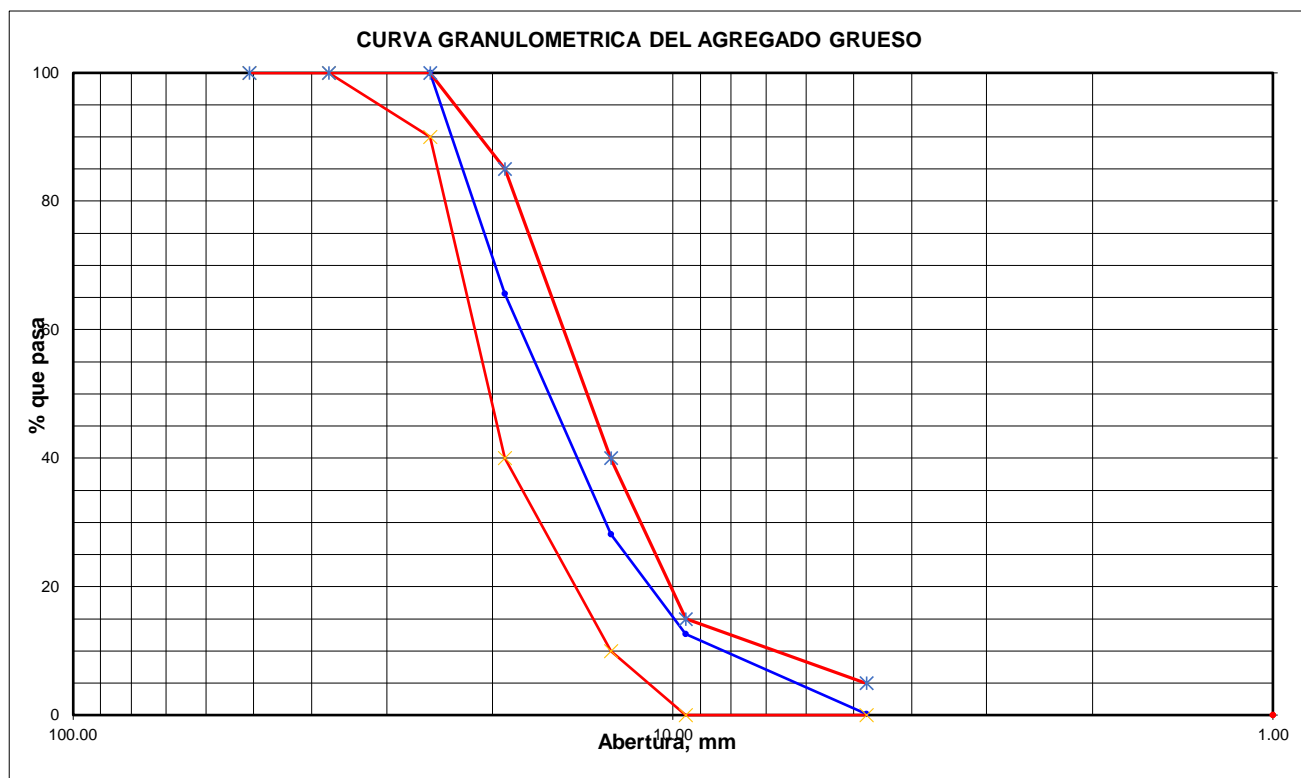
A.1.1 ENSAYO DE GRANULOMETRIA

Peso Inicial Seco, [gr]	8554.00
-------------------------	---------

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [gr]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]
2"	50.800				
1 1/2"	37.500				
1"	25.400				100.00
3/4"	19.050	2945.00	34.43	34.43	65.57
1/2"	12.700	3202.00	37.43	71.86	28.14
3/8"	9.525	1327.00	15.51	87.37	12.63
N° 4	4.760	1065.00	12.45	99.82	0.18
< N° 4	0.000	15.00	0.18	100.00	0.00

A.1.1.1 AGREGADO GRUESO VS ASTM C-33 HUSO467

Mallas	Porcent.Acum. Pasante [%]	Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 467	
2"			
1 1/2"			
1"	100.00	90	100
3/4"	65.57	40	85
1/2"	28.14	10	40
3/8"	12.63	0	15
N° 4	0.18	0	5
< N° 4	0.00		



A.1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA
Peso seco	gr	11,073
Peso Húmedo	gr	11,134
Contenido de Humedad	%	0.55

A.1.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION (ASTM C128)

PROCEDIMIENTO		
1. Peso de muestra secada al horno	[gr]	8985.0
2. Peso de muestra saturada con superficie seca	[gr]	9058.3
3. Peso de muestra saturada dentro del agua	[gr]	5700.0
4. Peso específico de masa	[gr/cc]	2.68
5. Peso específico de masa superficialmente seco	[gr/cc]	2.70
6. Peso específico aparente	[gr/cc]	2.74
7. Porcentaje de absorción	[%]	0.82

A.1.4. PESO UNITARIO (NORMA ASTM C29)

Procedimiento		P.U.S.	P.U.C
1. Peso molde + material	[Kg]	18.342	18.726
2. Peso molde	[Kg]	5.155	5.155
3. Peso del material	[Kg]	13.187	13.571
4. Volumen del molde	[m ³]	0.0095	0.0095
5. Peso Unitario	[Kg/m ³]	1388.00	1429.00

A.2 AGREGADO FINO

Procedencia cantera "Gatica Perú"- Rio Cumbaza

A.2.1. ENSAYO DE GRANULOMETRIA**A.2.1.1 GRANULOMETRIA ARENA FINA**

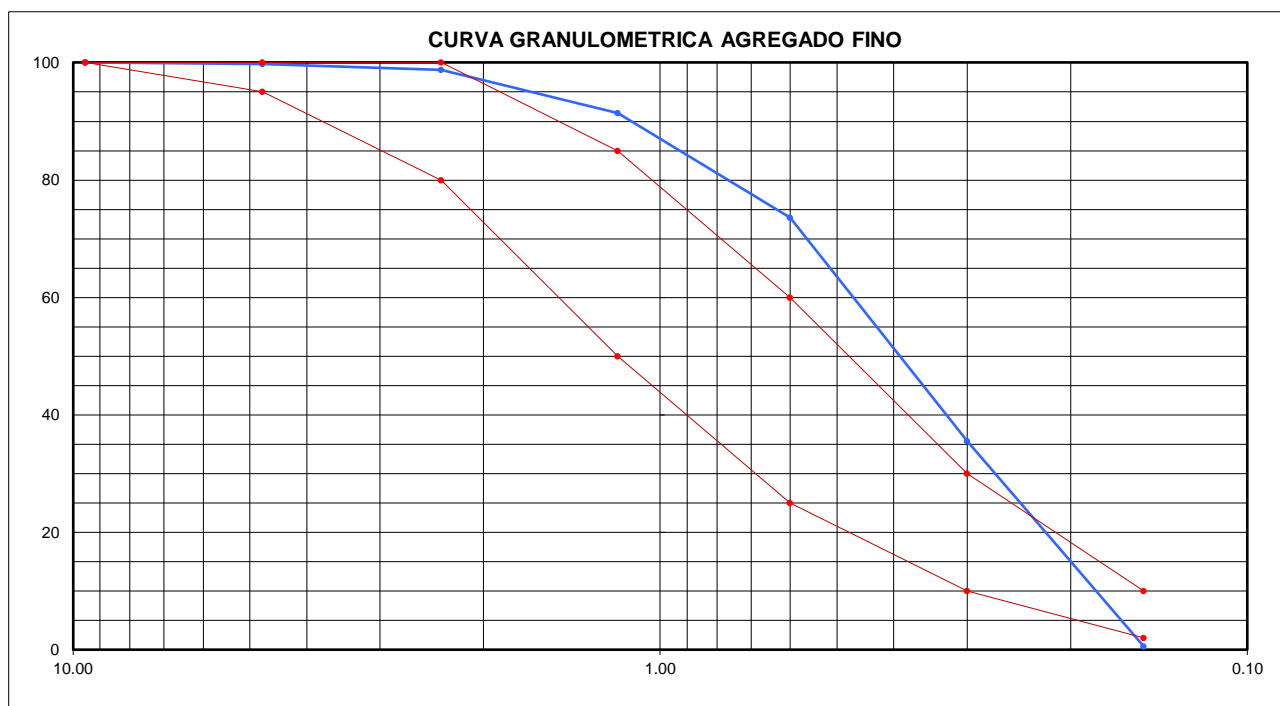
Peso Inicial Seco, [gr]	1000
-------------------------	------

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]
3/8"	9.525				100.00
N° 4	4.760	2.00	0.20	0.20	99.80
N° 8	2.360	10.00	1.00	1.20	98.80
N° 16	1.180	74.00	7.40	8.60	91.40
N° 30	0.600	178.00	17.80	26.40	73.60
N° 50	0.300	380.00	38.00	64.40	35.60
N° 100	0.150	350.00	35.00	99.40	0.60
<N° 100	0.000	6.00	0.60	100.00	00

$$\text{Modulo de finura} = \frac{0.20 + 1.20 + 8.60 + 26.40 + 64.40 + 99.40}{100} = 2.00$$

A.2.1.1.1 ARENA FINA VS ASTM C33-83

Mallas	Porcent.Acum. Pasante [%]	Especificaciones Técnicas ASTM C-33	
3/8"	100.00		100
N° 4	99.80	95	100
N° 8	98.80	80	100
N° 16	91.40	50	85
N° 30	73.60	25	60
N° 50	35.60	10	30
N° 100	0.60	2	10
<N° 100	0.00		



A.2.1.2 GRANULOMETRIA AGREGADO FINO TRITURADO

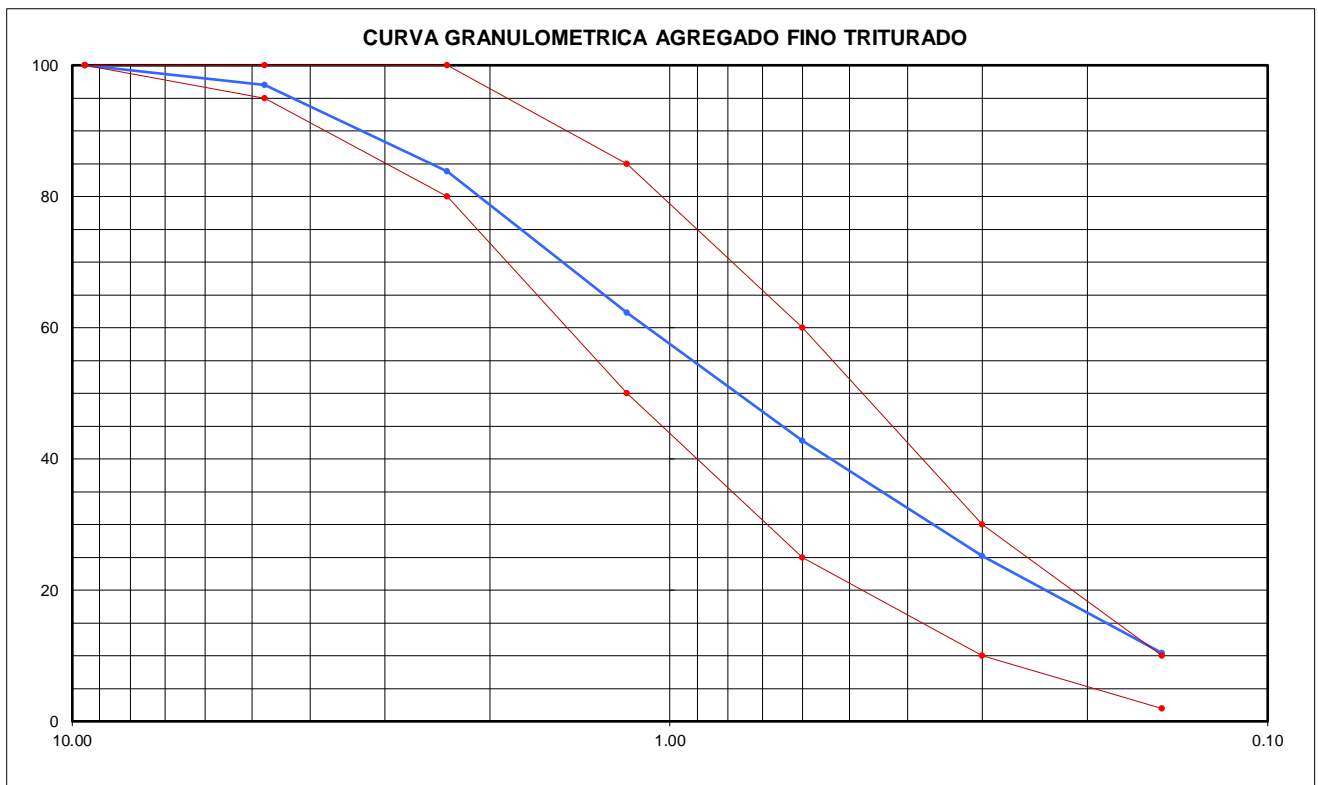
Peso Inicial Seco, [gr]	1000
-------------------------	------

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]
3/8"	9.525				100.00
N° 4	4.760	30.00	3.00	3.00	97.00
N° 8	2.360	132.00	13.20	16.20	83.80
N° 16	1.180	215.00	21.50	37.70	62.30
N° 30	0.600	195.00	19.50	57.20	42.80
N° 50	0.300	176.00	17.60	74.80	25.20
N° 100	0.150	148.00	14.80	89.60	10.40
<N° 100	0.000	104.00	10.40	100.00	0.00

$$\text{Modulo de finura} = \frac{3.00 + 16.20 + 37.70 + 57.20 + 74.80 + 89.60}{100} = 2.79$$

A.2.1.2.1 ARENA FINO TRITURADO VS ASTM C33-83

Mallas	Porcent.Acum. Pasante [%]	Especificaciones Técnicas ASTM C-33	
3/8"	100.00		100
N° 4	97.00	95	100
N° 8	83.80	80	100
N° 16	62.30	50	85
N° 30	42.80	25	60
N° 50	25.20	10	30
N° 100	10.40	2	10
<N° 100	0.00		



A.3 COMBINACION DE AGREGADOS

Según la norma ASTM C33 buscas un módulo de finura que este entre 2.30 y 3.10

$$P_A = \frac{MF_{MEZCLA} - MF_B}{MF_A - MF_B} \times 100$$

Donde:

P_A : Porcentaje de material que tiene que usarse en la mezcla

MF_{MEZCLA} : Modulo de finura de la mezcla de agregados

MF_A : Modulo de Finura de arena fina

MF_B : Modulo de Finura de agregado fino triturado

$$P_A = \frac{2.40 - 2.79}{2.00 - 2.79} \times 100 = 48\%$$

$$P_B = 100 - P_A = 52\%$$

A.3.1 GRANULOMETRIA DE AGREGADOS COMBINADOS

Peso Inicial Seco, [gr]	1000
-------------------------	------

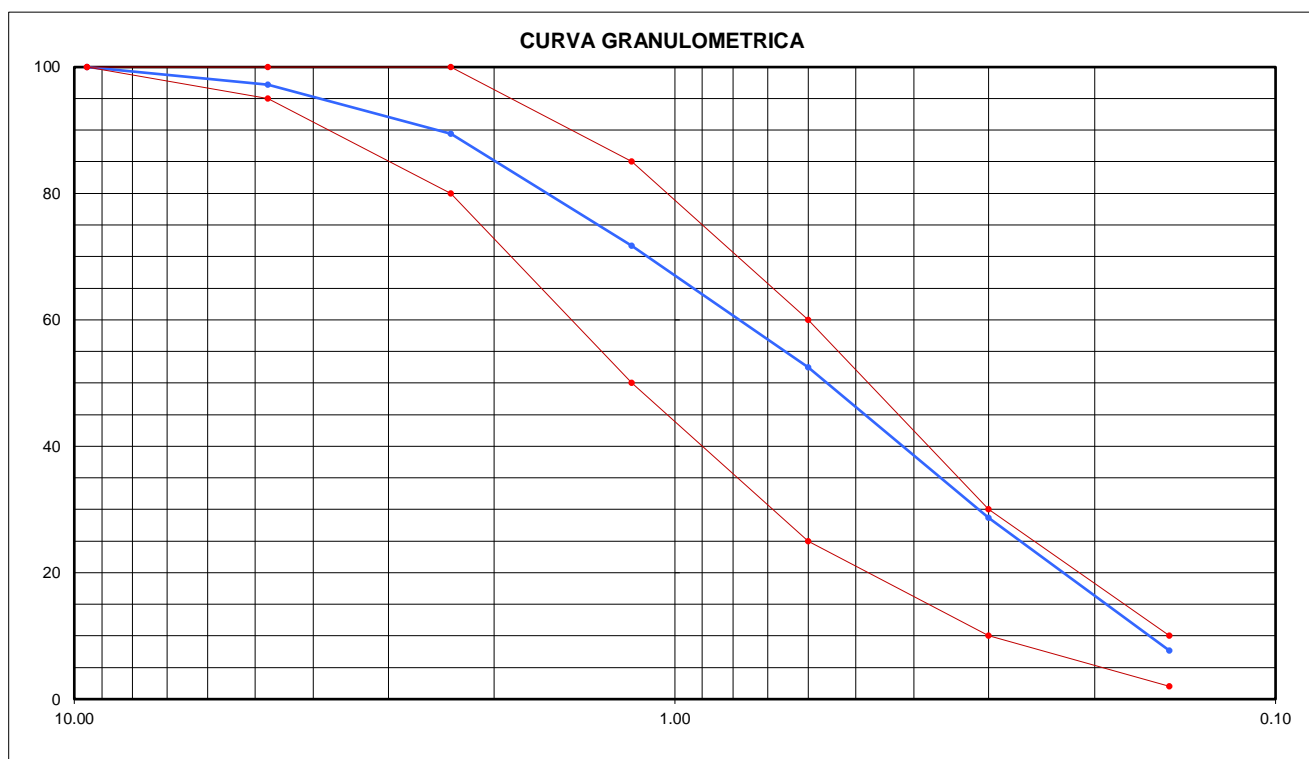
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]
3/8"	9.525				100.00
N° 4	4.760	28.00	2.80	2.80	97.20
N° 8	2.360	78.00	7.80	10.60	89.40
N° 16	1.180	177.00	17.70	28.30	71.70
N° 30	0.600	192.00	19.20	47.50	52.50
N° 50	0.300	238.00	23.80	71.30	28.70
N° 100	0.150	210.00	21.00	92.30	7.70
<N° 100	0.000	77.00	7.70	100.00	0.00

En la práctica se obtuvo con la combinación 48% arena fina 52% A.G triturado

$$\text{Modulo de finura} = \frac{2.80 + 10.60 + 28.30 + 47.50 + 71.30 + 92.30}{100} = 2.53$$

A.3.2 AGREGADO COMBINADO VS ASTM C33-83

Mallas	Porcent.Acum. Pasante [%]	Especificaciones Técnicas ASTM C-33	
3/8"	100.00		100
N° 4	97.20	95	100
N° 8	89.40	80	100
N° 16	71.70	50	85
N° 30	52.50	25	60
N° 50	28.70	10	30
N° 100	7.70	2	10
<N° 100	0.00		



A.3.3 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO (NORMA ASTM C 127)

Procedimiento		
1. Peso de arena s.s.s. + fiola + peso del agua	[gr]	955.40
2. Peso de arena s.s.s. + peso de fiola	[gr]	647.00
3. Peso Agua	[gr]	308.00
4. Peso del recipiente	[gr]	106.00
4. Peso de arena secada al horno + recipiente	[gr]	596.00
5. Peso de la fiola N.º 01	[gr]	147.00
6. Peso de arena secada al horno	[gr]	490.00
7. Peso de arena s. s. s.	[gr]	500.00
8. Volumen del balón	[cc]	500.00
9. Peso específico de masa	[gr/cc]	2.55
10. Peso específico de masa sup.seco	[gr/cc]	2.60
11. Peso específico aparente	[gr/cc]	2.69
12. Porcentaje de absorción	[%]	2.04

A.3.4 PESO UNITARIO (NORMA ASTM C 29)

Procedimiento		P.U.S.	P.U.C.
		5.276	5.573
1. Peso molde + material	[Kg]		
2. Peso molde	[Kg]	1.700	1.700
3. Peso del material	[Kg]	3.576	4.741
4. Volumen del molde	[m ³]	0.0028	0.0028
5. Peso Unitario	[Kg/m ³]	1268.00	1681.00

A.3.5 CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCION	UNIDAD	MUESTRA
Peso seco	gr	4076
Peso Húmedo	gr	4181
Contenido de Humedad	%	2.58

Anexo B:

Diseño de mezcla

Consideraciones previas al diseño: De acuerdo a los resultados de los ensayos elaborados a los agregados tenemos los siguientes datos:

Propiedades Físicas de los agregados	Unidad	Agregado Fino	Agregado Grueso
Porcentaje de Absorción	%	2.04	0.82
Contenido de Humedad	%	2.58	0.55
Peso Específico	gr/cc	2.55	2.68
Peso Unitario Suelto	Kg/cm ³	1268	1388
Peso Unitario Compacto	Kg/cm ³	1373	1429
Módulo de Finura		2.53	-
Tamaño Máximo	Pulg.		1''
Tamaño Máximo Nominal	Pulg.		3/4''

B.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PATRÓN F'C= 175 KG/CM²

Siguiendo el Método ACI 211 tenemos:

B.1.1 SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Resistencia Especificada F' _c	Resistencia Promedio F' _{cr}
Menos de 210 kg/cm ²	F' _{cr} = F' _c + 70
Entre 210 y 350 kg/cm ²	F' _{cr} = F' _c + 85
Más de 350 kg/cm ²	F' _{cr} = F' _c + 98

Teniendo un f'_c de 175 kg/cm², obtenemos la resistencia promedio

$$F'_{cr} = F'_c + 70$$

$$F'_{cr} = 175 + 70$$

$$F'_{cr} = 245 \text{ Kg/cm}^2$$

B.1.2 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL

Para la investigación seleccionamos el tamaño máximo nominal de 3/4''

B.1.3 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Para la investigación seleccionamos el asentamiento de 3" a 4"

Asentamiento	Tamaño Máximo Nominal							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

B.1.4 SELECCIÓN DE VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para asentamiento de 3" a 4" y tamaño máximo nominal de 3/4", obtenemos en la tabla:

Volumen Unitario de Agua = 205 Lt.

B.1.5 SELECCIÓN DE CONTENIDO DE AIRE

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

Según la tabla el **contenido de aire atrapado es de 2%**

B.1.6 SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/ CEMENTO

F'cr (28 días)	Relación agua/cemento por Resistencia	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

$$F'_{cr} = 200 \quad \text{---} \quad \frac{r}{a} = 0.70$$

$$F'_{cr} = 245 \quad \text{---} \quad \frac{r}{a} = x$$

$$F'_{cr} = 250 \quad \text{---} \quad \frac{r}{a} = 0.62$$

$$\frac{245 - 200}{250 - 200} = \frac{x - 0.70}{0.62 - 0.70}$$

$$a/c = 0.63$$

B.1.7 CÁLCULO DEL CEMENTO

$$C = \frac{a}{a/c}$$

Donde:

C: Cantidad de cemento por m³

a: Volumen de agua por m³

a/c: Relación agua/cemento

$$C = \frac{205}{0.63} = 325.40 \text{ kg/m}^3$$

B.1.8 CÁLCULO DEL AGREGADO GRUESO

TMN del Agregado Grueso	Factor b/b_o			
	Módulo de Finura del Agregado Fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Para un Tamaño Máximo Nominal de 3/4" y módulo de Fineza del agregado fino de 2.53

$$MF = 2.40 \quad \text{---} \quad \frac{b}{b_o} = 0.66$$

$$MF = 2.53 \quad \text{---} \quad \frac{b}{b_o} = x$$

$$MF = 2.60 \quad \text{---} \quad \frac{b}{b_o} = 0.64$$

$$\frac{2.53 - 2.40}{2.60 - 2.40} = \frac{X - 0.66}{0.64 - 0.66}$$

$$\frac{b}{b_o} = 0.647$$

-Cálculo del A.G

$$P = (b/b) x P.U.C$$

Donde:

P : Peso del agregado grueso por m³

(b/b) : Factor Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

P.U.C : Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

$$P = 0.647 x 1429 = 924.56 \text{ kg/m}^3$$

B.1.9 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS

Se obtuvo de la siguiente manera siguiendo la norma ACI 211.1

$$- \quad V_{\text{Agua}} = \frac{P_{\text{Agua}} (l/m^3)}{P.E_{\text{Agua}} \times 1000} \quad (m^3)$$

$$V_{\text{Agua}} = \frac{205}{1.00 \times 1000}$$

$$V_{\text{Agua}} = 0.205 \quad m^3$$

$$- \quad V_{\text{Cemento}} = \frac{P_{\text{Cemento}} (kg/m^3)}{P.E_{\text{Cemento}} \times 1000} \quad (m^3)$$

$$V_{\text{Cemento}} = \frac{325.40}{3.11 \times 1000}$$

$$V_{\text{Cemento}} = 0.105 \quad m^3$$

$$- \quad V_{\text{Agr. Grueso}} = \frac{P_{\text{Agr. Grueso}} (kg/m^3)}{P.E_{\text{Agr. Grueso}} \times 1000} \quad (m^3)$$

$$V_{\text{Agr. Grueso}} = \frac{924.56}{2.68 \times 1000}$$

$$V_{\text{Agr. Grueso}} = 0.345 \quad m^3$$

$$- \quad V_{\text{Aire}} = \frac{\% \text{ Aire}}{100}$$

$$V_{\text{Aire}} = \frac{2}{100}$$

$$V_{\text{Aire}} = 0.02 \quad m^3$$

$$\text{Suma de Volu. Conocidos} = V_{(\text{agua})} + V_{(\text{cemento})} + V_{(\text{agr. grueso})} + V_{(\text{aire})}$$

$$\text{Suma de Volu. Conocidos} = 0.205 + 0.105 + 0.345 + 0.02$$

$$\text{Suma de Volu. Conocidos} = 0.675 \quad m^3$$

B.1.10 CÁLCULO DEL AGREGADO FINO

Teniendo la suma de volúmenes conocidos, se usa la siguiente fórmula para el cálculo de agregado fino.

$$V_{(\text{agr. fino})} = 1 \quad m^3 - (V_{(\text{agua})} + V_{(\text{cemento})} + V_{(\text{agr. grueso})})$$

$$V_{(agr.fino)} = 1 \text{ m}^3 - (0.675)$$

$$V_{(agr.fino)} = 0.325 \text{ m}^3$$

Para hallar el peso del agregado fino se usó la siguiente formula:

$$\text{Peso Arena} = V_{(arena)} \times P.E_{arena} \times 1000$$

$$\text{Peso Arena} = 0.325 \times 2.55 \times 1000$$

$$\text{Peso Arena} = \mathbf{829.73 \text{ kg/m}^3}$$

B.1.11 VALORES DE DISEÑO

- Cemento 325.40 (kg/m^3)
- Agua de diseño 205.00 (l/m^3)
- Agregado Fino Seco 829.73 (kg/m^3)
- Agregado Grueso Seco 924.56 (kg/m^3)

B.1.12 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE AGREGADOS

Se usó las siguientes formula:

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Peso Humedo}} = \text{Peso Agr. Fino Seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{Contenido de Humedad}}{100}\right)$$

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Peso Humedo}} = 829.73 \times \left(1 + \frac{2.58}{100}\right)$$

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Peso Humedo}} = \mathbf{851.14 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Agr. Grueso}_{\text{Peso Humedo}} = \text{Peso Agr. Grueso Seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{Contenido de Humedad}}{100}\right)$$

$$\text{Agr. Grueso}_{\text{Peso Humedo}} = 924.56 \times \left(1 + \frac{0.55}{100}\right)$$

$$\text{Agr. Grueso}_{\text{Peso Humedo}} = \mathbf{929.65 \text{ kg/m}^3}$$

B.1.13 APOORTE DE AGUA LIBRE DE LOS AGREGADOS

Se usa la siguiente fórmula para calcular la Humedad Superficial.

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Humedad Superficial}} = \% \text{Contenido de Humedad A. F} - \% \text{Absorción A. F}$$

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Humedad Superficial}} = 2.58 - 2.04$$

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Humedad Superficial}} = \mathbf{0.54 \%}$$

$$\text{Agr. Grueso}_{\text{Humedad Superficial}} = \% \text{Contenido de Humedad A. G} - \% \text{Absorción A. G}$$

$$\text{Agr. Grueso Humedad Superficial} = 0.55 - 0.82$$

$$\text{Agr. Fino Humedad Superficial} = -0.27 \%$$

Cálculo del Aporte de Humedad.

$$\text{Aporte de Humedad}_{\text{Agre. Fino}} = \text{Agregado Fino Seco} \times \left(\frac{\% \text{Humedad Superficial A. F.}}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de Humedad}_{\text{Agre. Fino}} = 829.73 \times \left(\frac{0.54}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de Humedad}_{\text{Agre. Fino}} = 4.48 \text{ kg}$$

$$\text{Aporte de Humedad}_{\text{Agre. Grueso}} = \text{Agregado Grueso Seco} \times \left(\frac{\% \text{Humedad Superficial A. G.}}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de Humedad}_{\text{Agre. Grueso}} = 924.56 \times \left(\frac{-0.27}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de Humedad}_{\text{Agre. Grueso}} = -2.50 \text{ Kg}$$

$$\text{Aporte de humedad A. G} + \text{A. F} = 4.48 - 2.50$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = 1.98 \text{ kg}$$

B.1.14 AGUA EFECTIVA

Se usa la siguiente formula:

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad de agregados}$$

$$\text{Agua efectiva} = 205 - (1.98)$$

$$\text{Agua efectiva} = 203.02 \text{ lts}$$

B.1.15 CALCULO DE PROPORCIONES EN PESO POR M3

	PESOS SECOS	PESOS EN OBRA
Cemento	325.40 kg	325.40kg
Agua	205.00 lts	203.02 lts
Agregado Fino	829.73 Kg	851.14 Kg
Agregado Grueso	904.56 kg	929.65 kg

PROPORCION EN PESO

Cemento	$325.40/325.40 = 1$
Agua	$203.02 * 42.5/325.40 = 26.52$
Agregado Fino	$851.14/325.40 = 2.62$
Agregado Grueso	$929.65/325.40 = 2.86$

DOSIFICACION EN PESO

1:2.62: 2.86 26.52 Lt/bolsa

B.1.16 CALCULO DE PROPORCIONES EN VOLUMEN POR SACO**PESO UNITARIO DE AGREGADOS**

$$P.U = P.U.S \times (\%Conte.Humedad/100 + 1) = 2.86$$

$$\text{Arena} \quad 1268 \times \left(\frac{2.58}{100} + 1 \right) = 1300.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Piedra} \quad 1388 \times \left(\frac{0.55}{100} + 1 \right) = 1395.63 \text{ kg/m}^3$$

PESOS POR PIE CUBICO DE MATERIALES (1m³ = 35 p³)

Cemento	42.50	kg/p ³
Agua	26.52	Lt/p ³
Arena	$1300.71/35 =$	37.16 kg/p ³
Piedra	$1395.63/35=$	39.88 kg/p ³

PESOS POR TANDA DE UN SACO

Cemento	42.50	kg/saco
Agua	26.52	Lt/saco
Arena	$42.5 \times 2.62 =$	111.17 kg/saco
Piedra	$42.5 \times 2.86 =$	121.42 kg/saco

PESOS POR TANDA DE UN SACO

Cemento	1.00	pie ³ /saco
Agua	26.52	Lt/saco
Arena	$111.17/37.16 =$	2.99 pie ³ /saco
Piedra	$121.42/39.88=$	3.05 pie ³ /saco

DOSIFICACION EN VOLUMEN

1:2.99:3.05 26.52 lt

B.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PATRÓN F'C= 210 KG/CM²

Siguiendo el Método ACI 211 tenemos:

B.2.1 SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Resistencia Especificada F'_c	Resistencia Promedio F'_{cr}
Menos de 210 kg/cm ²	$F'_{cr} = F'_c + 70$
Entre 210 y 350 kg/cm ²	$F'_{cr} = F'_c + 85$
Más de 350 kg/cm ²	$F'_{cr} = F'_c + 98$

Teniendo un f'_c de 210 kg/cm², obtenemos la resistencia promedio

$$F'_{cr} = F'_c + 85$$

$$F'_{cr} = 210 + 85$$

$$F'_{cr} = 295 \text{ Kg/cm}^2$$

B.2.2 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Para la investigación seleccionamos el tamaño máximo nominal de 3/4"

B.2.3 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Para la investigación seleccionamos el asentamiento de 3" a 4"

B.2.4 SELECCIÓN DE VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Asentamiento	Tamaño Máximo Nominal							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Para asentamiento de 3" a 4" y tamaño máximo nominal de 3/4", obtenemos en la tabla:

Volumen Unitario de Agua = 205 Lt.

B.2.5 SELECCIÓN DE CONTENIDO DE AIRE

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

Según la tabla el **contenido de aire atrapado es de 2%**

B.2.6 SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/ CEMENTO

F'cr (28 días)	Relación agua/cemento por Resistencia	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

$$F'_{cr} = 250 \quad \text{---} \quad \frac{r}{a} = 0.62$$

$$F'_{cr} = 295 \quad \text{---} \quad \frac{r}{a} = x$$

$$F'_{cr} = 300 \quad \text{---} \quad \frac{r}{a} = 0.55$$

$$\frac{295 - 250}{300 - 250} = \frac{X - 0.62}{0.55 - 0.62}$$

$$a/c = 0.58$$

B.2.7 CÁLCULO DEL CEMENTO

$$C = \frac{a}{a/c}$$

Donde:

C: Cantidad de cemento por m³

a: Volumen de agua por m³

a/c: Relación agua/cemento

$$C = \frac{205}{0.58} = 353.45 \text{ kg/m}^3$$

B.2.8 CÁLCULO DEL AGREGADO GRUESO

TMN del Agregado Grueso	Factor b/b _o			
	Módulo de Finura del Agregado Fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.80	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Para un Tamaño Máximo Nominal de 3/4" y módulo de Fineza del agregado fino de 2.53

$$MF = 2.40 \quad \text{---} \quad \frac{b}{b_o} = 0.66$$

$$MF = 2.53 \quad \text{---} \quad \frac{b}{b_o} = x$$

$$MF = 2.60 \quad \text{---} \quad \frac{b}{b_o} = 0.64$$

$$\frac{2.53 - 2.40}{2.60 - 2.40} = \frac{X - 0.66}{0.64 - 0.66}$$

$$b/b_o = 0.647$$

-Cálculo del A.G

$$P = (b/b) x P.U.C$$

Donde:

P : Peso del agregado grueso por m³

(b/b) : Factor Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

P.U.C : Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

$$P = 0.647 x 1429 = 924.56 \text{ kg/m}^3$$

B.2.9 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS

Se obtuvo de la siguiente manera siguiendo la norma ACI 211.1

$$- \quad V_{\text{Agua}} = \frac{P_{\text{Agua}} (l/m^3)}{P.E_{\text{Agua}} \times 1000} \quad (m^3)$$

$$V_{\text{Agua}} = \frac{205}{1.00 \times 1000}$$

$$V_{\text{Agua}} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$- \quad V_{\text{Cemento}} = \frac{P_{\text{Cemento}} (kg/m^3)}{P.E_{\text{Cemento}} \times 1000} \quad (m^3)$$

$$V_{\text{Cemento}} = \frac{353.4}{3.11 \times 1000}$$

$$V_{\text{Cemento}} = 0.114 \text{ m}^3$$

$$- \quad V_{\text{Agr. Grueso}} = \frac{P_{\text{Agr. Grueso}} (kg/m^3)}{P.E_{\text{Agr. Grueso}} \times 1000} \quad (m^3)$$

$$V_{\text{Agr. Grueso}} = \frac{924.56}{2.68 \times 1000}$$

$$V_{\text{Agr. Grueso}} = 0.345 \text{ m}^3$$

$$- \quad V_{\text{Aire}} = \frac{\% \text{ Aire}}{100}$$

$$V_{\text{Aire}} = \frac{2}{100}$$

$$V_{\text{Aire}} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Suma de Volu. Conocidos} = V_{(\text{agua})} + V_{(\text{cemento})} + V_{(\text{agr. grueso})} + V_{(\text{aire})}$$

$$\text{Suma de Volu. Conocidos} = 0.205 + 0.114 + 0.345 + 0.02$$

$$\text{Suma de Volu. Conocidos} = 0.684 \text{ m}^3$$

B.2.10 CÁLCULO DEL AGREGADO FINO

Teniendo la suma de volúmenes conocidos, se usa la siguiente fórmula para el cálculo de agregado fino.

$$V_{(agr.fino)} = 1 \text{ m}^3 - (V_{(agua)} + V_{(cemento)} + V_{(agr. grueso)})$$

$$V_{(agr.fino)} = 1 \text{ m}^3 - (0.684)$$

$$V_{(agr.fino)} = 0.316 \text{ m}^3$$

Para hallar el peso del agregado fino se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Arena} = V_{(arena)} \times P.E_{arena} \times 1000$$

$$\text{Peso Arena} = 0.316 \times 2.55 \times 1000$$

$$\text{Peso Arena} = 806.73 \text{ kg/m}^3$$

B.2.11 VALORES DE DISEÑO

- Cemento 353.45 (kg/m³)
- Agua de diseño 205.00 (l/m³)
- Agregado Fino Seco 806.73 (kg/m³)
- Agregado Grueso Seco 924.56 (kg/m³)

B.2.12 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE AGREGADOS

Se usó las siguientes fórmulas:

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Peso Humedo}} = \text{Peso Agr. Fino Seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Contenido de Humedad}}{100}\right)$$

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Peso Humedo}} = 806.73 \times \left(1 + \frac{2.58}{100}\right)$$

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Peso Humedo}} = 827.54 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agr. Grueso}_{\text{Peso Humedo}} = \text{Peso Agr. Grueso Seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Contenido de Humedad}}{100}\right)$$

$$\text{Agr. Grueso}_{\text{Peso Humedo}} = 924.56 \times \left(1 + \frac{0.55}{100}\right)$$

$$\text{Agr. Grueso}_{\text{Peso Humedo}} = 929.65 \text{ kg/m}^3$$

B.2.13 APOORTE DE AGUA LIBRE DE LOS AGREGADOS

Se usa la siguiente fórmula para calcular la Humedad Superficial.

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Humedad Superficial}} = \% \text{ Contenido de Humedad A.F} - \% \text{ Absorción A.F}$$

$$\text{Agr. Fino}_{\text{Humedad Superficial}} = 2.58 - 2.04$$

$$\mathbf{Agr. Fino}_{Humedad Superficial} = \mathbf{0.54 \%}$$

$$Agr. Grueso_{Humedad Superficial} = \%Contenido de Humedad A. G - \%Absorción A. G$$

$$Agr. Grueso_{Humedad Superficial} = 0.55 - 0.82$$

$$\mathbf{Agr. Fino}_{Humedad Superficial} = \mathbf{-0.27 \%}$$

Cálculo del Aporte de Humedad.

$$Aporte de Humedad_{Agre. Fino} = Agregado Fino Seco \times \left(\frac{\%Humedad Superficial A. F.}{100} \right)$$

$$Aporte de Humedad_{Agre. Fino} = 806.73 \times \left(\frac{0.54}{100} \right)$$

$$\mathbf{Aporte de Humedad}_{Agre. Fino} = \mathbf{4.36 kg}$$

$$Aporte de Humedad_{Agre. Grueso} = Agregado Grueso Seco \times \left(\frac{\%Humedad Superficial A. G.}{100} \right)$$

$$Aporte de Humedad_{Agre. Grueso} = 924.56 \times \left(\frac{-0.27}{100} \right)$$

$$\mathbf{Aporte de Humedad}_{Agre. Grueso} = \mathbf{-2.50 Kg}$$

$$Aporte de humedad A. G + A. F = 4.36 - 2.50$$

$$\mathbf{Aporte de humedad de los agregados = 1.86 kg}$$

B.2.14 AGUA EFECTIVA

Se usa la siguiente fórmula:

$$Agua efectiva = Agua de diseño - Aporte de humedad de agregados$$

$$Agua efectiva = 205 - (1.86)$$

$$\mathbf{Agua efectiva = 203.14 lts}$$

B.2.15 CÁLCULO DE PROPORCIONES EN PESO POR M3

	PESOS SECOS	PESOS EN OBRA
Cemento	353.45 kg	353.45 kg
Agua	205.00 lts	203.14 lts
Agregado Fino	806.73 Kg	827.54 Kg
Agregado Grueso	924.56 kg	929.65 kg

PROPORCIÓN EN PESO

Cemento	$353.45/353.45 = 1$
Agua	$203.14 * 42.5/353.45 = 24.43$
Agregado Fino	$827.54/353.45 = 2.34$
Agregado Grueso	$929.65/353.45 = 2.63$

DOSIFICACIÓN EN PESO

1:2.34: 2.63 24.43 Lt/bolsa

B.2.16 CÁLCULO DE PROPORCIONES EN VOLUMEN POR SACO**PESO UNITARIO DE AGREGADOS**

$$P.U = P.U.S \times (\%Conte.Humedad/100 + 1) = 2.86$$

$$\text{Arena} \quad 1268 \times \left(\frac{2.58}{100} + 1 \right) = 1300.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Piedra} \quad 1388 \times \left(\frac{0.55}{100} + 1 \right) = 1395.63 \text{ kg/m}^3$$

PESOS POR PIE CÚBICO DE MATERIALES (1m³ = 35 p³)

Cemento	42.50	kg/p ³
Agua	24.43	Lt/p ³
Arena	$1300.71/35 =$	37.16 kg/p ³
Piedra	$1395.63/35=$	39.88 kg/p ³

PESOS POR TANDA DE UN SACO

Cemento	42.50	kg/saco
Agua	24.43	Lt/saco
Arena	$42.5 \times 2.34 =$	99.51 kg/saco
Piedra	$42.5 \times 2.63 =$	111.78 kg/saco

PESOS POR TANDA DE UN SACO

Cemento	1.00	pie ³ /saco
Agua	24.43	Lt/saco
Arena	$111.17/37.16 =$	2.68 pie ³ /saco
Piedra	$121.42/39.88=$	2.80 pie ³ /saco

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

1:2.68:2.80 24.43 lt

Anexo C:

Ensayo de la resistencia a compresión de los testigos de Concreto - Probeta Patrón

$$F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

C.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES PRELIMINARES

C.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 7 DÍAS – Especímenes Preliminares – $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos preliminares de concreto a 0%, 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% a la edad de rotura de 7 días.

Resistencia a la Compresión 7 días – Especímenes Preliminares - $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	$F'c$ (kg/cm ²)	$F'cp$ (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	22254.95	125.94	126.55	0.44	0.34
	2	22509.88	127.38			
	3	22326.33	126.34			
P – 1%	1	22821.91	129.15	126.98	1.53	1.21
	2	22315.11	126.28			
	3	22180.51	125.52			
P – 3%	1	22010.22	124.55	124.33	0.16	0.13
	2	21839.93	123.59			
	3	22060.19	124.83			
P – 6%	1	20663.20	116.93	119.06	1.51	1.26
	2	20999.70	118.83			
	3	21455.51	121.41			
P – 9%	1	19932.08	112.79	112.18	0.43	0.38
	2	19415.09	109.87			
	3	20125.82	113.89			
P – 12%	1	18592.19	105.21	105.61	0.28	0.27
	2	18317.89	103.66			
	3	19077.57	107.96			
P – 15%	1	17119.74	96.88	96.86	0.01	0.02
	2	16831.17	95.24			
	3	17397.10	98.45			

C.1.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 14 DÍAS – Especímenes Preliminares – F'c=175 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos preliminares de concreto a 0%, 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% a la edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Compresión 14 días. – Especímenes Preliminares - F'c=175 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	28045.83	156.16	157.95	1.27	0.80
	2	30965.23	159.00			
	3	31249.73	158.71			
P – 1%	1	28384.37	157.42	158.86	1.02	0.64
	2	30463.54	158.54			
	3	31165.09	160.62			
P – 3%	1	27383.02	150.50	150.83	0.23	0.16
	2	30112.76	147.03			
	3	30523.70	154.96			
P – 6%	1	24625.76	137.88	138.74	0.61	0.44
	2	27447.26	138.99			
	3	27986.69	139.35			
P – 9%	1	22297.78	130.32	128.76	1.10	0.86
	2	25791.27	129.78			
	3	25557.76	126.18			
P – 12%	1	21436.13	118.75	119.29	0.38	0.32
	2	22508.86	117.82			
	3	22290.64	121.30			
P – 15%	1	18492.26	108.25	105.57	1.89	1.79
	2	19752.61	103.82			
	3	19088.78	104.64			

C.1.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS – Especímenes Preliminares – F'c=175 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos preliminares de concreto a 0%, 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% a la edad de rotura de 28 días.

Resistencia a la Compresión 28 días. – Especímenes Preliminares- F'c=175 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	30965.23	175.23	174.80	0.30	0.17
	2	31249.73	176.84			
	3	30456.40	172.35			
P – 1%	1	30463.54	172.39	175.28	2.05	1.17
	2	31165.09	176.36			
	3	31296.63	177.10			
P – 3%	1	30112.76	170.40	171.02	0.44	0.26
	2	30523.70	172.73			
	3	30029.15	169.93			
P – 6%	1	27447.26	155.32	158.44	2.20	1.39
	2	27986.69	158.37			
	3	28559.76	161.61			
P – 9%	1	25791.27	145.95	145.90	0.03	0.02
	2	25557.76	144.63			
	3	26001.33	147.14			
P – 12%	1	22508.86	127.37	128.30	0.65	0.51
	2	22290.64	126.14			
	3	23216.53	131.38			
P – 15%	1	19752.61	111.78	109.43	1.66	1.51
	2	19088.78	108.02			
	3	19174.44	108.50			

C.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES DEFINITIVOS

C.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 7 DÍAS – Especímenes Definitivos –

$F'c=175 \text{ kg/cm}^2$

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos definitivos de concreto a 0%, 2%, 4% y 6% a la edad de rotura de 7 días.

Resistencia a la Compresión 7 días – Especímenes Definitivos - $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	$F'c$ (kg/cm ²)	$F'cp$ (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	22501.72	127.33	126.34	1.27	1.01
	2	22072.43	124.90			
	3	22403.83	126.78			
P – 2%	1	22611.85	127.96	127.25	0.61	0.48
	2	22428.30	126.92			
	3	22420.14	126.87			
P – 4%	1	21487.12	121.59	120.86	0.63	0.52
	2	21292.36	120.49			
	3	21294.40	120.50			
P – 6%	1	20333.84	115.07	113.91	2.33	2.05
	2	19654.72	111.22			
	3	20399.10	115.44			

C.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 14 DÍAS – Especímenes Definitivos – F'c=175 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos definitivos de concreto a 0%, 2%, 4% y 6% a la edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Compresión 14 días – Especímenes Definitivos - F'c=175 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	28496.54	161.22	161.47	0.40	0.25
	2	30707.25	161.94			
	3	31152.85	161.26			
P – 2%	1	29396.93	164.92	164.20	2.58	1.57
	2	31461.82	161.34			
	3	30640.97	166.35			
P – 4%	1	27440.13	158.95	156.04	2.61	1.67
	2	31533.20	153.91			
	3	29998.55	155.28			
P – 6%	1	25689.30	148.12	143.99	4.97	3.45
	2	27377.93	138.48			
	3	26302.14	145.37			

**C.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS – Especímenes Definitivos –
F'c=175 kg/cm²**

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos definitivos de concreto a 0%, 2%, 4% y 6% a la edad de rotura de 28 días.

Resistencia a la Compresión 28 días – Especímenes Definitivos - F'c=175 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	30707.25	173.77	175.77	1.79	1.02
	2	31152.85	176.29			
	3	31321.11	177.24			
P – 2%	1	31461.82	178.04	176.96	3.17	1.79
	2	30640.97	173.39			
	3	31709.61	179.44			
P – 4%	1	31533.20	178.44	171.98	5.69	3.31
	2	29998.55	169.76			
	3	29642.68	167.74			
P – 6%	1	27377.93	154.93	154.93	6.10	3.94
	2	26302.14	148.84			
	3	28457.79	161.04			

C.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON EL DISEÑO ADECUADO

C.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 7 DÍAS – Diseño Adecuado – F'c=175 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón y la adición de la ceniza de cascarilla de arroz con 2%, a una edad de rotura de 7 días.

Resistencia a la Compresión 7 días – Diseño Adecuado - F'c=175 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	22379.36	126.64	126.64	2.69	2.12
	2	22979.96	130.04			
	3	22052.03	124.79			
	4	22925.92	129.73			
	5	21857.27	123.69			
	6	22080.58	124.95			
P – 2% (Porcentaje de adición Adecuado)	1	22328.37	126.35	127.10	0.50	0.39
	2	22488.46	127.26			
	3	22576.16	127.75			
	4	22526.19	127.47			
	5	22416.07	126.85			
	6	22430.34	126.93			

C.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 14 DÍAS – Diseño Adecuado – F'c=175 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón y la adición de la ceniza de cascarilla de arroz con 2%, a una edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Compresión 14 días – Diseño Adecuado - F'c=175 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	28645.41	162.10	161.92	0.97	0.60
	2	28909.51	163.59			
	3	28594.43	161.81			
	4	28518.97	161.38			
	5	28395.59	160.69			
	6	28615.84	161.93			
P – 2% (Porcentaje de adición Adecuado)	1	28794.29	162.94	164.30	2.04	0.79
	2	29329.63	165.97			
	3	29294.96	165.78			
	4	28873.83	163.39			
	5	28888.10	163.47			
	6	29022.70	164.23			

C.3.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS – Diseño Adecuado – F'c=175 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón y la adición de la ceniza de cascarilla de arroz con 2%, a una edad de rotura de 28 días.

Resistencia a la Compresión 28 días – Especímenes Definitivos - F'c=175 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	31636.19	179.02	176.53	2.07	1.17
	2	31125.32	176.13			
	3	31578.07	178.69			
	4	30992.76	175.38			
	5	30664.42	173.52			
	6	31810.56	180.01			
	7	31317.03	177.21			
	8	31611.72	178.88			
	9	31257.88	176.88			
	10	31575.01	178.67			
	11	31475.08	178.11			
	12	30855.10	174.60			
	13	31057.00	175.74			
	14	31200.78	176.55			
	15	30748.03	173.99			
	16	30601.20	173.16			
	17	31187.52	176.48			
	18	30850.00	174.57			
P – 2% (Porcentaje de adición Adecuado)	1	31591.33	178.76	177.66	1.48	0.83
	2	31664.74	179.18			
	3	31148.78	176.26			
	4	31461.82	178.03			
	5	31571.95	178.66			
	6	31441.43	177.92			
	7	31659.65	179.15			
	8	31714.71	179.46			
	9	31637.21	179.02			
	10	31139.60	176.21			
	11	31078.42	175.86			
	12	31426.13	177.83			
	13	31569.91	178.64			
	14	31461.82	178.03			
	15	30969.31	175.25			
	16	30869.38	174.68			
	17	31532.18	178.43			
	18	31186.50	176.47			

C.4 PESOS DE LOS TESTIGOS

		PESOS DESPUES DEL CURADO					
EDAD (Días)	Dosificaciones Preliminares						
	PATRON	1%	3%	6%	9%	12%	15%
7	12579	12552	12398	12247	12120	11965	11884
	12615	12514	12365	12238	12185	12054	11898
	12635	12532	12310	12268	12157	12084	11802
14	12601	12501	12362	12253	12198	12131	11874
	12564	12581	12314	12234	12135	11942	11860
	12637	12554	12367	12250	12141	11929	11887
28	12663	12494	12312	12230	12125	12073	11849
	12620	12539	12324	12210	12163	12028	11848
	12594	12530	12340	12204	12156	11968	11897
PROMEDIO	12612	12533	12344	12237	12153	12019	11867

		PESOS DESPUES DEL CURADO			
EDAD (Dias)	Dosificaciones Definitivas				
	PATRON	2%	4%	6%	
7	12650	12460	12358	12215	
	12610	12435	12308	12268	
	12634	12483	12384	12208	
14	12605	12430	12365	12193	
	12597	12415	12324	12186	
	12559	12438	12318	12238	
28	12681	12474	12369	12245	
	12668	12408	12371	12209	
	12596	12413	12369	12232	
PROMEDIO	12622.22	12439.56	12351.78	12221.56	

	PESOS DESPUES DEL CURADO	
EDAD (Días)	Dosificación Adecuada	
	PATRON	2%
7	12605	12431
	12695	12462
	12615	12385
	12650	12396
	12669	12464
	12669	12489
14	12680	12463
	12696	12402
	12595	12419
	12670	12439
	12651	12475
	12620	12460
28	12675	12429
	12601	12469
	12685	12490
	12615	12479
	12610	12439
	12585	12385
	12591	12391
	12591	12439
	12605	12354
	12595	12384
	12645	12384
	12652	12382
	12669	12439
	12588	12476
	12580	12409
	12596	12446
12635	12388	
12695	12374	
PROMEDIO	12633.8	12428

Anexo D:

Ensayo de la resistencia a compresión de los testigos de Concreto - Probeta Patrón

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

D.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES PRELIMINARES

D.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 7 DÍAS – Especímenes Preliminares – $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos preliminares de concreto a 0%, 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% a la edad de rotura de 7 días.

Resistencia a la Compresión 7 días – Especímenes Preliminares - $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	$F'c$ (kg/cm ²)	$F'cp$ (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	28409.86	160.77	157.55	2.79	1.77
	2	27587.98	156.12			
	3	27524.76	155.76			
P – 1%	1	27958.13	158.21	157.67	2.14	1.36
	2	28183.49	159.49			
	3	27446.25	155.31			
P – 3%	1	26444.90	149.65	150.74	2.73	1.81
	2	26281.75	148.72			
	3	27188.26	153.85			
P – 6%	1	24558.45	138.97	139.36	1.96	1.41
	2	24319.85	137.62			
	3	25002.02	141.48			
P – 9%	1	22452.77	127.06	125.63	1.67	1.33
	2	22273.31	126.04			
	3	21875.62	123.79			
P – 12%	1	19529.29	110.51	111.61	1.06	0.95
	2	19737.31	111.69			
	3	19901.48	112.62			
P – 15%	1	17515.39	99.12	99.49	2.42	2.43
	2	17190.10	97.28			
	3	18038.49	102.08			

D.1.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 14 DÍAS – Especímenes Preliminares – F'c=210 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos preliminares de concreto a 0%, 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% a la edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Compresión 14 días. – Especímenes Preliminares - F'c=210 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	33693.95	186.48	190.46	3.88	2.04
	2	37073.23	194.22			
	3	37214.97	190.67			
P – 1%	1	33532.83	192.00	190.75	1.14	0.60
	2	37241.48	190.49			
	3	37100.76	189.76			
P – 3%	1	32164.40	185.39	183.77	1.69	0.92
	2	36624.56	183.89			
	3	36211.59	182.01			
P – 6%	1	30665.44	167.81	171.26	3.04	1.77
	2	34281.29	172.44			
	3	33732.70	173.53			
P – 9%	1	28393.55	156.15	157.23	3.05	1.94
	2	30949.93	154.87			
	3	30808.20	160.67			
P – 12%	1	25025.48	138.71	140.10	1.46	1.04
	2	28201.84	139.97			
	3	28074.38	141.61			
P – 15%	1	21995.95	125.95	123.80	2.56	2.07
	2	25581.21	120.96			
	3	25626.08	124.47			

D.1.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS – Especímenes Preliminares – F'c=210 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos preliminares de concreto a 0%, 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% a la edad de rotura de 28 días.

Resistencia a la Compresión 28 días. – Especímenes Preliminares - F'c=210 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	37073.23	209.79	210.19	0.40	0.19
	2	37214.97	210.59			
	3	37141.55	210.18			
P – 1%	1	37241.48	210.74	210.28	0.42	0.20
	2	37100.76	209.95			
	3	37134.41	210.14			
P – 3%	1	36624.56	207.25	206.74	1.63	0.79
	2	36211.59	204.92			
	3	36766.30	208.05			
P – 6%	1	34281.29	193.99	191.30	2.51	1.31
	2	33732.70	190.89			
	3	33402.31	189.02			
P – 9%	1	30949.93	175.14	175.83	1.92	1.09
	2	30808.20	174.34			
	3	31454.69	178.00			
P – 12%	1	28201.84	159.59	160.19	1.70	1.06
	2	28074.38	158.87			
	3	28645.41	162.10			
P – 15%	1	25581.21	144.76	145.54	1.14	0.78
	2	25626.08	145.01			
	3	25949.33	146.84			

D.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES DEFINITIVOS

D.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 7 DÍAS – Especímenes Definitivos –

$F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos definitivos de concreto a 0%, 2%, 4% y 6% a la edad de rotura de 7 días.

Resistencia a la Compresión 7 días – Especímenes Definitivos - $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	$F'c$ (kg/cm ²)	$F'cp$ (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	28060.10	158.79	158.86	1.62	1.02
	2	28364.99	160.51			
	3	27793.96	157.28			
P – 2%	1	28597.49	161.83	159.44	2.14	1.34
	2	28060.10	158.79			
	3	27869.42	157.71			
P – 4%	1	26787.52	151.59	149.74	2.07	1.39
	2	26064.55	147.49			
	3	26531.57	150.14			
P – 6%	1	25305.89	143.20	139.83	2.95	2.11
	2	24488.10	138.57			
	3	24338.20	137.73			

D.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 14 DÍAS – Especímenes Definitivos – F'c=210 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos definitivos de concreto a 0%, 2%, 4% y 6% a la edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Compresión 14 días – Especímenes Definitivos - F'c=210 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	33516.52	188.01	190.23	2.54	1.34
	2	37484.17	193.00			
	3	36995.74	189.66			
P – 2%	1	33792.86	193.14	191.49	1.54	0.80
	2	36895.81	190.10			
	3	37587.16	191.23			
P – 4%	1	31880.92	182.26	182.14	1.68	0.92
	2	35218.40	183.77			
	3	35940.35	180.41			
P – 6%	1	30966.25	170.50	172.83	2.37	1.37
	2	33923.38	172.75			
	3	33827.53	175.23			

D.2.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS – Especímenes Definitivos – F'c=210 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión de los testigos definitivos de concreto a 0%, 2%, 4% y 6% a la edad de rotura de 28 días.

Resistencia a la Compresión 28 días – Especímenes Definitivos - F'c=210 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	37484.17	212.12	210.43	1.48	0.70
	2	36995.74	209.35			
	3	37077.31	209.81			
P – 2%	1	36895.81	208.79	212.48	3.59	1.69
	2	37587.16	212.70			
	3	38161.25	215.95			
P – 4%	1	35218.40	199.29	201.33	2.04	1.01
	2	35940.35	203.38			
	3	35574.27	201.31			
P – 6%	1	33923.38	191.97	191.00	1.23	0.65
	2	33827.53	191.42			
	3	33507.34	189.61			

D.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON EL DISEÑO ADECUADO

D.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 7 DÍAS – Diseño Adecuado – F'c=210 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón y la adición de la ceniza de cascarilla de arroz con 2%, a una edad de rotura de 7 días.

Resistencia a la Compresión 7 días – Diseño Adecuado - F'c=210 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	27352.43	154.78	158.23	2.24	1.42
	2	27686.89	156.68			
	3	28124.35	159.15			
	4	27923.46	158.01			
	5	28234.47	159.77			
	6	28445.55	160.97			
P – 2% (Porcentaje de adición Adecuado)	1	28139.64	159.24	159.18	1.47	0.92
	2	27774.59	157.17			
	3	28300.75	160.15			
	4	27883.70	157.79			
	5	28467.98	161.10			
	6	28205.92	159.61			

D.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 14 DÍAS – Diseño Adecuado – F'c=210 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón y la adición de la ceniza de cascarilla de arroz con 2%, a una edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Compresión 14 días – Diseño Adecuado - F'c=210 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	34031.47	192.58	190.55	1.18	0.62
	2	33712.30	190.77			
	3	33458.40	189.34			
	4	33596.06	190.11			
	5	33498.16	189.56			
	6	33744.93	190.96			
P – 2% (Porcentaje de adición Adecuado)	1	34256.82	193.85	192.51	1.61	0.84
	2	33722.50	190.83			
	3	33997.82	192.39			
	4	33648.06	190.41			
	5	34347.57	194.37			
	6	34144.65	193.22			

D.3.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28 DÍAS – Diseño Adecuado – F'c=210 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón y la adición de la ceniza de cascarilla de arroz con 2%, a una edad de rotura de 28 días.

Resistencia a la Compresión 28 días – Especímenes Definitivos - F'c = 210 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'cp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	37024.29	209.51	210.35	2.52	1.20
	2	36807.09	208.28			
	3	37812.52	213.97			
	4	37648.34	213.04			
	5	37217.01	210.60			
	6	37202.73	210.52			
	7	37792.12	213.85			
	8	36632.72	207.29			
	9	36288.06	205.34			
	10	37370.99	211.47			
	11	36911.10	208.87			
	12	36717.36	207.77			
	13	37595.32	212.74			
	14	37249.64	210.78			
	15	36695.94	207.65			
	16	37180.30	210.39			
	17	37803.34	213.92			
	18	37169.08	210.33			
P – 2% (Porcentaje de adición Adecuado)	1	37712.58	213.40	213.82	1.10	0.51
	2	38016.46	215.12			
	3	37783.96	213.81			
	4	37561.67	212.55			
	5	37856.36	214.22			
	6	37813.54	213.97			
	7	37562.69	212.55			

8	37984.84	214.94			
9	38130.66	215.77			
10	37586.14	212.69			
11	38027.67	215.19			
12	37611.63	212.83			
13	37885.93	214.38			
14	37817.61	214.00			
15	37957.31	214.79			
16	37802.32	213.91			
17	37470.92	212.04			
18	37570.85	212.60			

D.4 PESOS DE LOS TESTIGOS

EDAD (Días)	Dosificaciones Preliminares						
	PATRON	1%	3%	6%	9%	12%	15%
7	12650	12534	12287	12221	12105	12012	11864
	12683	12568	12310	12251	12148	11945	11953
	12624	12587	12347	12189	12154	12047	11874
14	12608	12534	12324	12198	11996	12131	11906
	12674	12503	12321	12213	12147	12061	11867
	12634	12549	12294	12207	12163	11978	11834
28	12613	12574	12315	12219	12185	11996	11798
	12669	12531	12324	12203	12174	11975	11886
	12695	12571	12314	12194	12165	12016	11965
PROMEDIO	12650.00	12550.11	12315.11	12210.56	12137.44	12017.89	11883.00

PESOS DESPUES DEL CURADO				
EDAD (Días)	Dosificaciones Definitivas			
	PATRON	2%	4%	6%
7	12684	12493	12263	12234
	12634	12512	12242	12267
	12608	12496	12290	12194
14	12674	12475	12315	12208
	12632	12538	12308	12246
	12684	12552	12326	12235
28	12614	12469	12266	12269
	12647	12463	12321	12184
	12610	12261	12236	12214
PROMEDIO	12643.00	12473.22	12285.22	12227.89

	PESOS DESPUES DEL CURADO	
EDAD (Días)	Dosificación Adecuada	
	PATRON	2%
7	12680	12438
	12654	12408
	12635	12417
	12614	12469
	12654	12479
	12607	12545
14	12632	12534
	12615	12561
	12596	12537
	12618	12467
	12637	12469
	12592	12436
28	12586	12510
	12653	12487
	12632	12408
	12671	12457
	12630	12497
	12608	12468
	12581	12435
	12672	12514
	12632	12482
	12671	12443
	12612	12474
	12628	12430
	12584	12410
	12569	12435
	12646	12514
	12635	12504
12642	12443	
12673	12495	
PROMEDIO	12625.5556	12478

Anexo E:

Ensayo de la resistencia a la flexión del concreto

E.1 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO – $F'c$ (patrón) = 175 kg/cm²

E.1.1 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 7 DÍAS - $F'c$ (patrón) = 175 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la flexión de los testigos de concreto patrón, y con la adición adecuada de adición de la ceniza de la cascarilla de arroz, a la edad de rotura de 7 días.

Resistencia a la Flexión 7 días – $F'c$ = 175 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	M'r (kg/cm ²)	M'rp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	2443.20	25.881	25.15	0.72	2.88
	2	2328.99	24.433			
	3	2400.37	25.127			
P – 2% (Porcentaje Adecuado)	1	2360.61	25.55	26.29	0.72	2.75
	2	2470.73	26.34			
	3	2528.86	26.99			

E.1.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 14 DÍAS - $F'c$ (patrón) = 175 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la flexión de los testigos de concreto patrón, y con la adición adecuada de adición de la ceniza de la cascarilla de arroz, a la edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Flexión 7 días – $F'c$ = 175 kg/cm ²						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	M'r (kg/cm ²)	M'rp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	2920.42	30.61	30.18	0.38	1.26
	2	2903.09	30.07			
	3	2853.12	29.87			
P – 2% (Porcentaje Adecuado)	1	2799.08	29.55	30.98	1.31	4.24
	2	2925.52	32.14			
	3	2933.68	31.25			

E.1.3 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 28 DÍAS - $F'c_{(patrón)}=175\text{kg/cm}^2$

Ensayo de resistencia a la flexión de los testigos de concreto patrón, y con la adición adecuada de adición de la ceniza de la cascarilla de arroz, a la edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Flexión 7 días - $F'c= 175 \text{ kg/cm}^2$						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	$M'r$ (kg/cm ²)	$M'rp$ (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	3759.63	39.37	39.34	1.79	4.55
	2	3861.60	41.35			
	3	3723.94	39.37			
	4	3662.76	38.34			
	5	3712.73	39.46			
	6	3580.17	38.17			
P – 2% (Porcentaje Adecuado)	1	3756.57	40.01	41.57	2.38	5.72
	2	3869.76	41.44			
	3	3929.92	42.85			
	4	3819.80	39.69			
	5	3889.14	41.95			
	6	3912.59	43.46			

E.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO – $F'c_{(patrón)}=210 \text{ kg/cm}^2$

E.2.1 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 7 DÍAS - $F'c_{(patrón)}=210 \text{ kg/cm}^2$

Ensayo de resistencia a la flexión de los testigos de concreto patrón, y con la adición adecuada de adición de la ceniza de la cascarilla de arroz, a la edad de rotura de 7 días.

Resistencia a la Flexión 7 días - $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$						
Identificación de la muestra	Nº	Carga Máxima (kg)	$M'r$ (kg/cm ²)	$M'rp$ (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	2557.41	27.005	27.81	1.36	4.88
	2	2522.74	27.042			
	3	2746.05	29.375			
P – 2% (Porcentaje Adecuado)	1	2672.63	28.83	28.08	1.49	5.30
	2	2745.03	29.05			
	3	2502.34	26.37			

E.2.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 14 DÍAS - F'_c (patrón) = 210 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la flexión de los testigos de concreto patrón, y con la adición adecuada de adición de la ceniza de la cascarilla de arroz, a la edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Flexión 7 días - $F'_c = 210$ kg/cm ²						
Identificación de la muestra	N°	Carga Máxima (kg)	M'r (kg/cm ²)	M'rp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	3149.85	33.55	32.44	1.04	3.21
	2	3021.37	32.28			
	3	2962.23	31.48			
P - 2% (Porcentaje Adecuado)	1	3129.46	33.05	32.58	0.93	2.87
	2	3073.38	33.19			
	3	2955.09	31.51			

E.2.3 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 28 DÍAS - F'_c (patrón) = 210 kg/cm²

Ensayo de resistencia a la flexión de los testigos de concreto patrón, y con la adición adecuada de adición de la ceniza de la cascarilla de arroz, a la edad de rotura de 14 días.

Resistencia a la Flexión 7 días - $F'_c = 210$ kg/cm ²						
Identificación de la muestra	N°	Carga Máxima (kg)	M'r (kg/cm ²)	M'rp (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)	CV (%)
P (concreto patrón)	1	4651.87	48.55	46.06	3.14	6.82
	2	4369.41	46.14			
	3	4677.36	49.98			
	4	4413.26	46.45			
	5	3944.20	41.20			
	6	4148.14	44.04			
P - 2% (Porcentaje Adecuado)	1	4552.96	48.13	47.83	1.46	3.05
	2	4467.31	47.68			
	3	4602.93	49.55			
	4	4647.79	49.24			
	5	4446.91	46.55			
	6	4340.86	45.83			

E.3. PESOS DE LOS TESTIGOS

Diseño Patrón F'c=175 kg/cm ²		
DIAS	PESOS	
	PATRON	2%
7	27560	27391
	27531	27406
	27635	27418
14	27618	27468
	27642	27448
	27561	27383
28	27542	27349
	27639	27436
	27609	27415
	27547	27439
	27538	27372
	27542	27431
PROMEDIO	27580.3	27413.0

Diseño Patrón F'c=210 kg/cm ²		
DIAS	PESOS	
	PATRON	2%
7	27535	27436
	27592	27431
	27612	27397
14	27635	27367
	27532	27435
	27545	27461
28	27561	27441
	27621	27354
	27568	27418
	27546	27435
	27561	27396
	27583	27431
PROMEDIO	27574.25	27416.8333

Anexo F:
Panel Fotográfico

En, se presenta fotografías de la recolección de la ceniza de cascarilla de arroz en el Molino “Santa Elena”, muestra que se obtuvo producto de la calcinación a campo abierto (o en pilas) de la cascarilla de arroz realizado años atrás, la cual nos servirá para el desarrollo de la presente tesis.



Foto 1: Pila de cascarilla de arroz en el Molino “Santa Elena”



Foto 2: Recolección de la ceniza de cascarilla de arroz.

A continuación, se presenta las fotografías de los ensayos realizados al agregado fino y grueso en el laboratorio de concreto de la Universidad Nacional de San Martín para el desarrollo de la presente tesis.



Foto 3: Selección de muestra del agregado grueso.



Foto 4: Selección de muestra del agregado fino.



Foto 5: Agregados preparados para los ensayos.



Foto 6: Selección de los agregados y colocación en el horno por 24 horas.



Foto 7: Separamos 1000 gr. del agregado fino.



Foto 8: Separamos cierta cantidad del agregado grueso.



Foto 9: Saturamos el agregado fino y grueso.



Foto 10: Ambas muestras lo dejamos por 24 horas.



Foto 11: El agregado fino saturado lo pasamos por la Malla #200 lavando la muestra para posteriormente colocar en el horno por 24 horas.



Foto 12: El agregado grueso saturado lo secamos piedra por piedra.



Foto 13: Al agregado grueso seco lo colocamos en una canasta y lo pesamos (Peso de canasta + Peso muestra seca) y llenamos el recipiente con agua.

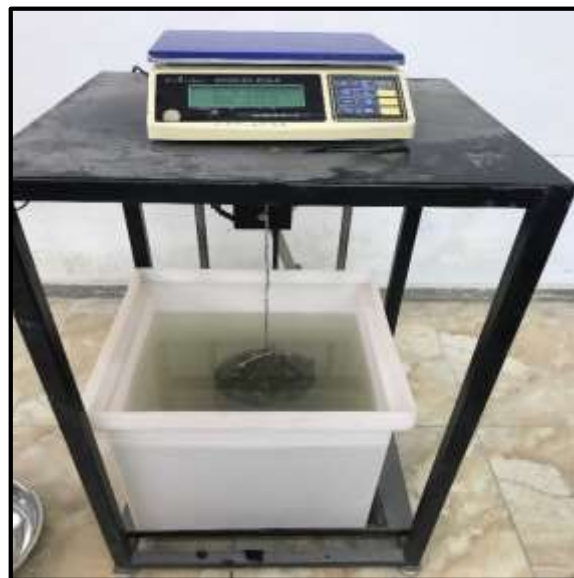


Foto 14: Sumergimos la canasta con la muestra dentro del recipiente y mediante la balanza Hidráulica obtenemos el peso.



Foto 15: Al agregado fino colocamos en el Recipiente Metálico para obtener su Peso Unitario Suelto.



Foto 16: Para obtener el Peso Unitario Compactado de la Arena lo colocamos por partes compactando.



Foto 17: Después de compactar las capas enrasamos a nivel del recipiente.



Foto 18: Finalmente obtenemos del agregado fino Su Peso Unitario Compactado.



Foto 19: Al agregado grueso colocamos en el Recipiente Metálico para obtener su Peso Unitario Suelto.



Foto 20: Para obtener el Peso Unitario Compactado de la Grava lo colocamos por partes compactando.



Foto 21: Después de compactar las capas enrasamos grueso a nivel del recipiente.



Foto 22: Finalmente obtenemos del agregado Su Peso Unitario Compactado.



Foto 23: Realizamos el Ensayo del Peso Específico del agregado fino.



Foto 24: Seleccionamos la arena y pesamos.



Foto 25: Taramos el envase y pesamos 1000 gr. de del agregado fino.



Foto 26: Saturamos la muestra por 24 horas.



Foto 27: La muestra seleccionada el agregado fino y agregado grueso para el Ensayo de Granulometría.



Foto 28: Colocamos la serie de tamices N° 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100 para el agregado fino y tamices N° 1, 3/4, 1/2, 3/8, 4 para agregado grueso.



Foto 29: Realizamos el tamizado manual por cerca de 10 minutos.



Foto 30: Material retenido en la malla.



Foto 31: Arena fina retenida en los tamices.



Foto 32: Grava retenida en los tamices.



Foto 33: Se registra el peso del material retenido en cada tamiz.



Foto 34: Se registra el peso del material retenido en cada tamiz.



Foto 35: Seleccionamos la muestra de agregado fino saturada.



Foto 36: La muestra lo secamos en la superficie de manera natural.



Foto 37: Aseguramos que la muestra este seca colocando cierta cantidad en el cono y dándole 25 golpes.



Foto 38: Comprobado esto, la muestra esta Saturada Seca Superficial.



Foto 39: Agregamos agua destilada al Picnómetro hasta donde indica la línea y pesamos.



Foto 40: Agregamos la muestra de arena (500 gr.) en el picnómetro dividida en tres partes.



Foto 41: Por cada parte de la muestra colocada agitamos el picnómetro manualmente por 10 minutos.



Foto 42: Una vez colocado los 500 gr de muestra obtenemos la temperatura.



Foto 43: Colocamos la tapa del recipiente una vez obtenida la temperatura.



Foto 44: Registramos el peso del Picnómetro con la arena.



Foto 45: Ponemos la muestra en un recipiente y registramos el peso.



Foto 46: Dejamos el recipiente al horno por 24 horas.

A continuación, se presenta las fotografías de la elaboración y ruptura de las probeta patrón de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y $f'c=210\text{kg/cm}^2$, realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Nacional de San Martín para el desarrollo de la presente tesis.



Foto 47: Seleccionamos los agregados y el cemento para obtener la cantidad según diseño.



Foto 48: Las muestras colocamos en recipientes para ponerlos en la mezcladora.



Foto 49: Seleccionamos el cemento según la cantidad del diseño de mezcla.



Foto 50: Primero se humedece el trompo con el 10 % de agua.



Foto 51: Segundo se ingresa el agregado grueso un 50%.



Foto 52: Tercero se ingresa el 50% del cemento.



Foto 53: Luego se coloca el 50% del agregado fino.



Foto 54: Finalmente se deja girar el trompo y repetimos los procedimientos.



Foto 55: Vaciamos la mezcla para elaborar las probetas y cono de Abrams.



Foto 56: Sujetamos con los pies el molde y procedemos a vaciar la mezcla al cono en tres capas, dándole 25 golpes con la varilla.



Foto 57: Se llena por completo el cono de Abrams y procedemos a sacar suavemente el molde.



Foto 58: Una vez sacado del molde se mide el asentamiento en pulgadas.



Foto 59: Procedemos al llenado de las probetas en tres capas realizando golpes con martillo de goma.



Foto 60: También utilizamos la varilla para el asentamiento hasta el llenado de la probeta.



Foto 61: Al día siguiente se desencofra los moldes.



Foto 62: Registramos los pesos y enumeramos.



Foto 63: Se coloca en la cisterna con agua para el curado durante 7, 14 y 28 días.



Foto 64: Se retiran las probetas y se deja secar.



Foto 65: Colocamos el concreto en la Prensa Hidráulica y obtenemos la resistencia cuando se agrieta el concreto.



Foto 66: Registramos las resistencias de cada una de la rotura de testigos.

A continuación, se presenta las fotografías de la elaboración y ruptura de los especímenes preliminares, con dosificación de 1%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15%, ensayadas al esfuerzo de compresión del concreto, realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Nacional de San Martín para el desarrollo de la presente tesis.



Foto 67: Seleccionamos los agregados y el cemento para obtener la cantidad según diseño.



Foto 68: Separamos la ceniza de cascarilla de arroz para agregar por dosificaciones.



Foto 69: La dosificación de la ceniza es agregada en porcentajes al cemento.



Foto 70: Ingresamos los agregados al trompo para obtener la mezcla repitiendo los pasos anteriormente descritos.



Foto 71: Sujetamos con los pies el molde del cono de Abrams y procedemos a vaciar la mezcla.



Foto 72: Se llena por completo el cono de Abrams y medimos el asentamiento.



Foto 73: Procedemos al llenado de las probetas en tres capas realizando golpes con martillo de goma.



Foto 74: También utilizamos la varilla para el asentamiento hasta el llenado de la probeta.



Foto 75: Las probetas están listas con diferentes dosificaciones de ceniza de cascarilla de arroz.



Foto 76: Después de desencofrar registramos los pesos y colocamos en la cisterna para el curado.



Foto 77: Colocamos el concreto en la Prensa Hidráulica y obtenemos la resistencia cuando se agrieta el concreto.



Foto 78: Registramos las resistencias de cada una de la rotura de testigos.

A continuación, se presenta las fotografías de la elaboración y ruptura de los especímenes definitivos, con dosificación de 2%, 4% y 6%, ensayadas al esfuerzo de compresión del concreto, realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Nacional de San Martín para el desarrollo de la presente tesis.



Foto 79: Seleccionamos los agregados y el cemento para obtener la cantidad según diseño.



Foto 80: La dosificación de la ceniza es agregada en porcentajes al cemento.



Foto 81: Ingresamos los agregados al trompo para obtener la mezcla.



Foto 82: Vaciamos la mezcla para elaborar las probetas y cono de Abrams.



Foto 83: Se llena por completo el cono de Abrams y procedemos a sacar suavemente el molde.



Foto 84: Una vez sacado el molde se mide el asentamiento en pulgadas.



Foto 85: Procedemos al llenado de las probetas en tres capas realizando golpes con martillo de goma.



Foto 86: Las probetas están listas con diferentes dosificaciones de ceniza de cascarilla de arroz.



Foto 87: Desencoframos los moldes con la ayuda de la compresora.



Foto 88: Ordenamos los testigos enumerando por dosificaciones y resistencia.



Foto 89: Registramos los pesos de las probetas.



Foto 90: Se coloca en la cisterna con agua para el curado durante 7, 14 y 28 días.



Foto 91: Retiramos las probetas, lo dejamos secar y limpiamos los extremos con aceite.



Foto 92: Para la rotura de las probetas se utilizó Caping.



Foto 93: Colocamos Caping a cada uno de las probetas y colocamos en la Prensa Hidráulica.



Foto 94: Registramos las resistencias de cada una de la rotura de testigos.

A continuación, se presenta las fotografías de la elaboración y ruptura de los especímenes con la adición adecuada de 2% para el ensayo del esfuerzo a compresión, así mismo la elaboración de vigas con la misma adición adecuada, ensayadas al esfuerzo de flexión del concreto, realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Nacional de San Martín para el desarrollo de la presente tesis.



Foto 95: Empezamos preparando los moldes metálicos de la viga.



Foto 96: Preparamos los agregados, la ceniza y el trompo para obtener la mezcla.



Foto 97: Ingresamos los agregados al trompo para obtener la mezcla repitiendo los pasos anteriormente descritos.



Foto 98: Sujetamos con los pies el molde de cono de Abrams y procedemos a vaciar la mezcla.



Foto 99: Se llena por completo el cono de Abrams y medimos el asentamiento en pulgadas.



Foto 100: Procedemos al llenado de la viga siguiendo los mismos pasos de las probetas.



Foto 101: Procedemos al llenado de las vigas en tres capas realizando golpes con martillo de acero.



Foto 102: Las vigas están listas con las dosificaciones óptimas



Foto 103: Al día siguiente desencoframos los moldes de la viga.



Foto 104: Registramos los pesos de los testigos enumerando por resistencia.



Foto 105: Colocamos los testigos en la cisterna.



Foto 106: Se coloca en la cisterna con agua para el curado durante 7, 14 y 28 días.



Foto 107: Retiramos los testigos, lo dejamos secar y preparamos para la rotura.



Foto 108: Colocamos el concreto en la Prensa Hidráulica apoyada en la maquina universal.



Foto 109: Alineamos la viga en los puntos de apoyo y aplicamos la carga para obtener la resistencia.



Foto 110: Todas las vigas pasan por el mismo proceso.



Foto 111: Tomamos las medidas a través de una de las caras fracturadas después del ensayo.



Foto 112: Tomamos las medidas a través de una de las caras fracturadas después del ensayo.



Foto 113: Vista de la rotura de la viga de concreto.



Foto 114: Vista de la rotura de la viga de concreto.