REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela profesional de Ingeniería Civil

ANÁLISIS DEL EFECTO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA RESISTENCIAS 175 KGF/CM2 Y 210 KGF/CM2 AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO TIPO IP POR CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA) EN 2%, 5%, 10% Y 15%, EN LA CIUDAD DE TACNA

Tesis presentada por la bachiller:

Colque Murguía, Mayerling Briyithe

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Febres Rosado, Olger Javier

Arequipa Perú

2023

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 27 de Noviembre del 2023

Dictamen: 009279-C-EPIC-2023

Visto el borrador del expediente 009279, presentado por:

2016242362 - COLQUE MURGUIA MAYERLING BRIYITHE

Titulado:

ANÁLISIS DEL EFECTO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA RESISTENCIAS 175 KGF/CM2 Y 210 KGF/CM2 AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO TIPO IP POR CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA) EN 2%, 5%, 10% Y 15%, EN LA CIUDAD DE TACNA

Nuestro dictamen es:

APROBADO

29412437 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO
DICTAMINADOR

46735424 - LOAYZA RODRIGUEZ JOSE GERMAN
DICTAMINADOR

46309156 - MONTOYA VILLANUEVA FILIBERTO RODY
DICTAMINADOR

ANÁLISIS DEL EFECTO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA RESISTENCIAS 175 KGF/CM2 Y 210 KGF/CM2 AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO TIPO IP POR CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA) EN 2%, 5%, 10%

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%	10%	0%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	doku.pub Fuente de Internet	1%

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestro creador y ayudarme a cumplir esta gran meta de mi vida

A mis padres Eduardo y María por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y fortaleza que me han inculcado, por haberme exigido tanto hasta dar lo mejor de mí, gracias a ustedes pude llegar hasta aquí, los amo mucho.

A mi hermano Harold, por ser mi primer amigo y siempre haberme motivado a seguir adelante en todo momento.

A mis abuelos Josefina Vizcardo y Juan Colque, mis tíos Luis, Yermeth y mi familia por su apoyo y consejos a lo largo de mis carreras profesionales.

A mi hijo, mi perrito Marraqueta, por haber sido mi compañero incondicional de amanecidas, por haber estado conmigo en los momentos más difíciles y duros, por demostrarme que el amor puro y sincero existe y aunque no esté presente, este triunfo es de ambos.

A mi novio Sergio por haberme impulsado en el proceso de mis carreras profesionales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios y a la Virgen de Chapi por siempre guiarme a lo largo de mis carreras profesionales y siempre darme la fortaleza para poder salir adelante a pesar de las adversidades.

Agradecer a mi asesor al Ing. Olger Javier Febres Rosado por sus conocimientos, tiempo y enseñanzas impartidas a lo largo de la elaboración de mi tesis, así como a la Universidad Católica de Santa Maria y a todos los docentes por la preparación dada a lo largo de estos años.

A mis padres por su apoyo incondicional, por su amor y sobre todo por ser mi fortaleza e impulso en los momentos que sentía que quería rendirme.

Al señor Ricardo Torres, trabajador del laboratorio de suelos y concretos de la UCSM, por su amistad y apoyo desmedido en la presente investigación.

A mis amigos del “team” y en especial a Gabriela, quienes en algún momento durante el transcurso de la realización de este trabajo y de la carrera profesional me apoyaron mucho, gracias por tantas risas y buenos momentos.

Al Ing. Julio Rojas Rosas, mi jefe y mentor, su apoyo inquebrantable y orientación experta fueron la brújula que guio este gran viaje de titulación, agradezco la oportunidad de haber podido crecer profesionalmente bajo su dirección y la confianza constante que depositó en mi trabajo.

Así mismo a la Municipalidad Distrital de Sitajara en especial al Sr. Jhrodams Valdivia, Subprefecto Distrital por su apoyo desmedido en la obtención de la materia prima necesaria y la gestión documentaria para la relación de la presente investigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESUMEN

La presente investigación titulada: “ANALISIS DEL EFECTO EN LA RESISTENCIA DE CONCRETO PARA DISEÑOS f’c=175 KGF/CM2 y f’c=210 KGF/CM2 AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO TIPO IP POR CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA) EN 2%, 5%, 10% Y 15%, EN LA CIUDAD DE TACNA”, tiene como objetivo analizar el efecto de diferentes resistencias por la sustitución parcial del cemento tipo IP por ceniza de biomasa en diferentes porcentajes.

Primero, se llevó a cabo la calcinación que se realiza de forma cotidiana por los pobladores, pero en esta ocasión bajo supervisión para obtener las cenizas de la penca de la tuna. Posteriormente, se procedió a moler dicho material empleando un molino doméstico, seguido por su tamizado a través de la malla Nro.50. Mediante este proceso, transformamos las cenizas en puzolana artificial, lo que permitió evaluar su desempeño en términos de resistencia a la compresión. Para ello, se elaboraron y curaron probetas con un diseño convencional sin ningún porcentaje de reemplazo y probetas en las cuales se sustituyó el cemento Portland tipo IP por la puzolana artificial en proporciones del 2”, 5%, 10% y 15%. Este proceso de sustitución se basó en el método de diseño de mezclas elaborado por el comité 211 del American Concrete Institute, así como en el método de diseño del Módulo de Fineza de la combinación de los agregados, además se utilizó dos marcas diferentes de cemento tipo IP; Yura IP y Frontera IP, Esto se realizó para identificar con cual método de diseño y marca de cemento resulta el rendimiento más óptimo ante las cargas aplicadas

En última instancia, se procedió a analizar los costos unitarios asociados a cada método diseño y cada marca de cemento, a fin de determinar cuál logró obtener un costo óptimo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los resultados de esta investigación indican que es factible emplear la ceniza de biomasa derivada de la penca de la tuna, con las propiedades físicas observadas, como reemplazo parcial del cemento Portland tipo IP en combinaciones de concreto diseñadas para resistencias de 175 kgf/cm2 y 210 kgf/cm2 y marca de cemento Yura IP y Frontera IP, para su uso estructural en el distrito de Sitajara.

Pablaras clave: Ceniza, diseño de mezclas, resistencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The present investigation entitled: "ANALYSIS OF THE EFFECT ON THE RESISTANCE OF CONCRETE FOR DESIGNS f'c=175 KGF/CM2 and f'c=210 KGF/CM2 BY PARTIALLY SUBSTITUTING THE IP TYPE CEMENT BY BIOMASS ASH (OPUNTIA FICUS-INDICA) IN 2%, 5%, 10% AND 15%, IN THE CITY OF TACNA", aims to analyze the effect of different resistances due to the partial substitution of IP type cement by biomass ash in different percentages.

First, the calcination was carried out, which is carried out on a daily basis by the inhabitants, but this time under supervision to obtain the ashes from the prickly pear stalk. Subsequently, said material was ground using a domestic mill, followed by sieving through the No. 50 mesh. Through this process, we transformed the ashes into artificial pozzolan, which allowed us to evaluate its performance in terms of compressive strength. For this, test tubes with a conventional design without any replacement percentage and test tubes in which the Portland type IP cement was replaced by artificial pozzolan in proportions of 2", 5%, 10% and 15% were prepared and cured. This substitution process was based on the mix design method prepared by committee 211 of the American Concrete Institute, as well as on the design method of the Fineness Module of the combination of the aggregates, in addition, two different brands of type cement were used. IP; Yura IP and Frontera IP, This was done to identify which design method and brand of cement results in the most optimal performance in the face of the applied loads.

Ultimately, we proceeded to analyze the unit costs associated with each design method and each brand of cement, in order to determine which managed to obtain an optimal cost.

The results of this investigation indicate that it is feasible to use the biomass ash derived from the prickly pear stalk, with the observed physical properties, as a partial replacement of IP-type

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Portland cement in concrete combinations designed for resistances of 175 kgf/cm2 and 210 kgf/cm2 and brand of cement Yura IP and Frontera IP, for its structural use in the district of Sitajara.

Key words: Ash, mix design, strength

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

A lo largo de varias décadas, el cemento ha sido ampliamente empleado en la construcción de diversas estructuras de concreto armado, como puentes, edificios. No obstante, su proceso de producción conlleva un notable consumo de recursos naturales y una considerable emisión de CO2. Por esta razón, el presente trabajo se enfoca en explorar la posibilidad de reemplazar parcialmente el cemento mediante la incorporación de un tipo de puzolanas artificiales, ceniza de biomasa, la cual ha demostrado mejorar la resistencia del concreto.

Las puzolanas artificiales han emergido como alternativas ecológicas y económicamente viables al cemento. Estas sustancias reaccionan químicamente con el agua, generando propiedades cementantes debido a su alto contenido de sílice y alúmina. En este estudio, se investigó las cenizas derivadas de penca de la tuna (Opuntia Ficus-Indica), siendo este un subproducto agrícola de la Región Tacna, Provincia Tarata, Distrito de Sitajara, siendo el producto principal la tuna y la penca el residual después de la cosecha.

Aunque la utilización de este subproducto es netamente de desperdicio y su quemado es para su uso como abono y eliminación, se han considerado en este análisis los costos involucrados en la obtención y transformación de estos recursos en cenizas, así como el costo por metro cúbico de concreto al sustituir el cemento por este en distintos porcentajes (2%, 5%, 10% y 15%). Los resultados han demostrado que, además de mejorar la resistencia, estos enfoques también resultan ser económicamente viables.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESUMEN v
ABSTRACT vii
INTRODUCCIÓN ix
INDICE DE TABLAS xiv
INDICE DE FIGURAS xx
INDICE DE GRÁFICOS xxii
CAPITULO 1 1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.1. Problemática de la investigación 1
1.2. Justificación de la investigación 3
1.3. Hipótesis 5
1.4. Objetivos de la investigación 6
1.4.1. Objetivo General 6
1.4.2. Objetivos específicos 6
1.5. Alcances y limitaciones 7
1.5.1. Alcance 7
1.5.2. Limitaciones 8
CAPITULO 2 10
2. FUNDAMENTO TEÓRICO 10
2.1. Estado del Arte 10
2.2. Antecedentes de la investigación 12
2.2.1. Antecedentes Internacionales 12
2.2.2. Antecedentes Nacionales 17
2.3. Marco teórico 24
2.3.1. Concreto 24
2.3.1.1. Componentes del concreto 25
2.3.1.1.1. Cemento Portland 25
2.3.1.1.2. Agregados 29
2.3.1.1.3. Agua 33
2.3.2. Propiedades del Concreto 34
2.3.2.1. Estado Fresco 34
2.3.2.2. Estado endurecido 36
2.3.3. Puzolanas 43

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3.3.1. Tipos de puzolanas 44
2.3.4. Ceniza de biomasa (Opuntia Ficus Indica) 45
2.3.4.1. Uso y propiedades 46
2.3.4.2. Composición Química 55
2.3.4.3. Uso de la ceniza de biomasa en la construcción 59
CAPITULO 3 60
3. METODOLOGÍA PROPUESTA 60
3.1. Tipo y nivel de investigación 60
3.1.1. Tipo de investigación 60
3.1.2. Nivel de investigación 60
3.2. Diseño de la investigación 61
3.2.1. Variable dependiente e independiente 61
3.2.1.1. Variable dependiente 61
3.2.1.2. Variable independiente 61
3.2.2. Operacionalización de Variables 62
3.3. Métodos de investigación 64
3.3.1. Población y Muestra 64
3.3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 67
3.3.2.1. Técnica 67
3.3.2.2. Procedimientos 68
CAPÍTULO 4 71
4. DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO CON CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA) 71
4.1. Estudio de los materiales para el diseño de mezcla de ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica) 71
4.1.1. Ceniza de penca de la tuna (Opuntia Ficus-Indica) 71
4.1.1.1. Análisis granulométrico 71
4.1.1.2. Peso específico y absorción 73
4.1.1.3. Contenido de humedad 76
4.1.2. Agregado grueso 77
4.1.2.1. Análisis granulométrico (NTP 400. 012:2001). 77
4.1.2.2. Módulo de fineza (NTP 400.011:2008) 84
4.1.2.3. Peso específico y absorción (NTP 400. 021:2002/ASTM C-127) 85
4.1.2.4. Contenido de humedad (NTP 339.185:2002/ ASTM C 566:1997) 91
4.1.2.5. Pesos unitarios seco sueltos y seco compactado (NTP 400.018:2002/ASTM C 29) 92

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.3. Agregado fino 97
4.1.3.1. Análisis granulométrico (NTP 400. 012:2001 / ASTM C-136-96a). 97
4.1.3.2. Módulo de fineza (NTP 400.011:2008) 101
4.1.3.3. Peso específico y absorción (NTP 400.022:2002 /ASTM C128). 102
4.1.3.4. Contenido de humedad (NTP 339.185:2002/ ASTM C 566:1997) 107
4.1.3.5. Pesos unitarios seco sueltos y seco compactado (N.T.P.400.017: 1999 / ASTM C 29). 108
4.1.4. Cemento 112
4.1.5. Agua 113
4.1.6. Aditivos 114
4.2. Descripción del método de diseño de concreto 115
4.2.1. Método ACI 211 115
4.2.2. Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados 123
4.3. Cálculos y diseños para las muestras a analizar. 133
4.3.1. Diseño de Mezclas Método ACI 211 133
4.3.2. Diseño de Mezclas Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 143
CAPÍTULO 5 154
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL CONCRETO CON CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA) 154
5.1. Ensayos del concreto en estado fresco 154
5.1.1. Asentamiento del Concreto (Slump) (NTP 339.035/ ASTM C143) 154
5.1.2. Peso unitario o peso específico (NTP 339.046/ASTM C138) 159
5.1.3. Control de la Temperatura (NTP 339.184/ASTM C1064) 164
5.2. Ensayos del concreto en estado endurecido 165
5.2.1. Resistencia a la Compresión (NTP 339.034/ ASTM C 39) 165
5.3. Análisis de resultados obtenidos mediante los ensayos en concreto fresco y endurecido 176
5.3.1. Comparación General del Asentamiento o Slump del Concreto Fresco 176
5.3.2. Comparación general del peso unitario del concreto fresco 178
5.3.3. Comparación general de la temperatura del concreto fresco 180
5.4. Análisis de resultados de la resistencia a la compresión 182
5.4.1. Comparación general de la resistencia a la compresión en 7, 14 y 28 días 182
5.4.1.1. Comparación general a los 7 días de curado 182
5.4.1.2. Comparación general a los 14 días de curado 185
5.4.1.3. Comparación general a los 28 días de curado 189

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2. Comparación Detallada para resistencia f'c= 175 kgf/cm2, entre marcas de cemento (Yura IP y Frontera IP IP) y diseños de mezcla a los 7, 14 y 28 días 193

5.4.2.1. Resistencia a la Compresión de concretos con 2% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211 193

5.4.2.2. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211 195

5.4.2.3. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211 197

5.4.2.4. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211 199

5.4.2.5. Resistencia a la Compresión de concretos con 2% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 201

5.4.2.6. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 203

5.4.2.7. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 205

5.4.2.8. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 207

5.4.3. Comparación Detallada para resistencia f'c= 210 kgf/cm2, entre marcas de cemento (Yura IP y Frontera IP IP) y diseños de mezcla a los 7, 14 y 28 días 209

5.4.3.1. Resistencia a la Compresión de concretos con 2% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211 209

5.4.3.2. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211 211

5.4.3.3. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211 213

5.4.3.4. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211 215

5.4.3.5. Resistencia a la Compresión de concretos con 2% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 217

5.4.3.6. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 219

5.4.3.7. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 221

5.4.3.8. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 223

CAPÍTULO 6 225

6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS 225

6.1. Análisis de costos de la ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica) 225

6.1.1. Resistencia a la compresión de f'c = 175 kgf/cm2 por el Método ACI 211 225

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.1.2. Resistencia a la compresión de f'c = 175 kgf/cm2 por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 229

6.1.3. Resistencia a la compresión de 210 kgf/cm2 por el Método ACI 211 232

6.1.4. Resistencia a la compresión de 210 kgf/cm2 por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 236

6.2. Comparación de costos de los diferentes diseños para las Resistencias f'c = 175 kgf/cm2, f'c = 210 kgf/cm2, marcas de cemento IP (Yura IP y Frontera IP) y por los Métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 240

6.2.1. Comparación de costos para resistencia f'c=175 kgf/cm^2 240

6.2.2. Comparación de costos para resistencia f'c=210 kgf/cm^2 242

6.3. Comparación de costos/resistencia de los diferentes diseños para las Resistencias f'c = 175 kgf/cm2, f'c = 210 kgf/cm2, marcas de cemento IP (Yura IP y Frontera IP) y por los Métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 244

6.3.1. Comparación de costo/resistencia f'c=175 kgf/cm^2 244

6.3.2. Comparación de costo/resistencia f'c=210 kgf/cm^2 246

CONCLUSIONES 248

RECOMENDACIONES 254

REFERENCIA 255

ANEXOS 258

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Óxidos del cemento y su procedencia usual 26
tabla 2 Componentes típicos que intervienen en el cemento Portland 26
Tabla 3 Valores permisibles del agua para la mezcla 34
Tabla 4 Composición química de las cenizas de penca de la tuna 56
Tabla 5 Comparación de composición química de las cenizas de penca de la tuna con componente de Clinker 56
Tabla 6 Operacionalización de variables 62
Tabla 7 Numero de probetas a ensayar 66
Tabla 8 Numero de ensayos de agregados y ceniza de biomasa 69
Tabla 9 Datos del análisis granulométrico de la ceniza de biomasa 72
Tabla 10 Resultados corregidos del análisis granulométrico de la ceniza de biomasa 72
Tabla 11 Datos para obtener el peso específico y absorción de la ceniza de biomasa 75
Tabla 12 Resultados de los pesos específicos de la ceniza de biomasa 75
Tabla 13 Datos para obtener el peso específico y absorción de la ceniza de biomasa 76
Tabla 14 Datos para obtener el peso específico y absorción de la ceniza de biomasa 76
Tabla 15 Límites para el análisis granulométrico del agregado grueso 78
Tabla 16 Cantidad mínima de la muestra de Agregado Grueso 79
Tabla 17 Limites y husos del agregado grueso 80

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 18 Agregado Grueso para tamizar 82
Tabla 19 Resultados corregidos del análisis granulométrico del agregado grueso 83
Tabla 20 Datos para obtener los pesos específicos y absorción del agregado grueso 89
Tabla 21 Resultados de los pesos específicos del agregado grueso 90
Tabla 22 Absorción del agregado grueso 90
Tabla 23 Contenido de humedad del agregado grueso 92
Tabla 24 Peso unitario seco suelto del agregado grueso 96
Tabla 25 Peso unitario seco compactado del agregado grueso 96
Tabla 26 Análisis granulométricos para el Agregado Fino 98
Tabla 27 Datos del análisis granulométrico del agregado fino 99
Tabla 28 Resultados corregidos del análisis granulométrico del agregado fino 99
Tabla 29 Datos para obtener los pesos específicos y absorción del agregado fino 106
Tabla 30 Resultados de los pesos específicos del agregado fino 106
Tabla 31 Absorción del agregado fino 106
Tabla 32 Contenido de humedad del agregado fino 108
Tabla 33 Peso unitario seco suelto del agregado fino 111
Tabla 34 Peso unitario seco compactado del agregado fino 111
Tabla 35 Análisis físico - químico del agua 114
Tabla 36 Diseños con y sin aditivo (Plastificante y Súper-plastificante) 115
Tabla 37 Valores del factor de incrementos α de acuerdo al número de ensayos anteriores . 116
Tabla 38 Valores de f'cr de acuerdo al f'c si no se cuenta con ensayos previos 117
Tabla 39 Asentamiento recomendados según el tipo de estructura 118
Tabla 40 Agua en l/m3 para los tamaños máximas nominales de agregado grueso y consistencia indicada 118
Tabla 41 Contenido de aire atrapado 118
Tabla 42 Relación agua/cemento por resistencia 119
Tabla 43 Relación de volumen de agregado grueso respecto al volumen total de concreto . . 121
Tabla 44 Valores del factor de incrementos α de acuerdo al número de ensayos anteriores . 124
Tabla 45 Valores de f'cr de acuerdo al f'c si no se cuenta con ensayos anteriores 125
Tabla 46 Asentamiento recomendados según el tipo de estructura 126
Tabla 47 Agua en l/m3 para los tamaños máximas nominales de agregado grueso y consistencia indicada 126
Tabla 48 Contenido de aire atrapado 127
Tabla 49 Relación agua/cemento por resistencia 127
Tabla 50 Módulo de fineza de la combinación de agregados 130
Tabla 51 Diseño de Mezcla ACI sin ceniza f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 133
Tabla 52 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 134
Tabla 53 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 134
Tabla 54 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 134
Tabla 55 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 135
Tabla 56 Diseño de Mezcla ACI sin ceniza f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 135

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 57 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 136
Tabla 58 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 137
Tabla 59 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 137
Tabla 60 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 138
Tabla 61 Diseño de Mezcla ACI sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 138
Tabla 62 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 139
Tabla 63 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 139
Tabla 64 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 140
Tabla 65 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 140
Tabla 66 Diseño de Mezcla ACI sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 141
Tabla 67 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 141
Tabla 68 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 142
Tabla 69 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 142
Tabla 70 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 143
Tabla 71 Diseño de Mezcla MF sin ceniza f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 143
Tabla 72 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 144
Tabla 73 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 144
Tabla 74 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 145
Tabla 75 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP 145
Tabla 76 Diseño de Mezcla MF sin ceniza f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 146
Tabla 77 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 146
Tabla 78 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 147
Tabla 79 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 147
Tabla 80 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP 148
Tabla 81 Diseño de Mezcla MFI sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 148

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 82 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 149
Tabla 83 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 5% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 149
Tabla 84 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 10% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 150
Tabla 85 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP 150
Tabla 86 Diseño de Mezcla MF sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 150
Tabla 87 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 151
Tabla 88 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 5% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 152
Tabla 89 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 10% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 152
Tabla 90 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP 152
Tabla 91 Asentamientos para concretos con ceniza de biomasa 159
Tabla 92 Capacidad de recipientes por TMN 160
Tabla 93 Pesos Unitarios para concretos con ceniza de biomasa 163
Tabla 94 Temperaturas obtenidas para concretos con ceniza de biomasa 165
Tabla 95 Tolerancia permisible para ensayar las probetas 167
Tabla 96 Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método ACI para diseño f'c = 175kgf/cm2 y cemento marca Yura IP 172
Tabla 97 Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método ACI para diseño f'c = 210kgf/cm2 y cemento marca Yura IP 172
Tabla 98 Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método ACI para diseño f'c = 175kgf/cm2 y cemento marca Frontera IP 173
Tabla 99 Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método ACI para diseño f'c = 210kgf/cm2 y cemento marca Frontera IP 173
Tabla 100 Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método Módulo de Fineza para diseño f'c = 175kgf/cm2 y cemento marca Yura IP 174
Tabla 101 Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método Módulo de Fineza para diseño f'c = 210kgf/cm2 y cemento marca Yura IP 174
Tabla 102 Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método Módulo de Fineza para diseño f'c = 175kgf/cm2 y cemento marca Frontera IP 175
Tabla 103 Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método Módulo de Fineza para diseño f'c = 210kgf/cm2 y cemento marca Frontera IP 175
Tabla 104 Comparación general a los 7 días de curado 182
Tabla 105 Comparación general a los 14 días de curado 185
Tabla 106 Comparación general a los 28 días de curado 189

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 107 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 194
Tabla 108 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 196
Tabla 109 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 197
Tabla 110 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 200
Tabla 111 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 202
Tabla 112 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 204
Tabla 113 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 206
Tabla 114 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 208
Tabla 115 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 210
Tabla 116 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 212
Tabla 117 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 214
Tabla 118 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 216
Tabla 119 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 218
Tabla 120 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 220
Tabla 121 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 222
Tabla 122 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 224
Tabla 123 Concreto Convencional f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP .. 225
Tabla 124 Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP 226
Tabla 125 Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP 226

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 126 Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP 226
Tabla 127 Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP 227
Tabla 128 Concreto Convencional f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 227
Tabla 129 Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 227
Tabla 130 Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 228
Tabla 131 Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 228
Tabla 132 Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 228
Tabla 133 Concreto Convencional f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 229
Tabla 134 Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 229
Tabla 135 Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 229
Tabla 136 Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 230
Tabla 137 Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 230
Tabla 138 Concreto Convencional f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 230
Tabla 139 Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 231
Tabla 140 Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 231
Tabla 141 Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 231
Tabla 142 Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 232
Tabla 143 Concreto Convencional f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP .. 232
Tabla 144 Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP 232
Tabla 145 Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP 233
Tabla 146 Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP 233
Tabla 147 Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP 233
Tabla 148 Concreto Convencional f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 234

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 149 Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 234
Tabla 150 Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 234
Tabla 151 Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 235
Tabla 152 Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP 235
Tabla 153 Concreto Convencional f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 236
Tabla 154 Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 236
Tabla 155 Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 236
Tabla 156 Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 237
Tabla 157 Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP 237
Tabla 158 Concreto Convencional f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 237
Tabla 159 Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 238
Tabla 160 Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 238
Tabla 161 Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 238
Tabla 162 Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP 239
Tabla 163 Comparación de costos para resistencia f'c=175kgf/cm^2 240
Tabla 164 Comparación de costos para resistencia f'c=210 kgf/cm^2 242
Tabla 165 Matriz de Consistencia 266

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proporcionales típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto 24
Figura 2 Fractura tipo I 41
Figura 3 Fractura tipo II 41
Figura 4 Fractura tipo III 42
Figura 5 Fractura tipo IV 42
Figura 6 Fractura tipo V 43
Figura 7 Fractura tipo VI 43
Figura 8 Ubicación del Distrito de Sitajara 48
Figura 9 Plantaciones de Tuna en el distrito de Sitajara 48

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 10 Plantaciones de Tuna 49
Figura 11 Plantaciones de tuna en la provincia de Tarata 50
Figura 12 Secado de la penca al aire libre 50
Figura 13 Recolección de penca de tuna para su incineración 52
.Figura 14 Proceso de incineración de la penca de la tuna 52
Figura 15 Resultante de incineración de la penca de la tuna 53
Figura 16 Obtención de ceniza de penca de la tuna 54
Figura 17 Análisis Granulométrico de la ceniza de biomasa 71
Figura 18 Curva granulométrica de la ceniza de biomasa 72
Figura 19 Secado de la muestra de ceniza de biomasa en estufa 73
Figura 20 Comprobación si la muestra de ceniza de biomasa se encuentra en condición (SSS) 74
Figura 21 Peso de la muestra seca de cenia de biomasa 76
Figura 22 Agregado Grueso para tamizar 80
Figura 23 Herramientas para análisis granulométrico 80
Figura 24 Maquina tamizadora y tamices 81
Figura 25 Análisis granulométrico del agregado grueso 82
Figura 26 Curva granulométrica del agregado grueso 83
Figura 27 Agregado Grueso en saturación 86
Figura 28 Secado Superficialmente seco del Agregado grueso 87
Figura 29 Muestra de agregado grueso en condición SSS 88
Figura 30 Pesaje de canastilla sumergida 88
Figura 31 Muestra de agregado grueso en estado Seco 89
Figura 32 Peso Unitario Seco Suelto del agregado grueso 93
Figura 33 Peso Unitario Seco envarillado del agregado grueso 95
Figura 34 Curva granulométrica del agregado fino 100
Figura 35 Secado Superficialmente seco del Agregado Fino 103
Figura 36 Comprobación si la muestra de agregado fino se encuentra en condición SSS 103
Figura 37 Matraz aforado con la muestra después de eliminar el aire 105
Figura 38 Muestra de agregado fino después de estar 24 horas en el horno 105
Figura 39 Peso Unitario Seco Compactado de agregado fino 110
Figura 40 Ficha Técnica cemento Yura tipo IP 112
Figura 41 Ficha técnica cemento Frontera tipo IP 112
Figura 42 Preparación de cono de Abrams 155
Figura 43 Llenado de cono de abrams 156
Figura 44 Retino de cono de Abrams 157
Figura 45 Medición del asentamiento del concreto con ceniza de biomasa 157
Figura 46 Medición del asentamiento del concreto con aditivo 158
Figura 47 Ensayo de peso unitario del concreto fresco 161
Figura 48 Molde enrasado con concreto en estado fresco 162
Figura 49 Peso del molde lleno con concreto 162
Figura 50 Control de la temperatura del concreto en estado fresco 164
Figura 51 Elaboración de las probetas cilíndricas 166
Figura 52 Probetas listas para ser ensayadas 167
Figura 53 Medición de probetas con vernier 168

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 54 Colocado de la probeta de la compresora 168
Figura 55 Fractura de probeta post ensayo de compresión 169
Figura 56 Fractura tipo V 170

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Comparación del slump para una resistencia f'c = 175kgf/cm2 176
Gráfico 2 Comparación del slump para una resistencia f'c = 210 kgf/cm2 177
Gráfico 3 Comparación de temperatura para una resistencia f'c = 175 kgf/cm2 178
Gráfico 4 Comparación de temperatura para una resistencia f'c = 210 kgf/cm2 179
Gráfico 5 Comparación de peso unitario del concreto fresco para una resistencia f'c = 175 kgf/cm2 180
Gráfico 6 Comparación de peso unitario del concreto fresco para una resistencia f'c = 210 kgf/cm2 181
Gráfico 7 Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 175 kgf/cm2 a los 7 días 182
Gráfico 8 Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 210 kgf/cm2 a los 7 días 184
Gráfico 9 Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 175 kgf/cm2 a los 14 días 185
Gráfico 10 Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 210 kgf/cm2 a los 14 días 187
Gráfico 11 Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 175 kgf/cm2 a los 28 días 189
Gráfico 12 Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 210 kgf/cm2 a los 28 días 191
Gráfico 13 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 193
Gráfico 14 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 195
Gráfico 15 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 197
Gráfico 16 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 199
Gráfico 17 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 201
Gráfico 18 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 203
Gráfico 19 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 205

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Gráfico 20 Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 207
Gráfico 21 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 209
Gráfico 22 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 211
Gráfico 23 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 213
Gráfico 24 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211 215
Gráfico 25 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 217
Gráfico 26 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 219
Gráfico 27 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 221
Gráfico 28 Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados 223
Gráfico 29 Comparación de costos para resistencia f'c=175kgf/cm^2 241
Gráfico 30 Comparación de costos para resistencia f'c=175kgf/cm^2 243
Gráfico 29 Costo/Resistencia para diseños f´c = 175 kgf/cm2 244
Gráfico 30 Costo/Resistencia para diseños f´c = 210 kgf/cm2 246

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la investigación

En los últimos años, la adquisición del concreto en el sector construcción se ha acrecentado considerablemente. Por ello, “el concreto es el material fabricado por el hombre más utilizado de la historia” (ASOCEM, 2022) y tiene como principal insumo al cemento.

Según el reporte de la Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM), emitido en febrero del 2021, indica que la producción en millones de toneladas del cemento, inicia con China como el mayor productor en el año 2020 con 2 200 MT, en Latinoamérica Brasil es el 8vo productor con 57 MT, aunado a ello según él (Instituto Nacional de Estadistica e Informatica, 2022), en la última actualización del 15 de agosto del 2022, señala que el sector de la construcción en el Perú aumentó 6.02%, mostrando un crecimiento positivo viéndose este reflejado en el aumento del consumo interno de cemento en un 2.27% por una implementación continua de obras públicas especialmente en la zona rural del país (instituciones educativa, postas médicas, puentes)

Además, el incremento de producción según lo antes descrito respecto al cemento a nivel mundial y nacional va a la par de la contaminación que produce su fabricación ya que emana grandes cantidades de gases de efecto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

invernadero, como el dióxido de carbono (CO2), óxidos como SOx[1], NOx[2] y partículas volantes, a pesar que las plantas cementeras en el Perú manejan políticas de mitigación de contaminación en su proceso de obtención del cemento estas no son suficientes es así que se viene buscando nuevas alternativas de sustitución del cemento que puedan ser compatibles en su mezclado y sobre todo que mantengan o superen las propiedades mecánicas y físicas del concreto convencional.

Aunado a ello, cabe mencionar que en el Perú no es muy común el uso de sustitutos parciales del cemento de origen vegetal; sin embargo, muchos de estos abundan en la naturaleza tal es el caso de las pencas de la tuna. Asimismo, en la Región Tacna, Provincia Tarata, Distrito de Sitajara esta materia prima se encuentra en gran cantidad sin tener ningún uso posterior solo es incinerado para su eliminación.

La presente investigación se centra en tres aspectos fundamentales; relacionados a la investigación de una nueva alternativa de sustitución parcial del cemento para igualar o mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido en resistencia f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2; la reducción de costos asociados a la producción de materiales de construcción y finalmente en el cuidado de medio ambiente al disminuir el uso del cemento e incrementar el uso de la ceniza de biomasa.

[1] Óxidos de azufre: Las emisiones de SOX en hornos cementeros corresponden en un 99% a SO2 generadas por la combustión de sulfuros volátiles (sulfuros de origen orgánico y pirita) en la materia prima a temperaturas entre 370 y 420 °C dentro del horno (Hoyos Barreto y otros, 2018)

[2] Óxidos de nitrógeno: Más del 95% de las emisiones de NOX en hornos cementeros corresponden a óxido nítrico. Estas emisiones son mayores para los hornos largos húmedos que para los hornos secos con precalentador (Hoyos Barreto y otros, 2018)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.2. Justificación de la investigación

1.2.1. Justificación Técnica

Con la presente investigación se buscó una nueva alternativa de sustituto parcial del cemento con el empleo de un residuo vegetal calcinado teniendo el objetivo de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Para que este pueda ser utilizado en construcciones a nivel Regional especialmente en la zona altoandina

Contribuir con nuevos conocimientos sobre el uso parcial de cenizas de biomasa en la elaboración del concreto para la construcción de elementos estructurales, ya que la utilización de este material en la Región Tacna, Provincia Tarata, Distrito de Sitajara no ha sido aplicada ni corroborada su eficacia hasta el momento

1.2.2. Justificación Ambiental

Las cenizas de biomasa no tienen ningún tipo de aplicación posterior a su incineración siendo considerado como residuo sólido no deseado, por consiguiente, al considerar la incorporación de la ceniza como sustituto parcial del cemento habría una reducción del empleo necesario para el concreto, el cual significaría reducir las emisiones de CO2 emitido en su elaboración; considerándose la sustitución como una práctica sostenible y amigable con el medio ambiente, adicional a ello según (Ennomotive, 2023) para la producción de 1 kg de cemento Portland, emite en promedio alrededor de 0.9 kg de dióxido de carbono (CO2) a la atmósfera además la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cantidad de CO2 que se emite al quemar 1 kg de penca de tuna depende de varios factores, como la humedad de la biomasa, la temperatura a la que se quema y la eficiencia del proceso de combustión. (U.S. Environmental Protection Agency, 2022)

Sin embargo, en términos generales, se estima que la quema de biomasa produce alrededor de 0,5 kg de CO2 por cada kg de materia seca quemada.

1.2.3. Justificación Social

Esta investigación espera brindar un aporte a la sociedad, específicamente de la zona rural, debido a que podrá impulsar el desarrollo al proporcionar una fuente de ingresos alternativa para los agricultores por la venta de ceniza de biomasa, además de una nueva fuente de trabajo en su comercialización y finalmente facilitar el acceso a la población a concreto de resistencia 175 kgf/cm2 y 210 kgf/cm2

1.2.4. Justificación Económica

Debido al elevado costo que conlleva las edificaciones, donde el concreto ocupa gran porcentaje del costo total del proyecto se puede reducir la cantidad de cemento necesario para una mezcla de concreto, lo que puede disminuir los costos de producción, además de tener en cuenta que la ceniza de biomasa conlleva un precio mínimo, sin afectar la calidad de la edificación.

1.2.5. Justificación Política/Institucional

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El uso de ceniza de biomasa en concreto se alinea con políticas ambientales que promueven la reducción de residuos y la promoción de la economía circular. Al utilizar subproductos de la quema de biomasa en la producción de concreto, se está promoviendo una alternativa más sostenible y responsable que ayuda a reducir la cantidad de residuos que se envían a los vertederos formales e informales.

1.2.6. Justificación Ética

Al utilizar ceniza de biomasa en concreto, las empresas pueden demostrar su compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad empresarial. Al utilizar materiales más sostenibles y reciclados, se está promoviendo la transparencia y la responsabilidad empresarial al considerar el impacto ambiental y social de las operaciones empresariales.

1.2.7. Justificación Tecnológica

La investigación y desarrollo en el uso de ceniza de biomasa en concreto promueve la innovación tecnológica y la creación de soluciones sostenibles para el sector de la construcción. Al fomentar la investigación en este campo, se pueden encontrar nuevas formas de utilizar subproductos y residuos orgánicos en la producción de materiales de construcción, lo que puede tener un impacto positivo en la industria y en la sociedad en general.

1.3. Hipótesis

La sustitución parcial del cemento tipo IP, en 2%, 5%, 10% o 15% por la ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica), afectará la resistencia a la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

compresión del concreto para resistencias 175 kgf/cm2 y 210 kgf/cm2.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

- Analizar el efecto de la sustitución parcial del cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) en diferentes porcentajes (2%, 5%, 10% y 15%) en la resistencia del concreto para resistencias 175 kgf/cm2 y 210 kgf/cm2 en la ciudad de Tacna.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado fino y grueso provenientes de la Cantera Municipal de Sitajara, Región Tacna, Provincia Tarata, Distrito de Sitajara, mediante ensayos de laboratorio normados.

- Evaluar las propiedades físicas y químicas de la ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica), Análisis Granulométricos, Peso específico, absorción y contenido de humedad

- Realizar el diseño de mezcla utilizando el método del ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado para resistencias 175 kgf/cm2 y 210 kgf/cm2.

- Evaluar las propiedades físicas del concreto en estado fresco (slump, temperatura, peso unitario)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto utilizando método ACI 211 y método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado, para resistencias 175 kgf/cm2 y 210 kgf/cm2 para edades de curado de 7, 14 y 28 días.

- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto para resistencias 175 kgf/cm2, 210 kgf/cm2, con sustitución de 2%, 5%, 10% y 15% de cemento tipo IP, por ceniza de: biomasa para edades de curado de 7, 14 y 28 días.

- Determinar el costo-beneficio de concretos elaborado con reemplazo parcial del cemento por ceniza de biomasa, frente a un concreto convencional.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcance

El alcance de la presente investigación abarca desde la evaluación, elaboración y comprobación de diseños de mezcla para concreto de resistencia f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 sustituyendo parcialmente el cemento tipo IP, marca Yura IP y Frontera IP, por ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica), en porcentajes de 2%, 5%, 10% y 15%, se realizarán diferentes métodos de diseño y se empleará el agregado de la Cantera Municipal de Sitajara, ubicada en Región Tacna, Provincia Tarata, Distrito de Sitajara.

Para tal efecto se utilizará el método de diseño ACI 211 por su aplicación y reconocimiento en la industria de la construcción, además de ser ampliamente utilizado para investigaciones sobre concreto ya que proporciona un enfoque

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

confiable y bien establecido para la formulación de mezclas de concreto, la evaluación de la calidad del concreto y el control de calidad en la producción de concreto.

Además, se utilizará el método de diseño Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado debido a su uso común para evaluar la calidad de los agregados finos, su influencia en las propiedades del concreto fresco y endurecido, adicionado a su utilidad para optimizar la proporción de los agregados finos en la mezcla de concreto.

Por consiguiente, para obtener los resultados con respecto al uso de la ceniza de biomasa como sustituto parcial del cemento, se someterán probetas con 7, 14 y 28 días de curado a ensayos de compresión, con la finalidad de poder compararlas con probetas de concreto diseñadas sin ningún porcentaje de reemplazo de cemento.

Como resultado se obtendrán cuadros comparativos asimismo diagramas que demuestren el comportamiento de la resistencia, así como también las deficiencias y limitaciones que representa el uso de la ceniza de biomasa en la elaboración de concreto para diferentes métodos de diseño, resistencias y marcas de cemento.

1.5.2. Limitaciones

- Limitaciones de conocimiento previo: La investigación sobre el uso de ceniza de biomasa en concreto en el Perú es un campo relativamente

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

nuevo, por lo que es posible que haya limitaciones en la información previa disponible sobre el tema. Esto puede dificultar la identificación de variables críticas que deban ser estudiadas en mayor detalle.

- Limitaciones de validez externa: Los resultados obtenidos en un experimento pueden no ser representativos de la realidad, especialmente si se realizan en un entorno de laboratorio.

  Por lo tanto, es importante considerar las limitaciones de validez externa y tener en cuenta que los resultados pueden variar en función de las condiciones reales en las que se utiliza el concreto con ceniza de biomasa en el Perú.

- Limitaciones de generalización: Los resultados obtenidos en una región geográfica específica pueden no ser generalizables a otras regiones debido a diferencias en las características de los materiales, la calidad del agua y otros factores ambientales. Por lo tanto, es importante considerar las limitaciones de generalización y tener cuidado al extrapolar los resultados obtenidos en una región a otras regiones del Perú.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Estado del Arte

2.1.1. Las Bondades del Nopal

a) Autor: Torres Acosta, Andrés; Cano Barrita, Prisciliano

b) **Institución:** Instituto Mexicano del Cemento y Concreto

c) Resumen: La presente investigación sugiere que el mucílago de la tuna mejora las características físicas de las pastas de cemento y morteros. En particular en pastas de cemento, disminuye la permeabilidad además de aumentar la resistencia a la compresión. Se ha encontrado que adiciones de tuna y sábila deshidratada en concentraciones pequeñas pueden funcionar como acelerantes de fraguado de pastas de cemento y que disminuyen la trabajabilidad de morteros base cemento (disminuye su fluidez). Es decir, para que la aumentar la fluidez de esos morteros con adiciones sea igual a los morteros convencionales se tendría que

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

aumentar la cantidad de agua en la mezcla. (Torres Acosta & Cano Barrita, 2021)

2.1.2. Analizan el nopal como aditivo para materiales de construcción

a) Autor: Torres Acosta, Andrés; Diaz Alejandra

b) **Institución:** Revista Construcción y Vivienda

c) Resumen: Investigadores del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) y de la Universidad Marista de Querétaro, México

Trabajan en un proyecto en el que se analizan las propiedades de la tuna (planta de la tuna) para mejorar la durabilidad de materiales como el cemento, morteros y concretos.

El proyecto, según el investigador del IMT, Andrés Torres, busca contribuir en la sustentabilidad de la industria de los materiales de construcción, en particular en fábricas de cemento y siderúrgicas, las cuales son señaladas por sus altas emanaciones de dióxido de carbono.

En tanto, la investigadora de la Universidad Marista de Querétaro, Alejandra Díaz, expuso que la iniciativa también pretende identificar las propiedades de la tuna, tanto deshidratado como en forma coloide (baba) o mucílago, para esclarecer sus contribuciones en la mejora de materiales, se refirió que los estudios arrojaron que añadir tuna y sábila deshidratados disminuye la trabajabilidad de pastas y morteros debido a que coagulan una parte del agua que se mezcla para poder elaborar los materiales además que su resistencia se incrementa con el paso del

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

tiempo, por otro lado, se observó que las adiciones de tuna deshidratado funcionan como un inhibidor de la corrosión del acero, aunado a que previene la formación de picaduras en soluciones alcalinas. En cuanto a materiales a base cemento se concluyó que las adiciones del mucílago de tuna mejoraron la durabilidad del mortero al disminuir el transporte de agua dentro del material y aumentaron su resistencia. (Vivienda, 2017)

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. Antecedentes Internacionales

2.2.1.1. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de mortero con reemplazo parcial de cemento por material fino proveniente de conchas de almejas

a) Autor: Palacios Martínez, Juan Pablo

b) **Institución:** Universidad de Valparaíso de Chile

c) **Resumen:** En la presente tesis realizó un estudio del mortero como uno de los productos más utilizados en la actualidad, su fabricación consta de: áridos, agua, cemento y eventualmente aditivos y adiciones. Dentro de éstos, el material más contaminante en la mezcla es el cemento, ya que, en su confección se producen más de 4 mil toneladas de CO2 al año, por esta razón, se busca la sustitución de dichos materiales con alternativas que reduzcan al mínimo la contaminación. Por ende, el objetivo de la investigación actual consistió en examinar el potencial uso de conchas de almejas como material cementicio adicional. Esta propuesta podría abordar dos problemáticas mencionadas previamente:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

primero, la incorporación de conchas de almeja podría reducir el volumen de desechos destinados a vertederos y prevenir su descarte en el mar; y segundo, se buscaría disminuir la dependencia del cemento, dado que su producción conlleva niveles significativos de contaminación.

El programa experimental considera, la limpieza de las conchas de almejas y caracterización física y química del material, además de analizar el comportamiento físico y mecánico de la mezcla de mortero con reemplazo parcial de cemento por concha de almeja en un período de 28 a 240 días. Los ensayos asociados a dichas caracterizaciones son:

Distribución de tamaño de partículas, fluorescencia de rayos X, ensayo de resistencia a compresión, consistencia normal, tiempo de fraguado y absorción capilar.

Los resultados de este estudio indicaron que la hipótesis planteada no fue respaldada. A medida que se incrementaba la proporción de material fino proveniente de conchas de almejas, las propiedades físicas y mecánicas no alcanzaban niveles superiores con respecto al mortero convencional estándar. Sin embargo, se logró igualar estas propiedades en algunas muestras específicas. En cuanto a las propiedades físicas, todas las muestras fueron comparables a la muestra estándar, con la excepción de M45Cs/c. En cuanto a las propiedades mecánicas, las probetas M5Cs/c, M30Cs/c, M5Cc y M30Cc lograron igualar la resistencia a compresión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

del mortero estándar convencional a los 240 días. (Palacios Martinez, 2019)

2.2.1.2. Diseño de un hormigón liviano elaborado con ceniza de madera como sustituto parcial del agregado fino

a) **Autor:** Vivas Villarreal, Karol Natali

b) **Institución:** Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

c) **Resumen:** Esta investigación se enfoca en el desarrollo de un concreto que incorpora ceniza de madera como sustituto parcial del agregado fino. Se propuso un concreto base con una resistencia de 180 kgf/cm², junto con variantes que contienen reemplazos del 30%, 50% y 70%. Se realizaron ensayos de laboratorio para evaluar todos los componentes del concreto, como la granulometría, densidad real y aparente, y capacidad de absorción. Estos datos fueron esenciales para la dosificación calculada mediante el método de densidad óptima y para la fabricación de especímenes de prueba, que incluyeron 36 probetas cilíndricas evaluadas a los 7, 14 y 28 días.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de la densidad real endurecida y la resistencia a compresión, revelando la influencia de la ceniza de madera en estas propiedades. Las densidades, que disminuyeron gradualmente a 2233.75 kg/m³, 2210.38 kg/m³ y 2176.96 kg/m³ según los porcentajes de reemplazo, no permiten clasificar el concreto como liviano, ya que supera el límite de 2000 kg/m³. En cuanto a la resistencia a compresión, que experimentó una disminución, se determinó que, para

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cumplir con el diseño, el reemplazo no debe exceder el 30%. En conclusión, este concreto podría ser adecuado para la construcción de aceras y bordillos, así como para mampostería prefabricada utilizada en la división de ambientes y para concreto ciclópeo. (Vivas Villarreal, 2018)

2.2.1.3. Evaluación de la resistencia del concreto con reemplazo del agregado fino por ceniza de cascarilla de arroz

a) Autor: Devia Guevara, Andrea; Valencia Pabón, Emilia

b) **Institución:** Universidad Piloto de Colombia

c) **Resumen:** La investigación se llevó a cabo mediante una metodología experimental que permitió examinar el comportamiento del concreto con la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz. Se realizaron diversos ensayos de laboratorio, como la granulometría, la máquina de los ángeles, el micro d-val, el aplanamiento, el alargamiento y la forma, para analizar los agregados y su desgaste.

Se utilizaron tres vigas simples y tres vigas modificadas con un porcentaje representativo de reemplazo de la ceniza de cascarilla de arroz en la composición del concreto, con el objetivo de analizar sus efectos, causas y comportamiento. Se crearon seis muestras, cada una con edades de curado de 7, 14 y 28 días, para ambas tipologías de vigas, las cuales fueron sometidas a ensayos de falla y análisis.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se compararon dos tipos de concreto: uno estándar con una resistencia de 3000 psi y otro modificado. Se evaluaron aspectos como el comportamiento, la resistencia, el fraguado y las características físicas. Se llevaron a cabo pruebas de laboratorio, como el módulo de rotura y el cono de Abraham, en estas vigas. La ceniza de cascarilla de arroz fue preparada de manera artesanal, mediante la quema de la cáscara del arroz a 500 °C en un horno de piedra. Posteriormente, los residuos resultantes fueron desglosados y tamizados con un tamiz número 4, eliminando el material sobrante. (Devia Guevara & Valencia Pabón, 2019)

2.2.1.4. Influencia de la CVmx Y CBCst en algunas propiedades de concretos ternarios

a) **Autor:** Pacheco Hernández, Alejandra Verónica

b) **Institución:** Instituto Politécnico Nacional

c) **Resumen:** Esta investigación se centró en evaluar los impactos del uso de ceniza volante mexicana, derivada de bagazo de caña de azúcar proveniente de un ingenio en Veracruz, como puzolana en las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto.

Se diseñaron diversas mezclas: una de control con 100% de cemento Portland, otra con un reemplazo del 15% de cemento por ceniza volante, una tercera con un reemplazo del 15% de cemento por ceniza de bagazo de caña, y una última con un reemplazo del 30% de cemento mediante la combinación de 15% de ceniza volante y 15% de ceniza de bagazo de caña. Todas las pruebas se llevaron a cabo a intervalos de 7, 14, 28, 56,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

90, 180 y 365 días, y se establecieron correlaciones entre los resultados de las pruebas no destructivas y destructivas.

El propósito era estimar la resistencia a la compresión basándose en los resultados de las pruebas no destructivas. Los hallazgos revelaron que el reemplazo parcial del 15% de cemento por ceniza volante mexicana disminuye la resistencia a la compresión del concreto en etapas tempranas, reduce la velocidad de pulso ultrasónico y mejora la resistividad eléctrica.

En cuanto al reemplazo del 15% de cemento por ceniza de bagazo de caña, no afecta la resistencia, reduce la velocidad de pulso ultrasónico e incrementa significativamente la resistividad eléctrica del concreto. Finalmente, la estimación de la resistencia a la compresión basada en una ecuación que incorpora tanto la velocidad de pulso ultrasónico como la resistividad eléctrica no mejora la predicción en comparación con el uso exclusivo de la resistividad eléctrica. (Pacheco Hernandez, 2021)

2.2.2. Antecedentes Nacionales

2.2.2.1. Evaluación del concreto adicionando ceniza de tallo y espiga de cebada para reducir el porcentaje de cemento

a) **Autor:** Mejía Zulueta José Eduardo

b) **Institución:** Universidad Nacional Autónoma de Chota

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c) **Resumen:** El propósito de la investigación fue examinar el concreto mediante la adición de ceniza de tallo y espiga de cebada con el fin de reducir el contenido de cemento. Para llevar a cabo este estudio descriptivo, se empleó una muestra de 144 especímenes, compuesta por 72 cilíndricos y 72 prismáticos, elaborados con diferentes porcentajes de sustitución que variaron entre 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del peso del cemento.

Se llevó a cabo una caracterización físico-química de la ceniza de tallo y espiga de cebada, siendo clasificada en el grupo F. La arena proveniente de la cantera Conchán y la piedra chancada de la cantera Cuyumalca cumplieron parcialmente con las especificaciones de la NTP 400.037.

Se diseñó una mezcla para alcanzar una resistencia f'c= 210 kgf/cm² como diseño base, el cual fue modificado según los distintos porcentajes de sustitución. Esto permitió analizar las características del concreto en estados no endurecido y endurecido. La trabajabilidad y el peso específico del concreto disminuyeron a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución de la ceniza de tallo y espiga de cebada. La resistencia a la compresión y flexión fue máxima, alcanzando 237.73 kgf/cm² y 67.95 kgf/cm², respectivamente, en los especímenes con un 5% de ceniza de tallo y espiga de cebada.

En términos de costos, mientras que el concreto convencional tiene un costo de S/. 270.75 por metro cúbico, el concreto con un 5% de ceniza

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de cebada tendría un costo estimado de S/. 262.15. Por lo tanto, se concluye que el concreto con un 5% de sustitución de ceniza de tallo y espiga de cebada, en comparación con el concreto convencional, presenta beneficios técnicos y económicos superiores.(Mejia Zulueta, 2020)

2.2.2.2. Cenizas de residuos agrícolas como reemplazo parcial de cemento para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural

a) Autor: Loayza Linares, Johan Brandon; López Rosales, Bryan Janet

b) **Institución:** Universidad Ricardo Palma

c) **Resumen:** La presente tesis tuvo como objetivo principal determinar el uso óptimo de cenizas de residuos agrícolas como reemplazo parcial del cemento con el fin de mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto.

La metodología de investigación se basó en un enfoque documental y bibliográfico, siendo de tipo correlacional y explicativo, con un nivel descriptivo. Las fuentes recopiladas adoptaron un diseño experimental, longitudinal, retrospectivo y estudio de cohortes.

Al evaluar la ceniza de cáscara de arroz como sustituto parcial del cemento, se observó una disminución numérica en las propiedades de consistencia y densidad. No obstante, al analizar las propiedades de resistencia a la compresión y flexión, se evidenció una mejora numérica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

al emplear el porcentaje de reemplazo óptimo identificado en cada investigación.

En cuanto a las cenizas de cáscara de palma aceitera, los valores obtenidos para la consistencia y densidad del concreto mostraron diferencias mínimas. Para la resistencia a la compresión, los resultados óptimos se lograron con un 10% de ceniza, alcanzando un valor de 369 kgf/cm²; en cuanto a la resistencia a la flexión, se obtuvo un valor de 90 kgf/cm². Ambos valores superaron la muestra patrón.

Los mejores resultados se observaron al utilizar cenizas de residuos agrícolas en el rango del 5% al 10%. Con la ceniza de cáscara de arroz, se registró un aumento de 23 kgf/cm² en la resistencia a la compresión y de 5 kgf/cm² en la resistencia a la flexión. Sin embargo, con la ceniza de cáscara de palma aceitera, se observó una disminución de 26 kgf/cm² en la resistencia a la compresión en la mayoría de los casos, pero un aumento de 6 kgf/cm² en la resistencia a la flexión.

En general, se concluye que la ceniza de cáscara de arroz exhibe un comportamiento más favorable en términos de propiedades mecánicas del concreto. (Loayza Linares & Lopez Rosales, 2022)

2.2.2.3. Efecto de la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto y físicas del mortero Huancayo 2021

a) **Autor:** Solano Campos, Juan Emerson

b) **Institución:** Universidad Peruana Los Andes

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

c) **Resumen:** La investigación actual tenía como propósito evaluar el impacto de las cenizas de eucalipto en las propiedades del concreto simple destinado para mortero en muros no portantes.

La hipótesis general verificada fue que las cenizas de hojas de eucalipto mejoran las características del concreto simple utilizado en mortero para este tipo de muros. El enfoque metodológico fue de carácter científico, con un tipo de investigación aplicada, un nivel explicativo y un diseño experimental.

La población examinada consistió en el concreto simple destinado para mortero con la incorporación de cenizas de hojas de eucalipto en el cemento, y la cantidad total de especímenes evaluados fue de 156, considerando la totalidad de la población como la muestra. La conclusión principal obtenida fue que las cenizas de hoja de eucalipto mejoran las propiedades del concreto simple utilizado en mortero para muros no portantes.

El rendimiento óptimo se observó con un 4% de ceniza, resultando en una reducción del asentamiento y la retención de agua en un 7.73% y 6.87%, respectivamente. Además, se evidenció un aumento del 4.49% en la resistencia a compresión en mortero, del 6.42% en la compresión axial en pilares y del 11.13% en la compresión diagonal. (Giron Calderon, 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.2.4. Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martin – 2020

a) **Autor:** Amasifuén Pashanasi, Romer Elder; Romero López, Jesbael

b) **Institución:** Universidad Científica del Perú

c) **Resumen:** El propósito de esta investigación fue determinar la resistencia a la compresión del concreto al sustituir parcialmente el cemento con ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, utilizando porcentajes del 1%, 6% y 9%. Además, se buscaba identificar el porcentaje óptimo de resistencia y evaluar los costos unitarios en comparación con el concreto estándar con una resistencia de f'c=350 kgf/cm2. El enfoque de la investigación fue cuantitativo y experimental.

Los resultados obtenidos a los 28 días, con la adición de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz en un 1%, mostraron una resistencia del 93.07%, mientras que con el 6% la resistencia fue del 86.17% y con el 9% fue del 73.93%.

En conclusión, según los resultados obtenidos, se determina que el porcentaje óptimo de adición de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento es del 1%. Con este porcentaje, se logra una resistencia equivalente al 93.07% de la resistencia del concreto patrón con una f'c=350 kgf/cm2. (Amasifuen Pashanasi & Romero Lopez, 2021)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.2.5. Efecto de la incorporación de cenizas de ichu en la elaboración de concreto estructural en el distrito de Chaupimarca, Pasco 2021

a) Autor: Ramos Vilca, Russell Stein; Yarasca Cordova, Pedro

b) **Institución:** Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

c) **Resumen:** La investigación actual se propuso explorar el uso de las cenizas de ichu, ya que esta variedad se encuentra en las zonas altoandinas, específicamente en áreas con depósitos sedimentarios generados por la meteorización de rocas del grupo Pucara, que son predominantemente rocas calizas dolomíticas. Durante la ejecución del proyecto, se emplearon materiales provenientes de la cantera de Sacra Familia.

El diseño de la investigación fue de tipo experimental, implicando la elaboración de probetas de concreto que incluyeron una muestra patrón y luego otras con diferentes dosificaciones de cenizas de ichu: 0.5%, 1.5% y 3%.

Los resultados indican que las propiedades mejoran significativamente con concentraciones más altas de cenizas de ichu, especialmente en el caso del 3%.

Se espera que se realicen pruebas adicionales con concentraciones que abarquen hasta el 20%. En conclusión, se observa que las cenizas de ichu mejoran el comportamiento mecánico del concreto, especialmente en concentraciones inferiores al 3%.(Ramos Vilca & Yarasca Cordova, 2022)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3. Marco teórico

2.3.1. Concreto

Según (Abanto Castillo, 2017), el concreto es una mezcla de cemento portland, agregado grueso, agregado fino aire y agua en una proporción adecuada para obtener resistencia. Cuando el cemento reacciona con el agua, se forma una pasta que combina las partículas de agregados y forma una masa heterogénea. Algunas veces, se agregan elementos que mejoran las propiedades del concreto, a estas sustancias se denominan aditivos.

En (Rivva Lopez, 2007), el concreto se fabrica a partir de un diseño de mezcla, que incluye la selección de los ingredientes disponibles y sus cantidades para producir materiales con la manejabilidad, durabilidad, durabilidad y volumen estable requeridos.

Las propiedades que se requieran para su elaboración dependen de la zona climática, sistema constructivo, tiempo y costos de ejecución.

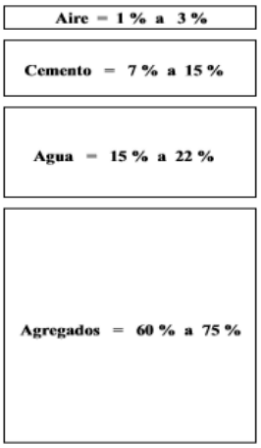
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 1

Proporcionales típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto



Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

2.3.1.1. Componentes del concreto

2.3.1.1.1. Cemento Portland

Según, (Abanto Castillo, 2017) el cemento es un aglomerante que posee propiedades de adherencia y cohesión, combina fragmentos minerales entre sí para formar una masa compacta. Este material reacciona pausadamente con el agua y obtener resistencia mecánica.

El cemento se elabora a partir de piedras calizas y arcillas, con una alta composición de sílice y alúmina, son molidas muy finamente y se calientan en grandes hornos a temperaturas máximas de 1250°C.

Durante este proceso agua libre se evapora, se genera CO2 y finalmente se lleva a cabo la fusión de un 20% a 30 % de la carga y es cuando la cal, la sílice y la alúmina se combinan, se endurecen al enfriarse, a esto se denomina (Pasquel Carbajal, 1998)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 1
Óxidos del cemento y su procedencia usual

Proporción	Componente Química	Procedencia Usual
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO_2)	Areniscas
	Oxido de aluminio (Al_2O_3)	Arcilla
	Oxido de Fierro (Fe_2O_3)	Arcillas, mineral de hierro pirita
5%	Oxido de Magnesio, Sodio Potasio, Titanio, Azufre Fosforo y Manganeso	Minerales varios

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Al Clinker finamente molido se le incorpora yeso en pequeñas proporciones para moderar el tiempo de fraguado, los porcentajes varían de 3 a 6%. El polvo fino resultante se pasa por la malla n°200. Finalmente, se prepara para ser distribuido en el mercado.

Tabla 2
Componentes típicos que intervienen en el cemento Portland

COMPONENTE	PORCENTAJE
CaO	61% - 67%
SiO_2	20% - 27%
Al_2O_3	4% - 7%
Fe_2O_3	2% - 4%
SO_3	1% - 3%
MgO	1% - 5%
$K_2O + Na_2O$	0.25% - 1.5%

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

La hidratación del cemento es la reacción que se produce cuando el cemento se mezcla con agua, que pasa del estado plástico al endurecido, que está relacionado con el tamaño de las partículas de cemento. Primero, la tasa de hidratación es muy rápida y disminuye con el tiempo. Este proceso es

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

exotérmico, es decir, genera un flujo de calor llamado calor de hidratación hacia el mundo exterior.

El proceso de hidratación se divide en cuatro etapas.

- Plástico: cuando la mezcla es moldeable.
- Fraguado inicial: se produce cuando el concreto empieza a perder plasticidad. La norma ASTM C 191-192 prescribe un tiempo mínimo para el fraguado inicial de 45 minutos utilizando el aparato de Vicat.
- Fraguado final: cuando termina el fraguado inicial, se produce un endurecimiento significativo, es decir, deja de ser deformable. El tiempo de esta etapa se calcula desde que se agrega el agua a la mezcla. No hay un tiempo prescrito para esta etapa.
- Endurecimiento: se caracteriza por el desarrollo lento de resistencias.

Además, en la NTP 334.009 se fija los límites de los requisitos químicos que se debe tener un cemento portland como:

Oxido de magnesio (MgO)

El Óxido de magnesio proviene generalmente de las calizas y, a veces en pequeñas porciones de arcilla. Se debe de establecer un límite en el cemento pues al hidratarse, entrar en contacto con el agua, trae

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

problemas de expansión. En la normativa peruana se fija un límite de 6%

Anhídrido sulfúrico (SO3)

Está presente en el cemento debido a la incorporación del yeso para controlar el fraguado, cuando se hidrata, se expande y puede causar la desintegración del concreto. En la normativa peruana se fija un límite de 3%.

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

- Tipo I: Destinado para aplicaciones generales donde no se requieren propiedades especiales.
- Tipo II: Ofrece una resistencia moderada a los sulfatos y genera un calor de hidratación moderado. Diseñado para su uso en estructuras expuestas a ambientes agresivos y/o en proyectos que involucren vaciados masivos.
- Tipo III: Proporciona un rápido desarrollo de resistencia con un elevado calor de hidratación. Adecuado para condiciones climáticas frías o cuando se necesita acelerar la puesta en servicio de las estructuras.
- Tipo IV: Diseñado con bajo calor de hidratación, especialmente indicado para aplicaciones concretas de gran masa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Tipo V: Ofrece una alta resistencia al ataque de sulfatos, siendo la elección preferida para entornos extremadamente agresivos.

2.3.1.1.2. Agregados

Los agregados se describen como los componentes inertes del concreto que se unen mediante la pasta de cemento para constituir la estructura resistente. Representan aproximadamente tres cuartas partes del volumen total del concreto, por lo que la calidad de estos desempeña un papel fundamental en la configuración del producto final. (Abanto Castillo, 2017)

La clasificación de los materiales como inertes es relativa, ya que, aunque no participan directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua para formar la pasta de cemento, sus propiedades tienen un impacto significativo en el producto final. En algunos casos, estas características son tan cruciales como las del cemento mismo para alcanzar ciertas propiedades específicas, como resistencia, conductividad, durabilidad, entre otras. (Abanto Castillo, 2017)

2.3.1.1.2.1. Agregado Fino

a) Granulometría

Este ensayo se emplea para evaluar la clasificación de materiales propuestos o actualmente utilizados como agregados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los resultados se utilizarán para verificar si la distribución del tamaño de partículas cumple con los requisitos especificados en los estándares técnicos del proyecto y proporcionarán la información necesaria para supervisar la producción de agregados.

En este ensayo, se procede a separar una muestra de agregado seco de masa conocida mediante una serie de tamices que van desde aberturas más grandes a más pequeñas, con el fin de determinar cómo se distribuyen las partículas en términos de tamaño. (NTP 400.012, 2018)

b) Contenido de humedad

Este procedimiento define la técnica para medir la humedad presente en los agregados finos y gruesos. Cuando se calculan las proporciones de los componentes del concreto, se asume que los agregados están completamente saturados, lo que significa que todos sus poros están llenos de agua, y que están libres de humedad en la superficie. (NTP 339.185, 2002)

c) Peso Unitario

El peso unitario del agregado fino se refiere al peso del agregado necesario para ocupar un volumen específico en un recipiente determinado. Se calcula dividiendo la masa neta del agregado contenida en el recipiente por el volumen del recipiente, y se expresa en unidades de kg/m^3. Esta medida es esencial en el contexto del concreto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ya que proporciona información sobre diversas propiedades que influyen significativamente en el uso del concreto. El valor típico de esta medida varía entre 1500 y 1700 kg/m³. (NTP 400.017, 2011)

d) Peso Especifico

Según la Norma Técnica Peruana (NTP), se define un procedimiento de prueba destinado a calcular el peso específico, el peso específico aparente, el peso específico saturado con superficie seca y la absorción de los agregados finos después de haber estado sumergidos en agua durante un período de 24 horas.

- Peso Específico de Masa

  Este se determina manteniendo una temperatura constante y comparando la masa de un volumen unitario de material (que incluye poros con permeabilidad e impermeables) en relación con la masa de igual volumen de agua destilada sin gas.

- Peso Específico Aparente (NTP 400.022, 2013)

  En condiciones estables de temperatura, se compara la masa en el aire de un volumen unitario del material con la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada sin gas. Si el material es sólido, se considera el volumen que excluye los poros permeables. (NTP 400.022, 2013)

- Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco

  Este valor es similar al peso específico de masa, pero incluye los poros permeables presentes en la masa. (NTP 400.022, 2013)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

e) Absorción

Este ensayo tiene como objetivo calcular el porcentaje de absorción de un agregado después de un período de 24 horas de inmersión en agua. De acuerdo con la norma técnica peruana, la absorción se define como la cantidad de agua que el agregado retiene después de estar sumergido en agua durante un lapso de 24 horas. Este valor se expresa como un porcentaje con respecto al peso del material en seco y permite determinar el estado del material como "saturado superficialmente seco".

f) Módulo de Fineza

El módulo de fineza se obtiene sumando los valores de los porcentajes acumulados de partículas retenidas en mallas de series estandarizadas y luego dividiendo esta suma por 100. Estas series estandarizadas consisten en mallas donde cada una tiene el doble de tamaño que la anterior. Estas mallas suelen incluir tamaños como 100, 50, 30, 16, 8, 4, ⅜" y otras, dependiendo de las especificaciones de la normativa correspondiente. (NTP 400.011, 2013)

2.3.1.1.2.2. Agregado Grueso

Todo material que queda retenido con un porcentaje mínimo del 95% en el tamiz N° 4 (Rivva Lopez, 2007).

a) Tamaño Máximo Nominal (TMN)

Se refiere al tamaño que se asocia con el tamiz más pequeño de la serie empleada en la cual se detecta la primera retención de partículas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La mayoría de estos valores descriptores de la granulometría se establecen en relación al tamaño máximo nominal, y de manera general, se establecen los siguientes criterios que el agregado debe satisfacer.

b) Peso Específico

El peso específico del agregado grueso se define como la relación entre su masa y el volumen absoluto equivalente de agua desplazada por inmersión. Para agregados típicos, el valor del peso específico oscila entre 2500 y 2750.

Es necesario presentar fórmulas utilizadas para calcular tres estados diferentes de peso específico. (NTP 400.021, 2002)

c) Módulo de Fineza

El módulo de fineza refleja la granulometría del agregado grueso y se calcula de acuerdo con las pautas establecidas en la norma correspondiente. Se determina sumando los porcentajes de material retenido en las mallas de tamaños específicos, como 1 ½", ¾", 3/8", N.º 4, N.º 8, N.º 16, N.º 30, N.º 50, N.º 100. Este valor del módulo de fineza del agregado grueso es relevante en las mezclas de concreto y se obtiene siguiendo las directrices establecidas en la normativa correspondiente. (NTP 400.011, 2013)

2.3.1.1.3. Agua

El agua es un componente de gran importancia en la elaboración de concreto, este guarda una relación con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido (Abanto Castillo, 2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por este motivo, el agua a utilizar debe estar limpia y libre de sustancias nocivas como aceite, ácido, sal, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan dañar el hormigón o el acero de refuerzo. En (NTP 339.088, 2014) se establecen valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua para la mezcla de concreto.

Tabla 3
Valores permisibles del agua para la mezcla

Sustancias Disueltas	Limites Permisibles
Cloruros	1000 ppm
Sulfatos	3000 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
pH	Mayor de 7
Solidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: (NTP 339.088, 2014)

2.3.2. Propiedades del Concreto

2.3.2.1. Estado Fresco

- **Trabajabilidad**

  La trabajabilidad del concreto se caracteriza por la facilidad o dificultad que presenta en términos de mezclado, transporte, colocación y compactación. En general, un concreto se considera trabajable cuando, durante su desplazamiento, conserva una capa de mortero de al menos 1/4 de pulgada sobre el agregado grueso. (Pasquel Carbajal, 1998)

  Según Enrique Pasquel en su obra "Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú" de 1992, la manera convencional de evaluar la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

trabajabilidad ha sido mediante el método del "Slump" o asentamiento utilizando el cono de Abrams.

Sin embargo, debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad, pues se pueden obtener concretos con igual Slump, pero trabajabilidades notablemente diferentes".

(Pasquel Carbajal, 1998) menciona que para lograr un dato más aproximado en la trabajabilidad es que se debe analizar lo siguiente:

- Estabilidad: Se refiere al desplazamiento natural del concreto sin intervención de fuerzas externas, y se mide a través de indicadores como la exudación y la segregación.
- Compactibilidad: Se define como la facilidad con la que el concreto fresco puede compactarse.
- Movilidad: Representa la facilidad con la que el concreto puede ser desplazado mediante la aplicación de esfuerzos externos.

- **Segregación**

Surge debido a las disparidades en densidad entre los distintos elementos del concreto, lo que lleva a que las partículas más pesadas tiendan a descender. (Pasquel Carbajal, 1998)

- **Exudación**

Relativo a la separación del agua de la mezcla con el conglomerado, ascendiendo hacia la superficie del concreto. (Pasquel Carbajal, 1998).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La evaluación estándar de la exudación se realiza mediante el cumplimiento de la norma ASTM C-232, para la cual se requiere el uso de una pipeta.

2.3.2.2. Estado endurecido

- **Resistencia a la compresión**

La resistencia se define como el máximo esfuerzo que soporta el concreto sin romperse. Además, es una de las propiedades más importantes del concreto endurecido, esta determina su aceptación o rechazo. La resistencia del concreto está relacionada con los siguientes factores:

- Relación agua/cemento
- Contenido de cemento
- Características físicas de los agregados (tamaño máximo nominal, textura superficial, resistencia y dureza)
- Aire en la mezcla
- Condiciones de curado
- Utilización de aditivos
- Empleo de materiales puzolánicos.

Para determinar de manera segura la resistencia se debe basarse en mezclas de pruebas, ya sea en laboratorio o en situ, que son curadas y, posteriormente, se someten a ensayos de compresión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La resistencia a la compresión del concreto (f'c) es la carga más alta para una unidad de área soportada por el espécimen a los 28 días, antes de fallar por compresión (agrietamiento o rotura)

Ensayos del concreto endurecido

a) Normas

- ASTM C39: Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.
- NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

b) Definición:

Implica someter cilindros moldeados o muestras extraídas mediante diamantina a una carga de compresión axial con una velocidad estandarizada dentro de un rango definido hasta que se produce la falla. La resistencia a la compresión de la muestra se determina dividiendo la carga máxima alcanzada durante la prueba por el área de la sección transversal de la muestra. (NTP 339.034, 2008)

El parámetro obtenido es una propiedad principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kgf/cm2) o en mega pascales (MPa) (NTP 339.034, 2008)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c) Importancia:

Los resultados de las pruebas de resistencia a compresión se utilizan principalmente para asegurar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requisitos de la resistencia especificada (f'c) establecidos en la definición del proyecto.(Marrufo, 2015)

Además, puede emplearse con propósitos de control de calidad, para la aceptación del concreto, o para prever la resistencia en elementos estructurales que guíen la planificación de los subsiguientes procedimientos constructivos durante la ejecución de una obra, tales como la retirada de encofrados, el uso de puntales, entre otros. (Marrufo, 2015)

d) Equipo:

La máquina de prueba debe tener una capacidad adecuada, ser accionada por energía (no manual) y posibilitar una velocidad de carga en la muestra de 0,25 ± 0,05 MPa/s, de manera continua y sin interrupciones ni pausas.(Marrufo, 2015)

La máquina de prueba estará provista de dos bloques de acero con superficies resistentes, donde uno de ellos descansará sobre una rótula para ajustarse a la parte superior de la muestra, mientras que el otro se apoyará sobre una base sólida para sostener la parte inferior. Durante el ensayo, las superficies de los bloques deben permanecer paralelas y tener una dimensión mínima que sea al menos un 3% mayor que el diámetro de las muestras a ensayar. (Marrufo, 2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

e) Especímenes para ensayo:

- La prueba puede llevarse a cabo utilizando muestras obtenidas en cualquiera de las siguientes situaciones:
- Muestras curadas y moldeadas conforme a la norma ASTM C31, a partir de una muestra de concreto fresco.
- Muestras extraídas o cortadas de una estructura de concreto endurecido, según la norma ASTM C42.
- Muestras fabricadas con moldes de cilindros colocados in situ (incrustados en la estructura), de acuerdo con la norma ASTM C873.

f) Procedimiento de ensayo:

En el caso de cilindros de prueba curados y moldeados, las dimensiones pueden ser de 6" x 12" o 4" x 8", siendo las muestras más pequeñas generalmente más manejables tanto en el campo como en el laboratorio. El diámetro de la muestra debe ser al menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado utilizado en la preparación del concreto. Conforme a las normativas ASTM C39 y NTP 339.034, se aconseja realizar las pruebas en las muestras tan pronto como sea práctico después de retirarlas del proceso de curado, es decir, en condiciones húmedas superficialmente secas. (Marrufo, 2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para medir el diámetro de la muestra, se utiliza un micrómetro en dos posiciones perpendiculares entre sí, a la altura media de la misma, y estos diámetros se promedian para calcular el área de la sección. (Marrufo, 2015)

Antes de colocar la muestra entre los cabezales de la máquina de ensayo, se procede a limpiar las caras de contacto de los bloques de acero, tanto el superior como el inferior, así como las de la muestra. Se alinean los ejes de la muestra a ensayar con el centro de empuje de la máquina para evitar excentricidades. (Marrufo, 2015)

Se verifica que el indicador de carga de la máquina esté en cero; en caso contrario, se ajusta. Luego, se aplica la carga de manera continua y uniforme hasta que la muestra falle. Finalmente, se registra el tipo de falla y la carga máxima soportada por la muestra antes de fracturarse. La Resistencia a Compresión se calcula dividiendo la carga máxima entre el área promedio de la sección. (Marrufo, 2015)

- Tipo de fracturas en muestras cilíndricas de concreto NTP 339. 034.
    - Fractura tipo I: Conos con una forma aceptable en ambos extremos y fisuras que no superan 1 pulgada (25 mm) a través de los cabezales.

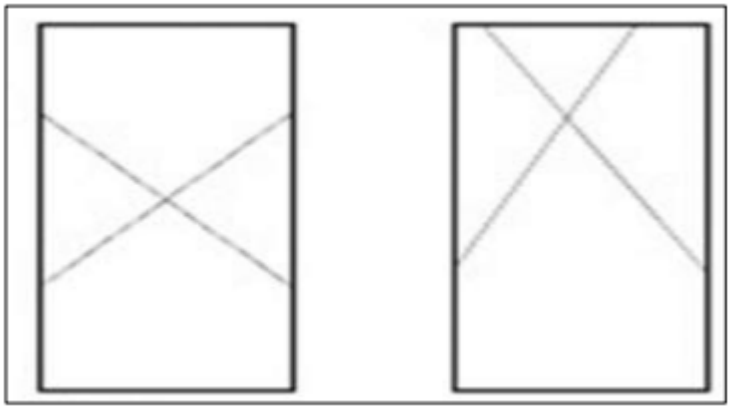
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 2

Fractura tipo I

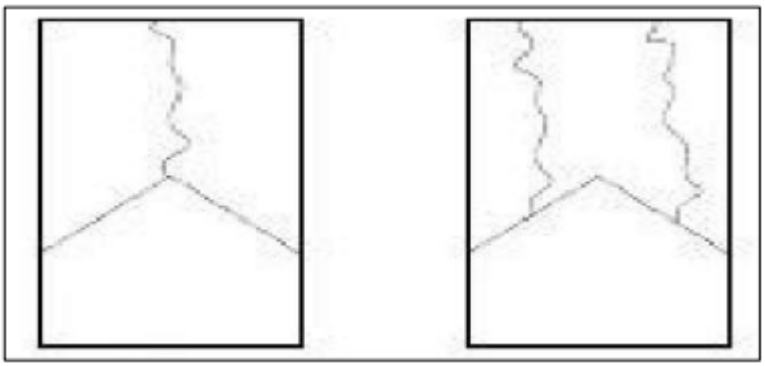


Fuente: (NTP 339.034, 2008)

- Fractura tipo II: Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.

Figura 3

Fractura tipo II



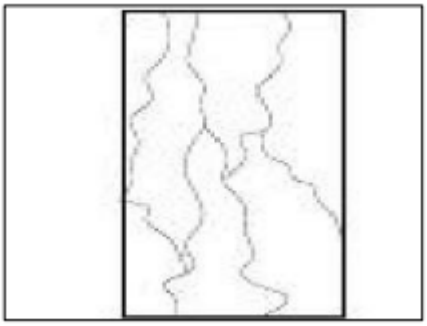
Fuente: (NTP 339.034, 2008)

- Fractura tipo III: Fisuras verticales en columnadas a través de ambos extremos, como no bien formados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

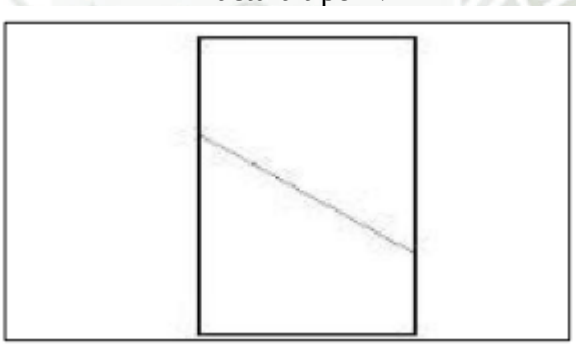
Figura 4
Fractura tipo III



Fuente: (NTP 339.034, 2008)

- Fractura tipo IV: Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpes suavemente con un martillo para distinguirla del tipo 1.

Figura 5
Fractura tipo IV



Fuente: (NTP 339.034, 2008)

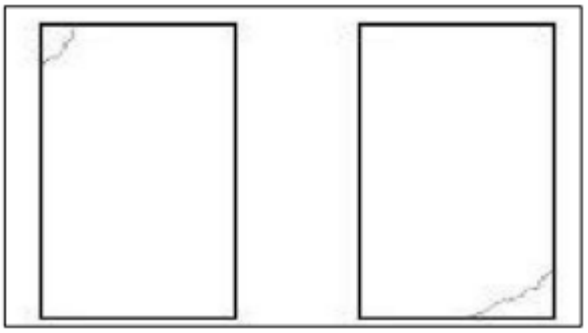
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Fractura tipo V: Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos).

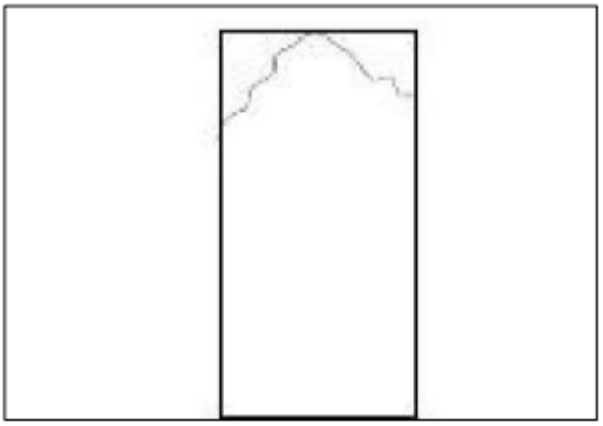
Figura 6
Fractura tipo V



Fuente: (NTP 339.034, 2008)

- Fractura tipo VI: Similar a tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo.

Figura 7
Fractura tipo VI



Fuente: (NTP 339.034, 2008)

2.3.3. Puzolanas

La normativa NTP 334.090 establece que una puzolana es cualquier sustancia compuesta de sílice o alúmina-sílice que, en presencia de agua, puede reaccionar con cal y generar un producto con propiedades cementantes. La utilización de puzolanas en la construcción tiene su origen más antiguo en el Imperio Romano hace dos mil años.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En esa época, se emplearon productos piroclásticos provenientes de la actividad volcánica del Monte Vesubio para la edificación de monumentos emblemáticos como el Panteón Romano, el Coliseo y los sistemas de acueductos.

2.3.3.1. Tipos de puzolanas

En la naturaleza, existen diversos tipos de materiales rocosos que pueden ser clasificados como puzolanas. Se incluyen en la categoría de materiales puzolánicos ciertas rocas de procedencia volcánica, tales como la piedra pómez, las tobas y las cenizas volcánicas, así como también rocas originadas en procesos sedimentarios, como la calcedonia, el ópalo y ciertas arcillas.

- Puzolanas naturales

Las puzolanas naturales provienen de dos fuentes distintas: una de carácter orgánico y otra de origen mineral. Aquellas originadas en procesos minerales se desarrollan a partir de la conversión de partículas y "cenizas" volcánicas, que mediante la acción de la atmósfera (meteorización) se convierten en tobas, presentando características de rocas volcánicas que han experimentado una solidificación parcial (Salazar J., 2022)

En contraste, las puzolanas naturales de origen orgánico se generan a partir de rocas sedimentarias que contienen una cantidad significativa de sílice hidratada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estas rocas se forman en depósitos iniciales marinos, a través de la acumulación de caparazones y estructuras silíceas de organismos marinos (radiolarios) o de vegetación acuática (diatomeas) (Salazar J., 2022)

- Puzolanas artificiales

  Este tipo específico de puzolana es producido mediante un tratamiento térmico apropiado, y se pueden identificar dos categorías principales. La primera comprende componentes silicatados y arcillosos de origen natural, con una composición característica de esquistosidad. (Salazar J., 2022)

  Las cenizas derivadas de restos agrícolas, como la ceniza de la cascarilla de arroz, la ceniza del bagazo y la paja de la caña de azúcar, al someterse a una quema adecuada, generan un subproducto mineral enriquecido en sílice y alúmina. La estructura de este subproducto varía según la temperatura de la combustión. (Salazar J., 2022)

2.3.4. Ceniza de biomasa (Opuntia Ficus Indica)

La tuna (Opuntia Ficus Indica) es una planta de gran importancia en los sistemas agrícolas de los andes peruanos. Esta cactácea se encuentra ampliamente distribuida en el país, especialmente en los valles interandinos donde ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento (Chandra, 1998)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3.4.1. Uso y propiedades

En Perú, la penca de la tuna, conocida como nopal, es una planta originaria de la región de los Andes, y se cultiva principalmente en la zona sur del país. La penca de la tuna se utiliza en la gastronomía peruana y en la medicina tradicional.

En cuanto a la producción, el cultivo de la penca de la tuna en Perú se ha visto afectado por el cambio climático y la escasez de agua, lo que ha reducido la producción de esta planta en los últimos años. Sin embargo, aún se sigue cultivando en algunas zonas del sur del país, como en la región de Tacna, Arequipa y Cusco.

A nivel mundial

México es el principal productor del nopal en el mundo, cuenta con una producción de tuna a 2020 de 471,427 toneladas y aproximadamente el 98% se destina para el mercado nacional, donde la mayor parte se utiliza para el consumo en fresco y para la elaboración de diversos productos (León Carrasco, 2023)

De igual manera, según datos proporcionados por la empresa de inteligencia comercial privada Veritrade, las exportaciones peruanas de tuna alcanzaron las 126.7 toneladas con un valor de US$ 255,900 en el año 2021. Se señaló que la tuna en pulpa congelada constituye el segmento más representativo, abarcando el 91.42% del total de exportaciones, seguido por el néctar con un 4.07%, la tuna fresca con un 3.46%, y la tuna congelada con un 1.06%. (León Carrasco, 2023)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los principales mercados destinos de la tuna procedente de Perú en 2021 fueron Estados Unidos con US$ 157.020 (participando con el 61% del total), Países Bajos US$ 53.920 (21%), Francia US$ 23.590 (9%), Chile US$ 13.060 (5%). Le siguen demás Aruba, Rusia, Suiza, España, Japón, Alemania e Italia.(León Carrasco, 2023)

A nivel nacional

La práctica del cultivo de tuna en nuestro país abarca 15 regiones, siendo Ayacucho el destacado productor con una producción de 20,260 toneladas, lo que representa el 32.56% del total. Cusco sigue de cerca con 14,170 toneladas en 2020, contribuyendo con el 22.78% del total. Otras regiones significativas incluyen Huancavelica con 6,189 toneladas, Apurímac con 6,134 toneladas, Lima con 3,631 toneladas, Arequipa con 3,258 toneladas, Moquegua con 2,689 toneladas, Áncash con 1,944 toneladas, Tacna con 1,397 toneladas, La Libertad con 928 toneladas, Ica con 927 toneladas, Cajamarca con 340 toneladas, Junín con 170 toneladas, Huánuco con 152 toneladas y Pasco con 18 toneladas.

En el Perú, la tuna experimenta un elevado consumo en el mercado local, superando el 98% de la producción total, con una demanda especialmente notable en su forma fresca. Cada región productora satisface parte de su propia demanda interna.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

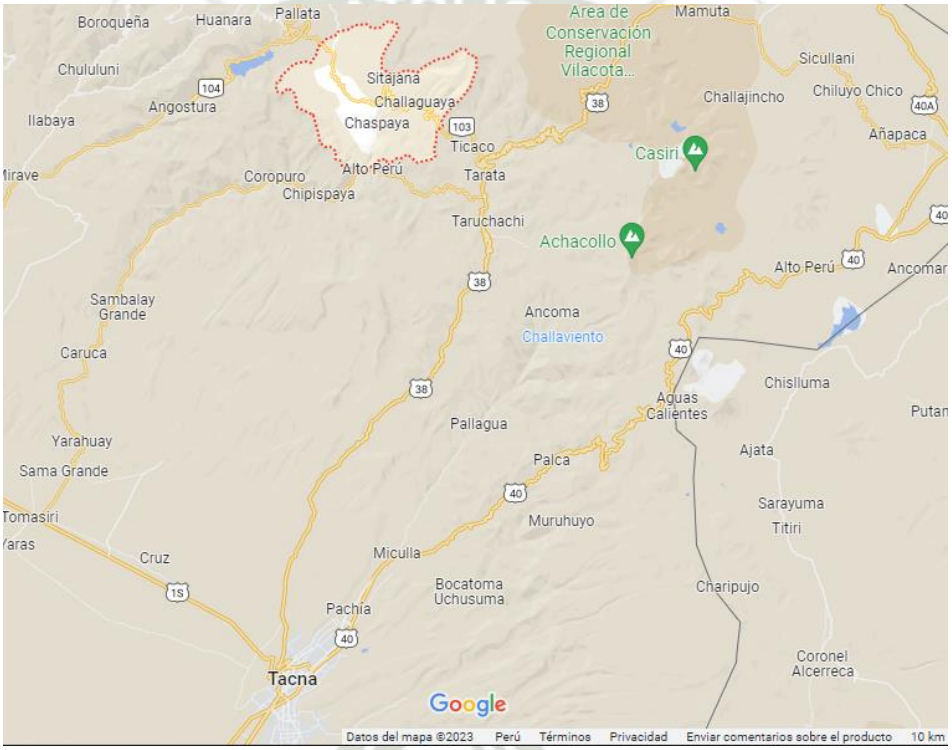
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A nivel local

La tuna es un producto natural de la región de Tacna, Provincia de Tarata, distrito de Sitajara. Esta producción cada cierto tiempo genera residuos de sus hojas secas al cual quemándolo produce ceniza que puede utilizarse para otros fines.

Figura 8
Ubicación del Distrito de Sitajara



Fuente: Google Maps

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 9
Plantaciones de tuna en el distrito de Sitajara



Fuente: Elaboración propia

Figura 10
Plantaciones de Tuna



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 11
Plantaciones de tuna en la provincia de Tarata



Fuente: Elaboración propia

a) Obtención de ceniza

Para convertir la penca de la tuna en una puzolana artificial, es necesario llevar a cabo cuatro etapas fundamentales:

- **Secado de la penca**

  Es esencial que las pencas de tuna posean la menor cantidad de humedad posible para lograr una incineración efectiva. A medida que el contenido de humedad disminuye, la incineración se completa más rápidamente, lo que resulta en la generación de cenizas con una reactividad puzolánica más alta. Por lo tanto, nuestro material se extendió al aire libre para secarlo, y este proceso de secado se extendió por un período de 3 meses.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 12
Secado de la penca al aire libre



Fuente: Elaboración propia

En el transcurso de este estudio, se recolectaron penca de tuna entre húmedas y secas con un peso aproximado de 150 kg. Al llevar a cabo el proceso de secado, se obtuvo aproximadamente 120 kg en estado seco.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 13

Recolección de penca de tuna para su incineración



Fuente: Elaboración propia

- **Incineración de la penca**

  Es necesario mantener una temperatura que oscile entre los 400°C y 700°C para propiciar la completa combustión del material y así eliminar la mayor parte del contenido de carbono.

Esto se evidencia en la ceniza, que debe presentar un tono lo más blanco posible. Además, se debe evitar la cristalización de la sílice contenida en la penca de la tuna.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 14
Proceso de incineración de la penca de la tuna





Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 15
Resultante de incineración de la penca de la tuna



Fuente: Elaboración propia

Figura 16
Obtención de ceniza de penca de la tuna



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La incineración se realizó por proceso habitual de los pobladores del distrito de Sitajara, el cual es realizado para producir abono.

- **Molienda de la ceniza**

  La ceniza debe ser muy fina para aumentar la capacidad de rección de la sílice, por lo tanto, para incrementar su finura se realizó mediante la ayuda de un molino y martillo.

- **Tamizado de la ceniza**

  En este estudio, la ceniza fue sometida a un proceso de tamizado hasta que más del 95% de ella pudiera atravesar el tamiz Nro.50.

2.3.4.2. Composición Química

La ceniza de penca de tuna se considera un material puzolánico ya que las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice y alúmina en cantidades reactivas y que, cuando se mezclan con cal y agua, forman compuestos que mejoran la resistencia y durabilidad del concreto, además la ceniza de penca de tuna contiene sílice y otros minerales que le dan propiedades aglomerantes y puzolánicas los cuales son descritas en la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4

Composición química de las cenizas de penca de la tuna

Métodos ensayados

*592 Método de Ensayo para Rocas Fusión alcalina

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*592								
				Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	K_2O	LOI	MgO	Mn_2O_3	Na_2O	CaO
				%	%	%	%	%	%	%	%	%
MN23018409	CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA)	No proporcionado por el cliente.	Ceniza	8,69	43,95	7,06	3,52	19,78	11,36	0,09	1,23	9,88

Fin del informe

Fuente: INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-23-09872

Tabla 5

Comparación de composición química de las cenizas de penca de la tuna con NTP 334.104

Componente	Clase N	Porcentaje ceniza de penca de tuna
Dióxido de silicio (SiO2) + óxido de aluminio (Al2O3) + óxido de fierro (Fe2O3), % mín.	70	59.70
Contenido de humedad, % máx.	3.0	1.05
Pérdida por calcinación, % máx.	10.0	19.78

Fuente: (NTP 334.104, 2011) e INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-23-09872

De acuerdo con la norma NTP 334.114, la ceniza pertenece a la clase N, dado que fue obtenida a través del proceso de calcinación.

Según la NTP 334.114 “CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto”, además del informe de ensayo LAS01-MN-23-09872 del laboratorio Analíticos del Sur, se puede observar los siguientes resultados:

- La combinación de los porcentajes de Óxido de aluminio (Al_2O_3), Dióxido de silicio (SiO_2), y óxido de fierro (Fe_2O_3) debe ser igual o superior al 70%. Al analizar la tabla anterior, podemos notar que para la ceniza de biomasa (opuntia ficus-indica)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Analizada la suma de estos componentes nos da 59.70%, incumpliendo con la normativa, pudiendo afectar las propiedades y el rendimiento del cemento, teniendo como posibles consecuencias:

- Óxido de Aluminio (Al_2O_3): El óxido de aluminio contribuye a la resistencia del cemento e influye en sus propiedades a altas temperaturas, si hay niveles bajos de Al_2O_3, se considera reducción en la resistencia y en la capacidad del cemento para resistir condiciones extremas.
- Dióxido de Silicio (SiO_2): El dióxido de silicio es esencial para el desarrollo de la resistencia del cemento y contribuye a su durabilidad, si existen niveles bajos de SiO_2 podrían resultar en una reducción de la resistencia y en una menor durabilidad del concreto.
- Óxido de Hierro (Fe_2O_3): El óxido de hierro, contribuye a las propiedades de fraguado, niveles bajos de Fe_2O_3 podría influir en las propiedades de fraguado y endurecimiento del cemento.
- Para el nivel de Alcalis ($Na_2O + K_2O$) no debe exceder del 1.5%, sin embargo se observa en la tabla n°4 “Composición química de las cenizas de penca de la tuna” el resultado de 4,75%, pudiendo tener como consecuencia una expansión alcalina, deterioro de la durabilidad y reducción de la resistencia, por otro lado según la ficha técnica de cemento Yura IP y Frontera IP, su nivel de Alcalis ($Na_2O + K_2O$), es del 0.77%, el cual combinado con los diferentes porcentajes de sustitución del cemento tendríamos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- 0.98 (0.77) + 0.02 (4.75) = 0.84%
- 0.95 (0.77) + 0.05 (4.75) = 0.96%
- 0.90 (0.77) + 0.10 (4.75) = 1.16%
- 0.85 (0.77) + 0.15 (4.75) = 1.36%

Por lo tanto, al utilizar la ceniza de biomasa en sustitución del cemento hasta el 15% no excedería la cantidad de álcalis, por lo cual no tendríamos un concreto reactivo.

- El nivel de humedad no debe exceder el 3%. al consultar la tabla N° 14, "Contenido de humedad de la ceniza de biomasa", se observa que el contenido de humedad medido en la ceniza de biomasa (opuntia ficus-indica) es del 1.05%, lo cual cumple con los requisitos establecidos en las normas.
- La pérdida por calcinación (LOI) no debe exceder el 10%. Al revisar la tabla anterior, se nota que la pérdida por calcinación (LOI) medida en la ceniza de biomasa (opuntia ficus-indica) es del 19.78%, lo cual no se encuentra dentro del límite permitido, debiéndose principalmente a dos factores clave primero a las condiciones de calcinación, ya que el tiempo y temperatura de calcinación no son controlados, segundo a la presencia de agua atrapada, ya que la penca de tuna necesita de un tiempo mínimo de 6 meses para su secado al natural.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3.4.3. Uso de la ceniza de biomasa en la construcción

Los usos tradicionales que tiene la tuna y sus derivados, además del valor que tiene como alimento en forma directa, se suma su aplicación en rubros tan ajenos a los anteriores, como el de la construcción por sus propiedades aglutinantes en adobes y pinturas, o anticorrosivos, como infiltradores de suelo entre otros.

Se ha investigado el uso de la ceniza de la penca de la tuna como sustituto parcial del cemento en la producción de concreto, sin embargo, se debe tener en cuenta que aún se necesitan más estudios para determinar su viabilidad y limitaciones en este uso.

La ceniza de la penca de la tuna contiene una cantidad significativa de sílice y otros compuestos que son necesarios para la formación de la matriz de concreto. Además, el uso de ceniza de tuna como sustituto del cemento puede reducir la cantidad de emisiones de dióxido de carbono generadas durante la producción de cemento.

Sin embargo, el uso de ceniza de la penca de la tuna en lugar del cemento puede tener algunas limitaciones, como una menor durabilidad en ambientes agresivos. Además, la cantidad adecuada de ceniza de tuna a utilizar como sustituto del cemento debe ser cuidadosamente determinada para no comprometer la calidad y seguridad del concreto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA PROPUESTA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación será la aplicada, pues este tipo de investigación emplea las teorías ya existentes para originar nuevos conocimientos con el fin de proponer o disponer soluciones a un problema. En tal sentido esta tesis utiliza conocimientos referentes a el diseño de mezcla para concreto f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2, propiedades físico y mecánicos de agregados y lo referente a la ejecución de los ensayos para determinar la resistencia del concreto; con el fin de establecer si la sustitución parcial del cemento por ceniza de biomasa en 2%, 5%, 10% y 15% se puede mejorar la resistencia del concreto además de obtener un beneficio económico.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación será explicativo, puesto que se buscará establecer los efectos de la variable independiente (cantidad de ceniza de biomasa en el diseño mezcla) en la variable dependiente (resistencia del concreto). Este tipo de investigación además de describir las variables busca establecer la causa y el efecto entre ellas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2. Diseño de la investigación

Es un diseño experimental de nivel experimental, que reside en realizar un cambio en el valor de la variable independiente, en el cual se estudiara el diseño convencional del concreto (F'c 175 kgf/cm2 y F'c 210 kgf/cm2) en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución de diferentes porcentajes de cemento por ceniza de biomasa.

La siguiente tesis se centrará mayormente en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Suelos y Concretos de la UCSM, donde la tesista realizará los ensayos pertinentes obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

3.2.1. Variable dependiente e independiente

3.2.1.1. Variable dependiente

- Resistencia del concreto

3.2.1.2. Variable independiente

- Sustitución de cemento IP por ceniza de biomasa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.2. Operacionalización de Variables

Tabla 6
Operacionalización de variables

Variable dependiente	Definición Conceptual	definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Resistencia del concreto	La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin provocar rotura. 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. (Rivva Lopez, 2007)	La resistencia a la compresión de testigos cilíndricos es una prueba que consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla, en tiempos de curado de 7, 14 y 28 días	**Carga Axial:** fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural **Tiempo de Curado:** parte vital que se le debe brindar al concreto luego del vaciado y acabado del mismo. **Diseño de mezcla:** Se realizan los métodos de diseño ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado	Fuerza Área

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Variable independiente	definición Conceptual	definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Sustitución de cemento IP por ceniza de biomasa	La ceniza de biomasa se obtendrá ya calcinada por parte de la población de Sitajara, el cual será tamizada en malla N° 50, luego se realizará los ensayos de: - Granulometría - Contenido de humedad - Peso específico - Absorción Estudio de su composición química en Laboratorio LAS E.I.R.L.	Sustitución de un porcentaje de cemento tipo IP, marca Yura IP y Frontera IP, por ceniza de biomasa en un 2, 5, 10 y 15% en comparación a un diseño convencional de un concreto f'c = 175 kgf/cm2 y f'c = 210 kgf/cm2.	**Cantidad de ceniza de biomasa:** Implica los diferentes porcentajes 2%, 5%, 10% y 15% de sustitución del cemento tipo IP	Porcentajes: 2%, 5%, 10% y 15% Promedios

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Población y Muestra

- Se obtuvo la ceniza de la penca de la tuna, cuyo producto es proveniente del distrito de Sitajara, Provincia de Tarata, Región Tacna

- Los agregados fueron obtenidos de la cantera Municipal Sitajara ubicada en el Distrito de Sitajara, Departamento de Tacna.

- De acuerdo a la NTP 339.183 (2003) en el ítem 5.5. nos indica: “El número mínimo de muestras elaboradas es de tres (03) especímenes para cada edad”. Por lo tanto, se ensayarán un total de 360 probetas, sin embargo, se consideraron aproximadamente 200 probetas de prueba para la obtención de concreto patrón (8 diseños), contemplado el diseño inicial y sus correcciones los cuales son descritos a continuación:

  - 200 probetas para obtener el concreto patrón de resistencia f’c = 175 kgf/cm2 y f’c = 210 kgf/cm2 con dos marcas de cemento y Método del Comité 211 del ACI y el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado, contemplando el diseño inicial y correcciones.

  - 9 probetas patrón (diseño sin ceniza). De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia (f’c = 175 kgf/cm2 y f’c = 210 kgf/cm2) y diferentes marcas de cemento (Yura IP y Frontera IP), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- 9 probetas patrón (diseño con 2% de ceniza). De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia (f'c = 175 kgf/cm2 y f'c = 210 kgf/cm2) y diferentes marcas de cemento (Yura IP y Frontera IP), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado.

- 9 probetas patrón (diseño con 5% de ceniza). De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia (f'c = 175 kgf/cm2 y f'c = 210 kgf/cm2) y diferentes marcas de cemento (Yura IP y Frontera IP), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado.

- 9 probetas patrón (diseño con 10% de ceniza). De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia (f'c = 175 kgf/cm2 y f'c = 210 kgf/cm2) y diferentes marcas de cemento (Yura IP y Frontera IP), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado.

- 9 probetas patrón (diseño con 15% de ceniza). De las cuales 3 se ensayaron a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días por cada resistencia (f'c = 175 kgf/cm2 y f'c = 210 kgf/cm2) y diferentes marcas de cemento (Yura IP y Frontera IP), tanto para el Método del Comité 211 del ACI y el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 7
Número de probetas a ensayar

Descripción de ensayo de compresión				**Nro. de probetas** % de reemplazo				
Método de diseño de mezcla	Marca de Cemento	Resistencia (kgf/cm2)	Tiempo de curado (días)	0%	2%	5%	10%	15%
Método ACI 211	**Cemento YURA IP**	**175**	7	3	3	3	3	3
			14	3	3	3	3	3
			28	3	3	3	3	3
		210	7	3	3	3	3	3
			14	3	3	3	3	3
			28	3	3	3	3	3
	Frontera IP	**175**	7	3	3	3	3	3
			14	3	3	3	3	3
			28	3	3	3	3	3
		210	7	3	3	3	3	3
			14	3	3	3	3	3
			28	3	3	3	3	3
Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado	**Cemento YURA IP**	**175**	7	3	3	3	3	3
			14	3	3	3	3	3
			28	3	3	3	3	3
		210	7	3	3	3	3	3
			14	3	3	3	3	3
			28	3	3	3	3	3
	Frontera IP	**175**	7	3	3	3	3	3
			14	3	3	3	3	3
			28	3	3	3	3	3
		210	7	3	3	3	3	3
			14	3	3	3	3	3
			28	3	3	3	3	3
Diseño inicial y correcciones para obtención de concreto patrón								201
Nro. de probetas						**561**		

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.2.1. Técnica

La técnica a utilizar será la observación y experimentación, para diseños de mezcla de resistencia f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2, efectuando la variación en el diseño de mezcla con el uso de la ceniza de biomasa por clasificación, granulometría y dosificación; para ello se elaborarán testigos de concreto que nos permitirán conocer el comportamiento de la resistencia del concreto a los 7,14 y 28 días.

Para poder elaborar el diseño de mezclas base para las resistencias f'c = 175 kgf/cm2, f'c = 210 kgf/cm2 se evaluaron primero las características físico-mecánicas de los agregados gruesos y finos provenientes de la Cantera Municipal de Sitajara, ubicada en el distrito de Sitajara, Región Tacna y con dichos resultados se procederá a realizar el diseño de mezcla por el método ACI 211 y luego diseño de mezcla por el método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado utilizando diferente marcas de cemento tipo IP los cuales serán Yura IP y Frontera IP

Al definir los diseños de mezcla para cada resistencia se procederá a realizar los mismos diseños, pero con la sustitución parcial de diferentes porcentajes de cementos (2%, 5%, 10% y 15%) por la ceniza de biomasa

La recopilación de datos para poder contrastar el comportamiento del concreto con las diferentes variaciones porcentuales del cemento se realizará mediante la elaboración de testigos de concretos, los cuales serán ensayados a los 7, 14 y 28 días según la norma ASTM C39.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para poder verificar si la sustitución parcial del cemento por las cenizas de biomasa en diferentes cantidades porcentuales influye o no en su resistencia.

3.3.2.2. Procedimientos

a) Recolección de datos:

i) Los agregados gruesos y finos serán obtenidos:

- Cantera Municipal de Sitajara

Los cuáles serán transportados hasta el laboratorio de la Universidad Católica de Santa María para poder determinar sus propiedades Físicas y Mecánicas.

ii) Se obtendrá la ceniza de biomasa, distrito de Sitajara, provincia de Tarata, Región Tacna, ya calcinado ya que la población ya realiza este proceso para facilitar su eliminación y posterior uso de abono

iii)Se realizarán los siguientes ensayos de los agregados gruesos y finos

- Granulometría del agregado fino y grueso de acuerdo con las especificaciones de la norma NTP 400.012/ASTM C-136.
- Contenido de humedad del agregado fino y grueso siguiendo los parámetros establecidos por la norma NTP 339.185/ASTM C-566.
- Peso unitario del agregado fino y grueso conforme a lo estipulado en la norma NTP 400.017/ASTM C-29.
- Peso específico del agregado grueso según lo indicado en la norma NTP 400.021/ASTM C-127.
- Peso específico del agregado fino de acuerdo con las directrices de la norma NTP 400.022/ASTM C-128.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

iv) Se obtendrá las propiedades de la ceniza de biomasa mediante procesamiento en molienda y tamizado por malla N° 50, para poder tener la fineza adecuada, posteriormente se realizará los ensayos de:

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Peso específico
- Absorción

Estudio de su composición química en Laboratorio LAS E.I.R.L.

Tabla 8

Numero de ensayos de agregados y ceniza de biomasa

Descripción de ensayo	Ceniza de biomasa	Agregado grueso	Agregado fino
Análisis Gran métrico	2	1	1
Peso específico y absorción	1	3	3
Contenido de humedad	1	3	3
Módulo de fineza		3	3
Peso unitario seco suelto y compactado		3	3
Nro. de ensayos	**4**	**13**	**13**

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

v) Luego de obtener todas las propiedades de los agregados y la ceniza de biomasa se procederá a realizar el diseño de mezcla base mediante método ACI y método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado, con las marcas más comerciales de la Región Tacna (Yura IP y Frontera IP) para las resistencias f'c = 175 kgf/cm2, f'c = 210 kgf/cm2

vi) Se realizará el diseño de mezcla para las mismas resistencias con el mismo método que el diseño base, pero con la sustitución parcial de cemento en 2%, 5%, 10% y 15% con las cenizas de biomasa obtenida

vii) Luego de tener los diseños de mezcla terminados, se procederá a realizar 9 testigos por cada porcentaje de sustitución y por cada resistencia según norma NTP 339.183/ASTM C-192M, los cuales serán desencofrados y curados

viii) Los testigos serán ensayados a compresión a los 7, 14 y 28 días según la norma NTP 339.034/ASTM C-39.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO CON CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA)

4.1. Estudio de los materiales para el diseño de mezcla de ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica)

4.1.1. Ceniza de penca de la tuna (Opuntia Ficus-Indica)

4.1.1.1. Análisis granulométrico

- Una muestra de 500 gramos que estaba completamente seca fue seleccionada.
- Luego, se procedió a limpiarla y verificar la disposición correcta de los tamices, que tenían aberturas de tamaños 60, 80, 100 y 200.
- El tamizado se llevó a cabo de forma manual
- Después, se pesó el material que quedó retenido en cada tamiz y se registraron los resultados.

Figura 17
Análisis Granulométrico de la ceniza de biomasa



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Los datos presentados en la siguiente tabla se emplearán en la preparación de las muestras de concreto.

Tabla 9

Datos del análisis granulométrico de la ceniza de biomasa

Peso Inicial		500	
Tamices	Peso Retenido (g)	Error (g)	Error (%)
Nro. 60	123.2		
Nro. 80	110.125		
Nro. 100	108.725	3.3	0.66
Nro. 200	131.725		
Fondo	22.925		
Total	496.7		

Fuente: Elaboración propia

- Se obtuvo un error de 3.3gramos el cual significa un 0.66%, para lo cual se realiza la corrección del resultado obteniendo así la siguiente tabla

Tabla 10 Resultados corregidos del análisis granulométrico de la ceniza de biomasa

Tabla 10

Resultados corregidos del análisis granulométrico de la ceniza de biomasa

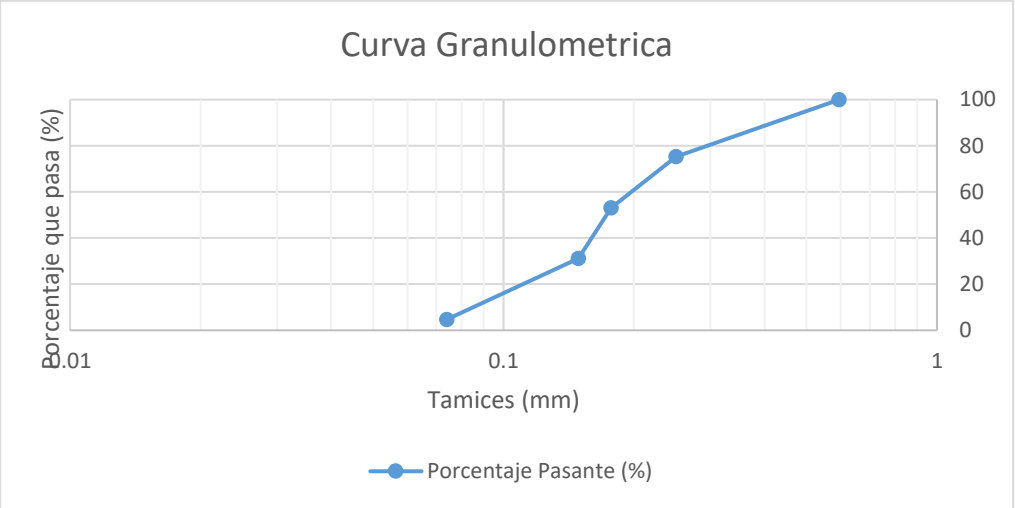
Tamices	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acu (%)	Porcentaje Pasante (%)
Nro. 30	0	0	0	100
Nro. 60	123.86	24.77	24.77	75.23
Nro. 80	110.79	22.16	46.93	53.07
Nro. 100	109.39	21.88	68.81	31.19
Nro. 200	132.39	26.48	95.28	4.72
Fondo	23.59	4.72	100.00	0.00
Total	500.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 18
Curva granulométrica de la ceniza de biomasa



Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2. Peso específico y absorción

- Se procedió a la saturación durante un período de 24 horas utilizando 200 gramos de muestra.
- Posteriormente, la muestra se extendió sobre una bandeja y se logró su condición de superficie seca (SSS) con la ayuda de una estufa.

a 19 Secado de la muestra de ceniza de biomasa en est

Figura 19
Secado de la muestra de ceniza de biomasa en estufa



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Con el propósito de confirmar que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca (SSS), se coloca el material en el cono y se aplican 25 golpes con la barra compactadora siguiendo las pautas establecidas por la norma NTP 400.022. Luego, al elevar el cono, si se observa que la muestra se desmorona parcialmente, esto indica que se encuentra en condición superficialmente seca (SSS).

Figura 20

Comprobación si la muestra de ceniza de biomasa se encuentra en condición (SSS)



Fuente: Elaboración propia

- Se obtuvieron 200 gramos de muestra en estado de superficie seca (SSS) y se introdujeron en una fiola previamente pesada.
- Luego, se llenó la fiola con agua hasta un nivel que permitiera su agitación sin derrames, llevándose a cabo este procedimiento durante 15 a 20 minutos con el fin de eliminar las burbujas de aire.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Tras agitar la fiola durante 15 a 20 minutos, se llenó completamente una probeta con agua y se registró su peso.
- La muestra fue retirada de la fiola y sometida a un período de 24 horas en un horno.
- Después de transcurridas las 24 horas, se extrajo la muestra, se permitió que se enfriara y se anotó su peso.
- Los resultados se encuentran detallados la siguiente tabla, los cuales serán empleados en la preparación de las probetas de concreto.

Tabla 11 Datos para obtener el peso específico y absorción de la ceniza de biom

Tabla 11

Datos para obtener el peso específico y absorción de la ceniza de biomasa

Nomenclatura	Denominación	Muestra
A	Peso de la Muestra Seca (g)	150
B	Peso de la Muestra en la condición de SSS (g)	200
C	Peso de la Fiola (g)	172.79
D	Peso de la fiola + muestra +Agua Añadida (g)	755.73
V	Capacidad de la Fiola (cm3)	500
W	Agua Añadida a la Fiola (cm3)	382.94

Fuente: Elaboración propia

- Los resultados para obtener los pesos específicos de la ceniza de biomasa se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12 Resultados de los pesos específicos de la ceniza

Tabla 12

Resultados del peso específico de la ceniza de biomasa

Resultados	Formula	Muestra
Peso Específico Corriente (g/cm3)	$\frac{A}{(V - W)}$	1.28
Peso Específico Aparente (g/cm3)	$\frac{A}{(V - W) - (B - A)}$	2.24
Peso Específico en condición de SSS (g/cm3)	$\frac{B}{(V - W)}$	1.71

Fuente: Elaboración propia

- Los resultados para obtener la absorción de la ceniza de biomasa se muestran en la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 13

Resultados de la absorción de la ceniza de biomasa

Resultados	Formula	Muestra
Absorción (%)	$\frac{B - A}{A} * 100$	0.33

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3. Contenido de humedad

- Se seleccionaron tres muestras de ceniza de biomasa y se registraron sus respectivos pesos.
- Las muestras fueron sometidas a un proceso de secado en un horno durante un período de 24 horas.
- Posteriormente, se extrajeron las muestras, se les permitió enfriarse y se procedió a pesarlas.

gura 21 Peso de la muestra seca de ceniza de biomasa

Figura 21

Peso de la muestra seca de la ceniza de biomasa



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 14
Contenido de humedad de la ceniza de biomasa

Muestra	Peso Muestra húmeda (g)	Peso de bandeja (g)	Peso muestra seca + bandeja (g)	Peso muestra seca (g)	Humedad (%)
1	48.7	52.64	100.96	48.32	0.79
2	50.66	70.51	120.39	49.88	1.56
3	49.67	40.05	89.32	49.27	0.81
				Promedio	1.05

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Agregado grueso

El agregado grueso que se utilizará incluirá grava, piedra triturada o una combinación de estos, y estará retenido en un tamiz con una abertura de 4.75 mm (tamiz número 4). Este tamiz es el encargado de separar el material fino del material grueso, según lo establecido en la Norma NTP 400.037 del año 2014.

4.1.2.1. Análisis granulométrico (NTP 400. 012:2001).

a) Descripción:

De acuerdo con Pasquel (1992), se plantea que, debido a la dificultad de medir directamente el volumen de las partículas de diferentes tamaños, se utiliza un enfoque indirecto mediante el tamizado con una serie de mallas de aperturas conocidas. Luego, se pesan los materiales retenidos y se expresan en porcentajes con respecto al total.

Según la norma NTP 400.037/ASTM C-33, el agregado grueso debe cumplir con ciertos límites (HUSOS) establecidos en la normativa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 15

Límites para el análisis granulométrico del Agregado Grueso

HUSO	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N.°4	N.°8	N.°16	N.°50
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	0	25 a 60	0	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
2	2 1/2" a 1 1/2"	0	0	100	9 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
3	2" a 1"	0	0	0	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0
357	2" a N.°4	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0	0 a 5	0	0	0
4	1 1/2" a 3/4"	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0
467	1 1/2" a N.°4	0	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0 a 5	0	0	0
5	1" a 1/2"	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 100	0 a 5	0	0	0	0
56	1" a 3/8"	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	0	0	0
57	1" a N.°4	0	0	0	0	0	100	95 a 100	0	25 a 60	0	0 a 10	0 a 5	0	0
6	3/4" a 3/8"	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	0	0	0
67	3/4" a N.°4	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	0	20 a 55	0 a 10	0 a 5	0	0
7	1/2" a N.°4	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	0	0
8	3/8" a N.°8	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	0
89	3/8" a N.°16	0	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 5	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	N.°4 a N.°16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b) Herramientas y equipos:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1% de la masa de la muestra
- Tamices según la NTP 350.001 utilizando los tamices 1½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼" y Nro. 4
- Maquina tamizadora el cual realiza movimientos verticales y laterales ocasionando el movimiento de las partículas.
- Cucharas, bandejas, espátulas, etc.

c) Procedimiento:

- El volumen de muestra requerido para el ensayo del agregado se especifica en la tabla que sigue a continuación.

Tabla 16

Cantidad mínima de la muestra de Agregado Grueso

Tamaño máximo nominal		Cantidad mínima de la muestra de ensayo (kg)
Mm	Pulg	
9.5	3/8	1
12.5	1/2	2
19	3/4	5
25	1	10
37.5	1 1/2	15
50	2	20
63	2 1/2	35
75	3	0
90	3 1/2	100
100	4	150
125	5	300

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.012

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Para poder determinar los limites granulométricos según la tabla N° 15 se eligió el uso HUSO 67

Tabla 17
Límites y husos del agregado grueso

Tamices	Limites Superior	Limites Inferior
1 1/2"	100	100
1"	100	100
3/4"	100	85
1/2"	90	50
3/8"	55	20
1/4"	20	0
Nro. 4	10	0

Fuente: American Society for Testing Materials (ASTM C 33, 2003)

- Se realizo el cuarteo del agregado considerando que nuestro TMN es ¾" pesamos 5kg de la muestra para poder realizar el tamizado

Figura 22
Agregado Grueso para tamizar



Fuente: Elaboración Propia

- Se ordenan los tamices en orden descendiste adicionando la tapa y el fondo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 23
Herramientas para Análisis Granulométrico



Fuente: Elaboración Propia

- Se colocan todos los tamices en la maquina tamizadora y se deja durante 3 minutos

Figura 24
Máquina tamizadora y tamices



Fuente: Elaboración Propia

- Finalmente se retira los tamices y se pesa la cantidad de agregado que queda retenido en cada uno de los tamices, tomando nota de los resultados

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 25
Análisis Granulométrico del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

d) Resultados y Cálculos:

- Los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 18
Agregado Grueso para tamizar

Peso Inicial		5000	
Tamices	Peso Retenido (g)	Error (g)	Error (%)
1 1/2"	0.00		
1"	26.00		
3/4"	407.00		
1/2"	1866.00		
3/8"	1261.00		
1/4"	999.00		
Nro. 4	310.03	3.55	0.07
Nro. 8	103.00		
Nro. 16	1.94		
Nro. 30	6.57		
Nro. 50	6.31		
Nro. 100	8.34		
Nro. 200	0.82		
Fondo	0.44		
Total	4996.45		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Como se obtuvo un error de 3.55 gramos, lo cual significa el 0.07%, se realiza una corrección al resultado obteniendo lo siguiente:

Tabla 19

Resultados corregidos del análisis granulométrico del agregado grueso

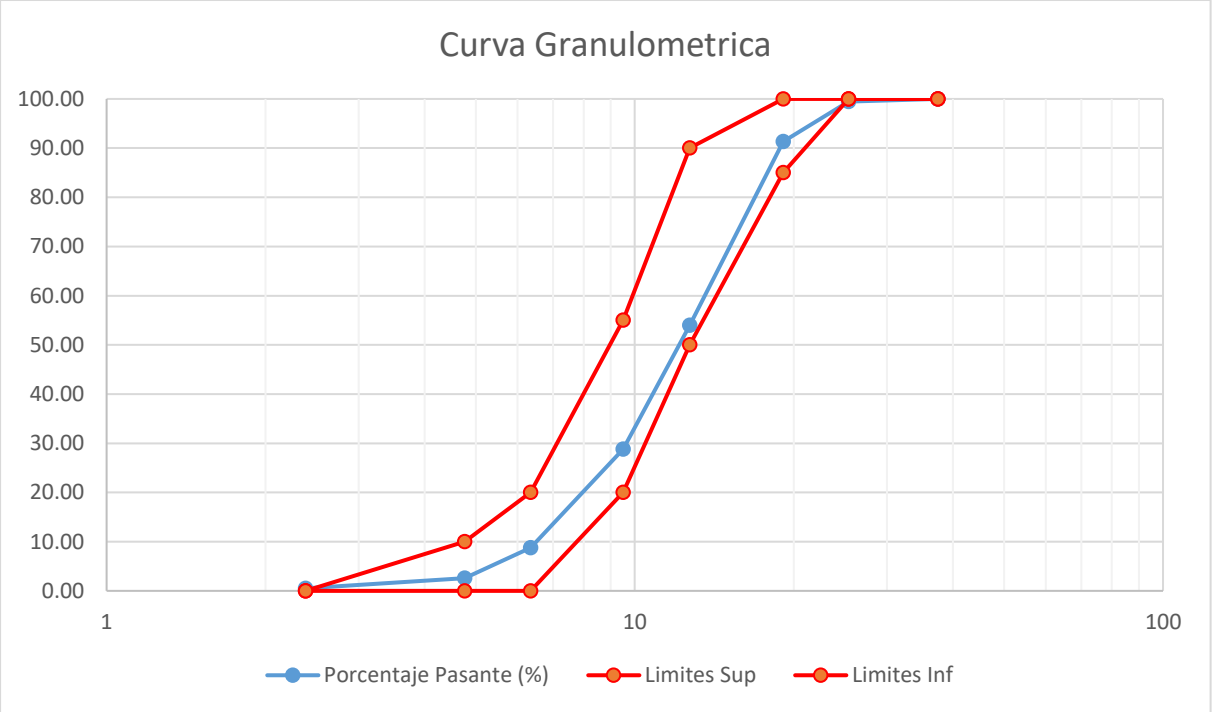
Tamices	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acu (%)	Porcentaje Pasante (%)
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	26.27	0.53	0.53	99.47
3/4"	407.27	8.15	8.67	91.33
1/2"	1866.27	37.33	46.00	54.00
3/8"	1261.27	25.23	71.22	28.78
1/4"	999.27	19.99	91.21	8.79
Nro. 4	310.30	6.21	97.41	2.59
Nro. 8	103.27	2.07	99.48	0.52
Nro. 16	2.21	0.04	99.52	0.48
Nro. 30	6.84	0.14	99.66	0.34
Nro. 50	6.58	0.13	99.79	0.21
Nro. 100	8.61	0.17	99.96	0.04
Nro. 200	1.09	0.02	99.99	0.01
Fondo	0.71	0.01	100.00	0.00
Total	5000.00	100.00		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 26
Curva Granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.2. Módulo de fineza (NTP 400.011:2008)

a) Descripción:

La Módulo de Fineza se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados de los tamices estándar y dividiendo ese total entre 100. La base matemática de este cálculo radica en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una determinada distribución de granulometría. Es importante destacar que este criterio se aplica tanto a las piedras como a la arena, ya que es general y se utiliza para caracterizar cada agregado individualmente o la mezcla de agregados en conjunto. (Pasquel Carbajal, 1998)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b) Resultados y Cálculos

$$Mf = \frac{\sum \%\ acumulado\ retenido\ (1\frac{1}{2}"+3/4"+3/8"+Nro\ 4+Nro\ 8+Nro\ 30+Nro\ 50+Nro\ 100)}{100} \quad (1)$$

Ecuación 1
Módulo de fineza (NTP 400.011:2018)

Donde

Mf: Módulo de fineza

$$Mf = \frac{\sum \%\ acumulado\ retenido\ (0 + 25.67 + 88.22 + 99.41 + 99.66 + 99.79 + 99.96)}{100}$$

$$Mf = 6.46$$

4.1.2.3. Peso específico y absorción (NTP 400. 021:2002/ASTM C-127)

a) Descripción

La Norma Técnica Peruana (NTP 400.021:2002) establece un método para determinar diversas propiedades de los agregados, como el peso específico seco, saturado con superficie seca, el peso aparente y la absorción (después de 24 horas). Estos valores son utilizados para cálculos y correcciones en el diseño.

De acuerdo con la norma NTP 400.021:2002, se realiza el siguiente procedimiento para determinar estas propiedades. Se sumerge una muestra de agregado en agua durante 24 horas para saturar los poros. Luego, se retira del agua, se seca la superficie de las partículas y se pesa. Además, la muestra se pesa mientras está sumergida en agua. Posteriormente, se coloca la muestra en un horno durante 24 horas y se vuelve a pesar. De esta manera, se obtienen tres tipos de peso específico y absorción.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b) Herramientas y Equipos

- Balanza sensible de 0.5 g. el cual debe contar con la capacidad de suspender la muestra en la cesta con la malla de alambre
- Cesta con malla de alambre el cual debe ser correspondiente al tamiz nro. 6
- Depósito de agua donde deberá estar el agua estancada y se podrá sumergir la cesta
- Tamiz nro. 4
- Estufa con la capacidad de sostener temperatura de 110 °C
- Horno eléctrico
- Cucharas, bandejas, espátulas, etc.

c) Procedimientos

- Se realiza un cuarteo del agregado grueso y se toma aprox. 3kg de la muestra
- Se deja la muestra sumergida en agua durante 24 hrs para saturarla

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 27
Agregado Grueso en saturación



Fuente: Elaboración Propia

- Luego de trascurridas las 24 hrs se extrae la muestra y se procede a secarla superficialmente utilizando algún elemento absorbente

Figura 28
Secado Superficialmente seco del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

- De la muestra SSS se extrae 2 kg y se coloca en una bandeja previamente pesada, y se toma nota de la muestra (B)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 29

Muestra de agregado grueso en condición SSS



Fuente: Elaboración Propia

- Se sujeta con un gancho a la balanza electrónica la parte inferior y se cuelga la canastilla con el agregado luego se procede a pesar estando sumergida (E.)

Figura 30

Pesaje de canastilla sumergida



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Se coloca la muestra en la cesta y se determina el peso de la muestra sumergida (D)
- Se retira la muestra de la cesta y se deposita en una bandeja, luego se ingresa al horno por 24 horas
- Luego de pasadas las 24 horas se retira la muestra del horno y se deja enfriar hasta alcanzar la temperatura del ambiente, donde finalmente se pesa la grava seca.

Figura 31

Muestra del agregado grueso en estado seco



Fuente: Elaboración Propia

d) Resultados y Cálculos

Los datos se muestran en la siguiente tabla los cuales serán utilizados en los diseños de mezcla

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 20

Datos para obtener los pesos específicos y absorción del agregado grueso

Nomenclatura	Demonización	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
A	Peso de la Muestra Seca (g)	1969.5	1971.5	1968.5
B	Peso de la Muestra en la condición de SSS (g)	2000	2000	2000
C	Peso de la Muestra sumergida (g) = D-E	1070	1069	1073
D	Peso de la muestra sumergida + Cesta (g)	1132	1131	1135
E	Peso de la cesta sumergida (g)	62	62	62

Fuente: Elaboración Propia

Los pesos específicos del agregado grueso se muestran:

Tabla 21

Resultados de los pesos específicos del agregado grueso

Resultados	Formula	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso Específico Corriente (g/cm3)	$\frac{A}{(B-C)}$	2.12	2.12	2.12	2.12
Peso Específico Aparente (g/cm3)	$\frac{A}{A-C}$	2.19	2.18	2.20	2.19
Peso Específico en condición de SSS (g/cm3)	$\frac{B}{(B-C)}$	2.15	2.15	2.16	2.15

Fuente: Elaboración Propia

La absorción de agregado grueso se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22

Absorción del agregado grueso

Resultados	Formula	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Absorción (%)	$\frac{B-A}{A} *100$	1.55	1.45	1.60	1.53

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.2.4. Contenido de humedad (NTP 339.185:2002/ ASTM C 566:1997)

a) Descripción

La Norma Técnica Peruana NTP 339.185:2002/ASTM C 566 establece que este ensayo permite determinar la cantidad de agua presente en un agregado en un momento específico. Esta cantidad puede ser superior o inferior a la absorción del mismo.

b) Herramientas y equipos

- Balanza con un margen de error de 0.1g.
- Cocina eléctrica con la capacidad de mantener la temperatura a 110°C
- Horno eléctrico
- Cucharas, bandejas, espátulas, etc.

c) Procedimiento

- La muestra se coloca sobre una bandeja y se registra el peso de la bandeja junto con la muestra húmeda.
- Luego, se lleva la muestra al horno y se mantiene a una temperatura constante de 110°C durante 24 horas.
- Después de este tiempo, se retira la bandeja con la muestra del horno y se vuelve a pesar.
- Finalmente, se calcula la cantidad de agua evaporada durante el proceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) Resultados y cálculos

Con la ecuación nro. 2 podemos obtener el porcentaje de contenido de humedad del agregado grueso

$$Contenido\ de\ humedad\ \%: \frac{W - D}{D} * 100 \qquad (2)$$

Ecuación 2
Contenido de humedad para agregado grueso

Donde:
P: Porcentaje de humedad que se puede evaporar de la muestra, en %.
W: Peso de la muestra saturada superficialmente seca, en g.
D: Peso de la muestra seca, en g.

Tabla 23
Contenido de humedad del agregado grueso

Muestra	Peso Muestra humedad (g)	Peso de bandeja (g)	Peso muestra seca + bandeja (g)	Peso muestra seca (g)	Humedad (%)
1	2186	479	2657	2178	0.37
2	1950	338	2282	1944	0.31
3	2108	482	2582	2100	0.38
				Promedio	0.35

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.5. Pesos unitarios seco sueltos y seco compactado (NTP 400.018:2002/ASTM C 29)

a) Descripción

La Norma Técnica Peruana NTP 400.018/ASTM C29 indica que este procedimiento se emplea para determinar el peso unitario en ciertos métodos de diseño de mezcla. Además, permite calcular la relación masa/volumen para conversiones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b) Herramientas y Equipos

- Balanza electrónica con aprox de 1.0 g.
- Barra compactadora de acero liso de 5/8” de diámetro y 0.60m de longitud con punta semiesférica
- Recipiente cilíndrico de acero
- Horno eléctrico
- Cucharas, bandejas, espátulas, etc.

c) Procedimiento

i. Determinación del Peso unitario seco suelto

- Seleccionar una muestra del agregado grueso mediante el método de cuarteo.
- Asegurarse de que la muestra haya sido previamente secada al horno durante 24 horas antes de llevar a cabo el ensayo.
- Pesarse el recipiente escogido según el tamaño del agregado y hacer una nota de dicho peso.
- Llenar el recipiente con el material granular utilizando un cucharón desde una altura constante no superior a 5 cm.
- Después de llenar el recipiente, nivelar la superficie del material con los dedos.
- Posteriormente, pesar el molde con el material y tomar nota de este peso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 32

Peso Unitario Seco Suelto del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

- Se debe repetir el procedimiento mínimo 3 veces

ii. Determinación del Peso unitario seco compactado

- Inicie seleccionando una muestra del agregado grueso mediante el método de cuarteo.
- Asegúrese de que la muestra haya sido secada al horno durante 24 horas antes de proceder con el ensayo.
- Pese el recipiente seleccionado, teniendo en cuenta el tamaño del agregado, y haga una anotación del peso.
- En el recipiente, coloque el material granular utilizando un cucharón y asegúrese de que la altura de cada capa no exceda los 5 cm.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Llene el primer tercio del recipiente con el material y aplique 25 golpes utilizando una varilla puntiaguda en toda el área. Luego, repita este paso para llenar el segundo tercio y aplique nuevamente 25 golpes. Finalmente, llene el último tercio y vuelva a aplicar los golpes.

Figura 33

Peso Unitario Seco envarillado del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

- Una vez terminado el llenado del recipiente, nivelar la superficie del material con los dedos y pese la muestra junto con el material, registrando su peso.

- Se debe repetir el procedimiento mínimo 3 veces

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) Resultados y cálculos

Para el cálculo del Peso Unitario Seco Suelto se utiliza la siguiente formula

$$PVSS\ (\frac{kg}{m3}) = \frac{G - T}{V} \quad (3)$$

Ecuación 3
Peso Unitario Seco Suelto del agregado fino (kg/m3)

Donde:
PVSS: Peso unitario seco suelto en kg/m3
G: peso del material suelto + peso de recipiente en kg
T: Peso del recipiente, en kg.
V: Volumen del recipiente, en m3.

Tabla 24
Peso Unitario seco suelto del agregado grueso

Muestra	1	2	3
Peso del molde vacío (g)	4820.00	4820.00	4820.00
Peso molde + muestra (g)	16812.00	16835.00	16806.00
Peso de la muestra (g)	11992.00	12015.00	11986.00
Volumen del molde (cm3)	8796.46	8796.46	8796.46
Peso Unitario suelto (g/cm3)	1.36	1.37	1.36
Peso unitario suelto promedio (kg/m3)		1363.92	

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo del Peso Unitario Seco Compactado se utiliza la siguiente fórmula:

$$PVSc\ (\frac{kg}{m3}) = \frac{P - T}{V} \quad (4)$$

Ecuación 4
Peso Unitario seco compactado del agregado grueso (kg/m3)

Donde:
PVSc: Peso unitario seco compactado en kg/m3
P: peso del material compactado + peso de recipiente en kg
T: Peso del recipiente, en kg.
V: Volumen del recipiente, en m3.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 25

Peso Unitario seco compactado del agregado grueso

Muestra	1	2	3
Peso del molde vacío (g)	4820.00	4820.00	4820.00
Peso molde + muestra (g)	17673.00	17750.00	17691.00
Peso de la muestra (g)	12853.00	12930.00	12871.00
Volumen del molde (cm3)	8796.46	8796.46	8796.46
Peso Unitario compactado (g/cm3)	1.46	1.47	1.46
Peso unitario compactado promedio (kg/m3)		1.46	

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. Agregado fino

Conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 400.037 (2002), se define el agregado como aquel que proviene de una desagregación ya sea natural o artificial, que atraviesa el tamiz normalizado de 9,5 mm (3/8 pulgadas) y satisface los criterios establecidos en dicha norma.

4.1.3.1. Análisis granulométrico (NTP 400. 012:2001 / ASTM C-136-96a).

a) Descripción

La Norma Técnica Peruana (NTP 400.012:2001) establece que una muestra de agregado previamente seco, con una masa conocida, se somete a un proceso de separación utilizando una serie de tamices que van desde una abertura mayor hasta una menor. Esto permite determinar la distribución del tamaño de las partículas.

Es importante considerar los siguientes puntos:

- La granulometría debe ser continua, con valores retenidos en los tamices que van desde el Nro. 4 hasta el Nro. 100.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- No se debe retener más del 45% de material en dos tamices consecutivos.

- La granulometría debe encontrarse dentro de los límites establecidos:

Tabla 26
Análisis granulométrico para el Agregado Fino

Tamiz (Malla)	Porcentaje que pasa
9.5mm (3/8")	100
4.75mm (Nro. 4)	95 a 100
2.36mm (Nro. 8)	80 a 100
1.18 mm (Nro. 16)	50 a 85
600 um (Nro. 30)	25 a 60
300 um (Nro. 50)	5 a 30
150 um (Nro. 100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002), Pág. 9

b) Herramientas y equipos

- Balanza electrónica con una aprox de 0.1 g.

- Juego completo de tamices que cumple NTP 350.001, tamices 3/8", Nro. 4, Nro. 8, Nro. 16, Nro. 30, Nro. 50, Nro. 100 y Nro. 200

- Maquina tamizadora el cual realiza movimientos verticales y laterales ocasionando el movimiento de las partículas.

- Cucharas, bandejas, espátulas, etc.

c) Procedimiento

- Obtener una muestra completamente seca mediante el método de cuarteo, con un peso mínimo de 300 gramos de agregado fino según lo indicado en la NTP 400.012.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Realizar la limpieza y verificar el orden de colocación de los tamices, de acuerdo con su tamaño de abertura, que incluyen 3/8 pulgadas, Nro. 4, Nro. 8, Nro. 16, Nro. 30, Nro. 50, Nro. 100 y Nro. 200.

- Llevar a cabo el proceso de tamizado utilizando un agitador mecánico.

- Pesarse el material retenido en cada tamiz y tomar nota de los resultados obtenidos.

d) Resultados y Cálculos

Los resultados que se muestran en la siguiente tabla son utilizados para poder elaborar las probetas

Tabla 27

Datos del análisis granulométrico del agregado fino

Peso Inicial		1500	
Tamices	Peso Retenido (g)	Error (g)	Error (%)
3/8"	0.00		
1/4"	70.20		
Nro. 4	60.10		
Nro. 8	190.90		
Nro. 16	203.15		
Nro. 30	389.50	8.55	0.57
Nro. 50	422.35		
Nro. 100	122.35		
Nro. 200	26.45		
Fondo	6.45		
Total	1491.45		

Fuente: Elaboración Propia

Como se tuvo un error de 8.55 g. lo cual son correspondientes a 0.57%, se procede a la corrección de los resultados

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 28

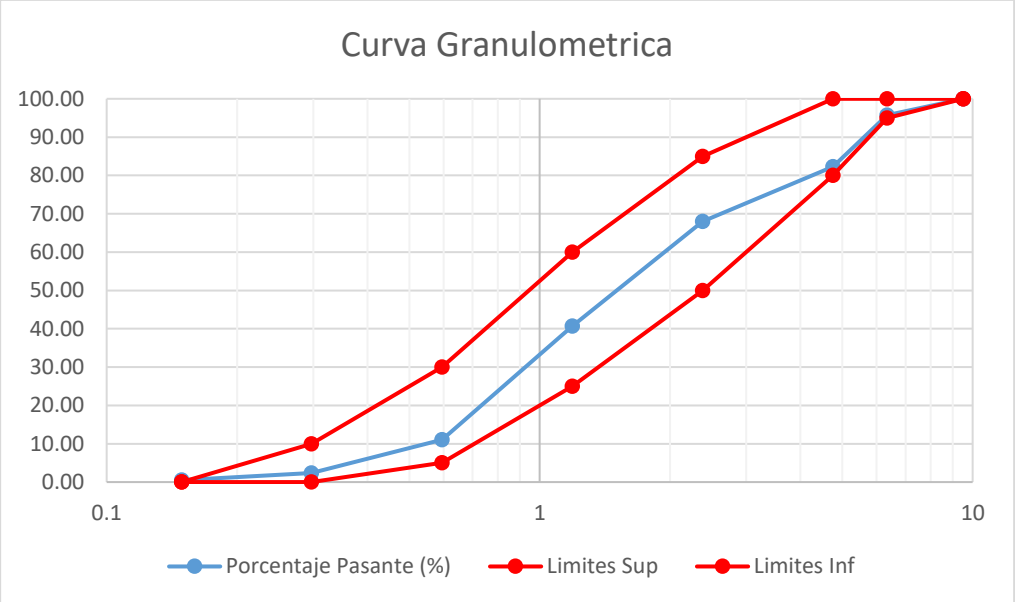
Resultados corregidos del análisis granulométrico del agregado fino

Tamices	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acu (%)	Porcentaje Pasante (%)
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
Nro. 4	60.76	4.26	4.26	95.74
Nro. 8	191.56	13.43	17.69	82.31
Nro. 16	203.81	14.29	31.97	68.03
Nro. 30	390.16	27.35	59.33	40.67
Nro. 50	423.01	29.65	88.98	11.02
Nro. 100	123.01	8.62	97.60	2.40
Nro. 200	27.11	1.90	99.50	0.50
Fondo	7.11	0.50	100.00	0.00
Total	1426.51	100.00		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 34

Curva Granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.3.2. Módulo de fineza (NTP 400.011:2008)

a) Descripción

De acuerdo con la NTP 400.011:2008, el módulo de fineza es un factor que se calcula sumando los porcentajes acumulados de material en cada uno de los tamices especificados en una muestra de agregado y luego dividiéndolo por 100.

Por otra parte, la norma ASTM establece que el agregado fino, que en este caso es la arena, debe tener un módulo de finura que oscile entre 2.30 y 3.10, donde un resultado más alto nos indica una gradación más gruesa. Se considera que las arenas con módulos entre 2.2 y 2.8 resultan en concretos de buena trabajabilidad y con reducida segregación. Asimismo, las arenas con módulos entre 2.8 y 3.1 son más adecuadas para la producción de concretos de alta resistencia. (Abanto Castillo, 2017)

b) Resultados y Cálculos

$$Mf = \frac{\sum \%\ acumulado\ retenido\ (Nro\ 4 + Nro\ 8 + Nro\ 30 + Nro\ 50 + Nro\ 100)}{100} \quad (5)$$

Ecuación 5

Módulo de fineza (NTP 400.011:2008)

Donde

Mf: Módulo de fineza

$$Mf = \frac{\sum \%\ acumulado\ retenido\ (4.26 + 17.69 + 31.97 + 59.33 + 88.98 + 97.60)}{100}$$

$$Mf = 3.00$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.3.3. Peso específico y absorción (NTP 400.022:2002 /ASTM C128).

a) Descripción

El término peso específico hace referencia a la relación entre el peso de una cantidad específica de árido seco y el peso de un volumen igual de agua. Este volumen de áridos se determina considerando tanto la parte sólida como los poros.

En este ensayo, se determinan diferentes valores relacionados con el peso específico. Primero, se obtiene el peso específico corriente (Pec), luego se mide el peso específico de masa saturada superficialmente seca (PeSSS), seguido por el peso específico aparente (Pea). Por último, se calcula la absorción (Ab), que resulta crucial ya que indica cuánta agua puede penetrar en los poros permeables de los agregados durante un período de 24 horas cuando están sumergidos en agua. Para lograr esto, se sumerge una muestra de agregado en agua durante 24 horas para llenar los poros esenciales.

b) Herramientas y equipos

- Balanza electrónica con aprox de 0.1g.
- Matraz aforado con cuello largo y capacidad de 500cm3
- Molde cónico de metal con un diámetro superior de 40mm de diámetro de fondo de 90mm y de altura 75mm
- Pisón metálico con una, pero de 340 g.
- Horno eléctrico
- Estufa que mantenga una temperatura de 110°C

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Cucharas, bandejas, espátulas, etc.

c) Procedimiento

- Se sumergen aproximadamente 1500 gramos de agregado fino en agua durante 24 horas.

- Luego, se esparce la muestra sobre una bandeja y se utiliza una estufa para obtener la condición de superficialmente seca (SSS).

Figura 35

Secado Superficialmente seco del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

- Para verificar que la muestra esté en condición superficialmente seca, se coloca el material en un cono y se le dan 25 golpes con una barra compactadora desde una altura pequeña, según lo establecido por la norma NTP 400.022. Si al levantar el cono se observa que la muestra se desmorona parcialmente, significa que está en condición superficialmente seca (SSS).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 36

Comprobación si la muestra de agregado fino se encuentra en condición SSS



Fuente: Elaboración Propia

- Luego, se pesan 500 gramos de arena en dos condiciones: saturada y superficialmente seca (B).
- A continuación, se pesa un matraz aforado (C), se coloca la arena en condiciones de SSS dentro del matraz y se llena de agua hasta la marca de aforo, dejando reposar durante 5 minutos.
- Después de agitar el matraz aforado durante aproximadamente 20 minutos para eliminar el aire atrapado, se añade más agua hasta la marca de aforo y se procede a pesar (D).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 37

Matraz aforado con la muestra después de eliminar el aire



Fuente: Elaboración propia

- Posteriormente, el contenido del matraz aforado se deposita en una bandeja y se coloca en el horno durante un periodo de 24 horas.
- Después de este tiempo, se retira la bandeja, se deja enfriar y se obtiene el peso seco (A) de la muestra.

Figura 38

Muestra de agregado fino después de estar 24 horas en el horno



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) Resultados y cálculos

Los datos presentados en la tabla N° 23 serán empleados para confeccionar las probetas de concreto.

Tabla 29

Datos para obtener los pesos específicos y absorción del agregado fino

Nomenclatura	Demonización	Muestra 1	Muestra 2
A	Peso de la Muestra Seca (g)	487.31	487.59
B	Peso de la Muestra en la condición de SSS (g)	500.02	500
C	Peso del matraz aforado (g)	173.55	173.55
D	Peso del matraz aforado + muestra + agua añadida (g)	974.79	975.39
V	Capacidad del matraz aforado (cm3)	500	500
W	Agua añadida al matraz aforado (cm3) (D-(B+C))	301.22	301.84

Fuente: Elaboración Propia

Se presentan los valores de los pesos específicos del agregado fino en la siguiente tabla

Tabla 30

Resultados de los pesos específicos del agregado fino

Resultados	Formula	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Peso Específico Corriente (g/cm3)	$\frac{A}{(V - W)}$	2.45	2.46	2.46
Peso Específico Aparente (g/cm3)	$\frac{A}{(V - W) - (B - A)}$	2.62	2.62	2.62
Peso Específico en condición de SSS (g/cm3)	$\frac{B}{(V - W)}$	2.52	2.52	2.52
	Absorción (%)	**2.61**	**2.55**	2.58

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta la absorción del agregado fino en la siguiente tabla

Tabla 31

Absorción del agregado fino

Resultados	Formula	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Absorción (%)	$\frac{B - A}{A} * 100$	2.61	2.55	2.58

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.3.4. Contenido de humedad (NTP 339.185:2002/ ASTM C 566:1997)

a) Descripción

A través de este ensayo se determina el porcentaje total de humedad evaporable presente en una muestra de agregado fino.

b) Herramientas y equipos

- Balanza electrónica con aprox de 0.1g.
- Horno eléctrico
- Cucharas, bandejas, espátulas, etc.

c) Procedimientos

- Se seleccionan tres muestras del agregado fino con un peso cercano a 500 gramos cada una.
- Estas muestras se someten a un proceso de secado en el horno durante 24 horas.
- Luego, se retiran las muestras, se les permite enfriar y se procede a pesarlas.

d) Resultados y cálculos

Presentando la ecuación se puede obtener el porcentaje de contenido de humedad

$$Contenido\ de\ humedad\ \%: \frac{W - D}{D} * 100 \quad (6)$$

Ecuación 6
Contenido de humedad para agregado fino

Donde:
W: Peso de la muestra húmeda (g)
D: Peso de la muestra seca, en g.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la siguiente tabla se muestra el resultado obtenido

Tabla 33
Contenido de humedad del agregado fino

Muestra	Peso Muestra humedad (g)	Peso de bandeja (g)	Peso muestra seca + bandeja (g)	Peso muestra seca (g)	Humedad (%)
1	500.45	437.71	930.15	490.44	2.04
2	501.52	558.18	1051.62	491.44	2.05
3	514.04	556.45	1062.06	503.61	2.07
				Promedio	2.05

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.5. Pesos unitarios seco sueltos y seco compactado (N.T.P.400.017: 1999 / ASTM C 29).

a) Descripción

El peso unitario de un agregado se define como la proporción entre el peso de una cantidad específica de dicho material y el volumen que ocupa, teniendo en cuenta tanto el espacio ocupado por las partículas del agregado como los espacios intergranulares.

Existen dos valores para esta relación, que dependen del sistema de acomodamiento del material antes de la prueba: Peso unitario seco suelto (PVSS) y Peso unitario seco compactado (PVSC).

b) Herramientas y equipos

- Balanza electrónica con aprox de 1.0 g.
- Barra compactadora de acero liso de 5/8” de diámetro y 0.60m de longitud con punta semiesférica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Recipiente cilíndrico de acero
- Horno eléctrico
- Cucharas, bandejas, espátulas, etc.

c) Procedimiento

i. Determinación del Peso unitario seco suelto

- Mediante el proceso de cuarteo, seleccionamos una muestra completamente seca del agregado.
- Pesamos el recipiente cilíndrico apropiado y tomamos sus dimensiones para determinar su volumen.
- Utilizando un cucharón a una altura constante, no superior a 5 centímetros sobre la parte superior del molde, depositamos el material en el recipiente.
- Después de llenar el recipiente, nivelamos su superficie y pesamos el recipiente con el material contenido.
- Repetimos este procedimiento en tres ocasiones.

ii. Determinación del Peso unitario seco compactado

- Mediante el método de cuarteo, seleccionamos una muestra completamente seca del agregado.
- Pesamos el recipiente cilíndrico adecuado y tomamos sus dimensiones para obtener su volumen.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Utilizando un cucharón a una altura constante no superior a 5 centímetros sobre la parte superior del molde, depositamos el material en el recipiente en tres capas.

- Luego, aplicamos 25 golpes en toda el área para cada capa, utilizando una varilla de acero de 5/8".

Figura 39

Peso Unitario Seco Compactado de agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

- Después de aplicar los 25 golpes a la última capa, nivelamos la superficie y procedemos a pesar el recipiente con el contenido.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) Resultados y Cálculos

Para el peso unitario seco suelto se calcula con la siguiente formula

$$PVSS\ (\frac{kg}{m3}) = \frac{G-T}{V} \quad (7)$$

Ecuación 7
Peso Unitario Seco Suelto del agregado fino (kg/m3)

Donde:
PVSS: Peso unitario seco suelto en kg/m3
G: peso del material suelto + peso de recipiente en kg
T: Peso del recipiente, en kg.
V: Volumen del recipiente, en m3.

Tabla 33
Peso Unitario Seco Suelto del agregado fino (kg/m3)

Muestra	1	2	3
Peso del molde vacío (g)	1724.00	1724.00	1724.00
Peso molde + muestra (g)	6366.00	6353.00	6332.00
Peso de la muestra (g)	4642.00	4629.00	4608.00
Volumen del molde (cm3)	2650.72	2650.72	2650.72
Peso Unitario suelto (g/cm3)	1.75	1.75	1.74
Peso unitario suelto promedio (kg/m3)		1745.31	

Fuente: Elaboración Propia

Para el peso unitario seco compactado se calcula con la siguiente formula

$$PVSc\ (\frac{kg}{m3}) = \frac{P-T}{V} \quad (8)$$

Ecuación 8
Peso Unitario Seco Compactado del agregado fino (kg/m3)

Donde:
PVSc: Peso unitario seco compactado en kg/m3
P: peso del material compactado + peso de recipiente en kg
T: Peso del recipiente, en kg.
V: Volumen del recipiente, en m3.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 34
Peso Unitario Seco Compactado del agregado fino

Muestra	1	2	3
Peso del molde vacío (g)	1724.00	1724.00	1724.00
Peso molde + muestra (g)	6606.00	6602.00	6610.00
Peso de la muestra (g)	4882.00	4878.00	4886.00
Volumen del molde (cm3)	2702.65	2702.65	2702.65
Peso Unitario suelto (g/cm3)	1.81	1.80	1.81
Peso unitario suelto promedio (kg/m3)		1806.38	

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Cemento

Los cementos utilizados serán el cemento Portland Yira Tipo IP y Frontera IP tipo IP, los cuales son los más utilizados y comerciales en la Región Tacna

Los pesos específicos fueron obtenidos de la ficha técnica de cada marca de cemento

Figura 40
Ficha técnica cemento Yura tipo IP



Fuente: https://www.Yura IP.com.pe/wp-content/uploads/ficha-tecnica-Yura IP-ip.pdf

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 41
Ficha técnica cemento Frontera tipo IP

1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO FRONTERA TIPO IP	Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595
MgO (%)	1.5 a 3.0	6.00 Máx.
SO_3 (%)	1.5 a 3.0	4.00 Máx.
Pérdida por ignición (%)	1.5 a 4.0	5.00 Máx.
REQUISITOS FÍSICOS	**CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO FRONTERA IP**	**Norma NTP 334.090 ASTM C-595**
Peso específico (gr/cm³)	2.75 a 2.85	-
Expansión en autoclave (%)	-0.07 a 0.03	-0.20 a 0.80
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270	45 a 420
Contenido de aire	2.5 a 8.0	12 Máx.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Kgf/cm²	MPa	Kgf/cm²	MPa
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 Mín.	13 Mín.
7 días	225 a 255	22 a 25	204 Mín.	20 Mín.
28 días	306 a 340	30 a 33.3	255 Mín.	25 Mín.

RESISTENCIA A LOS SULFATOS	%	%
% Expansión a los 6 meses	< 0.04	0.05 Máx.
% Expansión a 1 año	< 0.05	0.10 Máx.

Fuente: https://www.Yura IP.com.pe/wp-content/uploads/ficha-tecnica-Frontera IP-ip.pdf

4.1.5. Agua

El agua es un componente vital en las reacciones químicas del concreto hidráulico o el mortero de cemento Portland.

Según la norma NTP 339.088, se puede utilizar agua no potable o proveniente de la producción de concreto, siempre que cumpla con los siguientes requisitos: máximo de 1000 ppm de cloruro (CI) y máximo de 3000 ppm de sulfatos (SO4).

En esta investigación, se utilizó agua subterránea directamente del laboratorio de la Universidad Católica de Santa María sin embargo se analizó el agua utilizada en las obras del distrito de Sitajara para el cual se realizó un análisis físico-químico en los Laboratorios de Ensayo y Control de Calidad de la misma universidad, obteniendo los siguientes resultados:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 35
Análisis físico – químico del agua

Ensayo	Resultados (mg/l)	
	Agua subterránea laboratorio UCSM	Agua Potable Distrito de Sitajara, Provincia Tarata Región Tacna
Ion cloruro en agua: SMEWW.22 nd Ed. Item 4500-CI-Part.C Mercuric Nitrate Method	1407.31	448.30
Ensayo de Sulfatos en agua: SMEWW.22 th Ed. 4500-SO4-2 Part. E Turbidimetric Method. (Método de Ensayo Acreditado)	112.67	32.41

Fuente: Informe de ensayo N° ANA27J23.005062S

4.1.6. Aditivos

Los aditivos son elementos de origen orgánico (como resinas) o inorgánico, cuya adición tiene el propósito de alterar las características físicas de los materiales conglomerados en su estado fresco. Estos aditivos suelen presentarse en forma de polvo o líquido (All World Certificación, 2023)

En nuestros procesos de vertido, se emplea el aditivo Sika® Cem Plastificante, que se utilizó en ciertos diseños que no cumplían con los requisitos de fluidez (Slump). Con respecto a las especificaciones de este aditivo, para lograr un efecto plastificante se mezclan 250 ml por cada bolsa de cemento, la siguiente tabla detalla los diseños en los cuales se empleó el Sika Plastificante.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 36

Diseños con y sin aditivo (Plastificante y Súper-plastificante)

Diseño de mezcla			% de reemplazo				
Método de diseño de mezcla	Marca de Cemento	Resistencia (kgf/cm2)	0	2	5	10	15
Método ACI 211	Cemento YURA IP	175	-	-	-	P	P
		210	-	-	P	P	SP
	Cemento FRONTERA IP	175	-	-	-	P	P
		210	-	-	P	SP	SP
Método Modulo de Fineza	Cemento YURA IP	175	-	-	-	P	P
		210	-	-	P	P	SP
	Cemento FRONTERA IP	175	-	-	-	P	P
		210	-	-	P	SP	SP

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Descripción del método de diseño de concreto

4.2.1. Método ACI 211.

El método desarrollado por el comité 211 del American Concrete Institute permite establecer los valores de los materiales del concreto en base a tablas preestablecidas. Sin embargo, este método no está diseñado para condiciones constructivas especiales o agregados marginales, por lo que su aplicación debe ser considerada con precaución y recordar sus limitaciones (Pasquel Carbajal, 1998)

El procedimiento para el diseño de mezclas según el método ACI 211 es el siguiente:

1° Cálculo del f'c requerido:

Para encontrar el f'c requerido o f'cr, primero debemos establecer el valor de α, el cual será ajustado según la cantidad de datos de ensayos previos disponibles.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Si el número de ensayos está dentro del rango de valores indicados en la tabla siguiente, procederemos a realizar una interpolación para determinar el valor de α.

Tabla 37

Valores del factor de incrementos α de acuerdo al número de ensayos anteriores

N° Ensayos	α = Factor de incremento
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Además de α, el cálculo de f'cr también dependerá de la desviación estándar (s). A continuación, mediante las ecuaciones siguientes, determinaremos el valor de f'cr, eligiendo el valor máximo de entre ellos.

$$f'cr = f'c + \propto * 1.35 * s$$
$$f'cr = f'c + \propto * 2.33 * s - 35 \quad (9)$$

Ecuación 9

Obtención de resistencia f'cr mediante método ACI 211

Donde:
s: desviación estándar

Si no disponemos de ensayos previos ni, en consecuencia, de la desviación estándar, entonces calcularemos el f'cr considerando la información proporcionada en la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 38

Valores de f'cr de acuerdo al f'c si no se cuenta con ensayos previos

f'c(kgf/cm2)	f'cr(kgf/cm2)
Menos de 210	f'c+70
210 a 350	f'c+84
Mas de 350	f'c+98

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

2° Selección del tamaño máximo nominal

Para determinar el tamaño máximo nominal, es esencial tener en cuenta lo siguiente:

- El concreto debe ser colocado de manera que no presente dificultades ni deje huecos o segregación.
- No se debe superar los siguientes límites:
  - 1/5 de la menor distancia entre las caras del encofrado.
  - Un tercio del grosor de las losas.
  - ¾ del espacio mínimo libre entre barras, alambres de refuerzo individuales, paquetes de barras, tendones o conductos de preesfuerzo.(Rivva Lopez, 2007)

3° Selección del asentamiento

El concreto exhibirá una resistencia flexible, y no se especifica un valor específico para el asentamiento. Podemos seleccionar el valor apropiado para la tarea particular, y como punto de partida, podemos considerar los valores indicados en la tabla siguiente:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 39

Asentamientos recomendados según el tipo de estructura

Tipos de estructura	SLUMP	
	Max	Min
Zapatos y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

4° Selección del contenido de agua

Calcular la cantidad de agua requerida por cada metro cúbico (m3) de concreto para alcanzar una consistencia específica. A partir de este dato, se puede determinar la cantidad de cemento que debe ser incorporada en la mezcla.

40 Agua en l/m3 para los tamaños máximas nominales de agregado grueso y consistencia

Tabla 40

Agua en l/m3 para los tamaños máximas nominales de agregado grueso y consistencia indicada

Asentamiento	Agua en l/m3 pata TMN de agregado grueso y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
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	

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

5° Determinación del contenido de aire

El comité ACI ofrece una tabla que facilita la estimación del porcentaje de aire atrapado en una mezcla de concreto, dependiendo del tamaño nominal del agregado grueso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 41
Contenido de aire atrapado

TNM del Agregado Grueso	Aire Atrapado (%)
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Fuente: (Pasquel Carbajal, 199

6° Selección de la relación agua/cemento

La relación entre agua y cemento requerida para la elaboración de concreto depende de la resistencia deseada, y el valor que se elige de las tablas se refiere a la proporción de agua que se incorpora en la mezcla.

Tabla 42
Relación agua cemento por resistencia

Resistencia	a/c
450	0.38
400	0.43
350	0.48
300	0.55
250	0.62
200	0.7
150	0.8

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

- **Aplicación del método de peso equivalente de cenizas volantes en el uso de ceniza de biomasa**

  El Instituto Americano del Concreto (ACI) incorpora el uso de cenizas volantes y sugiere considerarlas como un reemplazo parcial del cemento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por lo tanto, en el proceso de dosificación del concreto, se incluirán en la relación agua-cemento (agua-material cementante, a/c+cv), así como en la determinación de la cantidad de cemento (c) y cenizas (cv). El contenido de cenizas se expresará como un porcentaje en masa (FW) o en volumen (FV) del total del material cementante. Para calcular el contenido de cenizas, el ACI propone: "Los métodos para analizar las mezclas de concreto que contengan cenizas volantes pueden basarse en mezclas de prueba, utilizando diferentes proporciones y evaluando sus resistencias, requisitos de agua y otras propiedades para determinar la cantidad óptima de cenizas". La relación a/(c+cv) se deriva de la relación a/c, y el ACI recomienda utilizar equivalencias en peso para este propósito. (Giraldo Bolivar, 2006)

$$F_v = \frac{1}{1 + \left(\frac{PEcv}{PEc}\right) * \left(\frac{1}{Fw} - 1\right)} \quad (10)$$

Ecuación 10 Relación agua – material cementante

Ecuación 10
Relación agua - material cementante

Donde:
PEc: Peso específico del cemento
PEcv: Peso específico de las cenizas
Fv: Porcentaje en volumen de las cenizas, en el volumen total del material cementicio
Fw: Porcentaje en masa de las cenizas en la masa total del material cementicio

$$\frac{a}{c+v} = \frac{1}{\frac{1}{a/c} + 0.1846 * Fw^2} \quad (11)$$

Ecuación 11
Reformulación de relación agua - material cementante

Donde:
Fw: Contenido de cenizas en % en peso del cemento
a/c: relación agua-cemento en peso para hormigón sin adiciones
a/(c+cv): relación agua-material cementicio (o agua – cemento puzolana) en peso recomendada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7° Determinación de factor cemento

Se puede determinar el factor de cemento al dividir el volumen específico de agua, que se expresa en L/m3, por la relación agua/cemento calculado. Este cálculo te proporcionará la cantidad de cemento en kg/m3.

.8° Selección del peso del agregado grueso

Según el tamaño del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino, es posible calcular el factor "bo", que se utiliza para estimar el volumen del agregado grueso en la mezcla de concreto. Este volumen se expresa en metros cúbicos y posteriormente se convierte en el peso seco necesario del agregado grueso por metro cúbico (m3) de concreto.

Tabla 43

Relación de volumen de agregado grueso respecto al volumen total de concreto.

	Volumen del agregado grueso seco y compactado			
TMN	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.8	0.78	0.76	0.74
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

9° Cálculo de volúmenes absolutos.

Para determinar los volúmenes absolutos de los materiales, es necesario conocer el peso específico de cada uno de ellos. Luego, el volumen absoluto de un material se obtiene al dividir su peso en seco entre su peso específico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

10° Calculo del peso seco del agregado fino

El peso seco del agregado fino se calcula multiplicando su peso específico por la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos previamente calculados.

11° Corrección por humedad de los agregados

En la mayoría de los casos, los agregados utilizados en la construcción se encuentran en estado húmedo, por lo que es necesario considerar la contribución de agua de estos agregados en el cálculo de la dosificación del concreto. El ajuste por humedad consta de dos partes: primero, se calcula el peso corregido de los agregados, y luego se determina la cantidad de agua aportada por cada uno de ellos.

$$Peso\ corregido = \left(1 + \frac{w(\%)}{100}\right) * peso\ seco\ del\ agregado \quad (12)$$

Ecuación 12 Peso corregido de agregados, método

Ecuación 12
Peso corregido de agregados, método ACI 211

Donde:
w: Contenido de humedad del agregado

Para determinar la cantidad de agua que proviene de los agregados, puedes aplicar la fórmula que se presenta a continuación:

$$Peso\ corregido = \left(\frac{w(\%) - abs(\%)}{100}\right) * peso\ seco\ del\ agregado \quad (13)$$

Ecuación 13
Aporte de agua de los agregados, método ACI 211

Donde:
w: Contenido de humedad del agregado
abs: Absorción del agregado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

12° Determinación de las proporciones en peso y por tanda de una bolsa.

Las proporciones en peso, tanto en estado seco como ajustadas por la humedad, se expresan de la siguiente forma:

$$\frac{Cemento}{Cemento} : \frac{Ag.Fino}{Cemento} : \frac{Ag.\ Grueso}{Cemento} : \frac{Agua}{Cemento} \quad (14)$$

Ecuación 14

Proporciones por randa de bolsa de cemento, método ACI 211

Las cantidades por bolsa se obtienen al multiplicar las proporciones en peso encontradas por 42.5, que es el peso típico de una bolsa de cemento estándar.

4.2.2. Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados

El diseño utilizando el método del Módulo de Fineza no depende de la distribución granulométrica y garantiza una consistencia y resistencia constantes. Sin embargo, la limitación de este enfoque radica en su falta de un análisis detallado de la granulometría de la mezcla, ya que se basa únicamente en un promedio representativo. En ciertos casos, esto puede subestimar la importancia de los finos. Por lo tanto, se recomienda utilizar este método en conjunto con alguna curva teórica para una verificación adicional. (Pasquel Carbajal, 1998)

1° Cálculo del f'c requerido

Para determinar el f'c requerido o f'cr, es necesario inicialmente establecer el valor de α, el cual se ajustará en función de la cantidad de datos de ensayos previos disponibles.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuando el número de ensayos se sitúe dentro del rango proporcionado en la tabla siguiente, procederemos a realizar una interpolación para determinar el valor de α.

Tabla 44

Valores del factor de incrementos α de acuerdo al número de ensayos anteriores

N° Ensayos	α = Factor de incremento
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Además del valor de α, el cálculo de f'cr también depende de la desviación estándar (s). A continuación, mediante las ecuaciones siguientes, determinaremos el valor de f'cr, eligiendo el valor más alto entre ellos.

$$f'cr = f'c + \propto * 1.35 * s$$
$$f'cr = f'c + \propto * 2.33 * s - 35 \quad (15)$$

Resistencia f'cr mediante método Módulo 2

Ecuación 15

Obtención de resistencia f'cr mediante método Módulo de Fineza

Donde:
s: desviación estándar

Si no se dispone de ensayos previos y, en consecuencia, de la desviación estándar, el f'cr se calculará haciendo referencia a la información proporcionada en la tabla que se presenta a continuación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 45

Valores de f'cr de acuerdo al f'c si no se cuenta con ensayos anteriores

f'c (kgf/cm2)	f'cr (kgf/cm2)
Menos de 210	f'c+70
210 a 350	f'c+84
Mas de 350	f'c+98

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

2° Selección del tamaño máximo nominal

Para determinar el tamaño máximo nominal, es esencial tener en cuenta lo siguiente:

- El concreto debe ser colocado de manera que no presente dificultades ni deje huecos o segregación.
- No se debe superar los siguientes límites:
  - 1/5 de la menor distancia entre las caras del encofrado.
  - Un tercio del grosor de las losas.
  - ¾ del espacio mínimo libre entre barras, alambres de refuerzo individuales, paquetes de barras, tendones o conductos de preesfuerzo.(Rivva Lopez, 2007)

3° Selección del asentamiento

El concreto exhibirá una resistencia flexible, y no se especifica un valor específico para el asentamiento.

Podemos seleccionar el valor apropiado para la tarea particular, y como punto de partida, podemos considerar los valores indicados en la tabla siguiente:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 46

Asentamientos recomendados según el tipo de estructura

Tipos de estructura	SLUMP	
	Max	Min
Zapatos y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

4° Selección del contenido de agua

Calcular la cantidad de agua requerida por cada metro cúbico (m3) de concreto para alcanzar una consistencia específica. A partir de este dato, se puede determinar la cantidad de cemento que debe ser incorporada en la mezcla.

ua en l/m3 para los tamaños máximas nominales de agregado grueso y

Tabla 47

Agua en l/m3 para los tamaños máximas nominales de agregado grueso y consistencia indicada

Asentamiento	Agua en l/m3 pata TMN de agregado grueso y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
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	

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5° Determinación del contenido de aire

El comité ACI ofrece una tabla que facilita la estimación del porcentaje de aire atrapado en una mezcla de concreto, dependiendo del tamaño nominal del agregado grueso.

Tabla 48
Contenido de aire atrapado

TNM del Agregado Grueso	Aire Atrapado (%)
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

6° Selección de la relación agua/cemento

La relación entre agua y cemento requerida para la elaboración de concreto depende de la resistencia deseada, y el valor que se elige de las tablas se refiere a la proporción de agua que se incorpora en la mezcla.

Tabla 49
Relación agua cemento por resistencia

Resistencia	a/c
450	0.38
400	0.43
350	0.48
300	0.55
250	0.62
200	0.7
150	0.8

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Aplicación del método de peso equivalente de cenizas volantes en el uso de ceniza de biomasa**

  El Instituto Americano del Concreto (ACI) incorpora el uso de cenizas volantes y sugiere considerarlas como un reemplazo parcial del cemento. Por lo tanto, en el proceso de dosificación del concreto, se incluirán en la relación agua-cemento (agua-material cementante, a/c+cv), así como en la determinación de la cantidad de cemento (c) y cenizas (cv). El contenido de cenizas se expresará como un porcentaje en masa (FW) o en volumen (FV) del total del material cementante. Para calcular el contenido de cenizas, el ACI propone: "Los métodos para analizar las mezclas de concreto que contengan cenizas volantes pueden basarse en mezclas de prueba, utilizando diferentes proporciones y evaluando sus resistencias, requisitos de agua y otras propiedades para determinar la cantidad óptima de cenizas". La relación a/(c+cv) se deriva de la relación a/c, y el ACI recomienda utilizar equivalencias en peso para este propósito. (Giraldo Bolivar, 2006)

$$F_v = \frac{1}{1 + \left(\frac{PEcv}{PEc}\right) * \left(\frac{1}{Fw} - 1\right)} \quad (16)$$

Ecuación 16
Relación agua - material cementante

Donde:
PEc: Peso específico del cemento
PEcv: Peso específico de las cenizas
Fv: Porcentaje en volumen de las cenizas, en el volumen total del material cementicio
Fw: Porcentaje en masa de las cenizas en la masa total del material cementicio

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\frac{a}{c+v} = \frac{1}{\frac{1}{a/c} + 0.1846 * Fw^2} \quad (17)$$

Ecuación 17

Reformulación de relación agua - material cementante

Donde:
Fw: Contenido de cenizas en % en peso del cemento
a/c: relación agua-cemento en peso para hormigón sin adiciones
a/(c+cv): relación agua-material cementicio (o agua – cemento puzolana) en peso recomendada para la misma resistencia

7° Determinación de factor cemento

La proporción de cemento por unidad de volumen en el concreto se calcula al dividir el volumen de agua entre la relación agua/cemento.

$$Contenido\ de\ cemento\ \left(\frac{kg}{m3}\right) = \frac{Contenido\ de\ agua\ de\ mezclado\ (\frac{l}{m3})}{relacion\ a/(c+cv)(para\ f'cr)} \quad (18)$$

Ecuación 18 Contenido de cemento en kg/m3 - método Módulo de Fineza

Ecuación 18

Contenido de cemento en kg/m3 - método Módulo de Fineza

Donde:
a/(c+cv): relación agua-material cementicio (o agua – cemento+puzolana) en peso recomendada para la misma resistencia

$$Volumen\ de\ cemento\ (m3) = \frac{Contenido\ de\ cemento\ (kg)}{Peso\ especifico\ \ del\ cemento\ (\frac{kg}{m3})} \quad (19)$$

Ecuación 19

Contenido de cemento en m3 - método Módulo de Fineza

8° Cálculo del volumen absoluto de la pasta

Se refiere a la totalidad de los volúmenes de los componentes que forman la masa de cemento, excluyendo los agregados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Volumen\ absoluto\ de\ la\ pasta = Vol.cemento + Vol.Agua + Vol.Aire + Vol.ceniza$$

Ecuación 20

Volumen absoluto de la pasta - método Módulo de Fineza

(20)

9°: Cálculo del volumen absoluto de los agregados

Se trata de la disparidad entre la unidad y el volumen total de la pasta.

$$Volumen\ absoluto\ del\ agregado = 1 - Vol.absoluto\ de\ la\ pasta \quad (21)$$

Ecuación 21

Volumen absoluto de los agregados - método Módulo de Fineza

10° Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Hallaremos el Módulo de Fineza utilizando la Tabla N° 54, la cual únicamente necesita los datos del contenido de cemento (en bolsas por metro cúbico) y el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla 50 Módulo de fineza de la combinación de agregados

Tabla 50

Módulo de fineza de la combinación de agregados

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS					
TMN	5	6	7	8	9
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: (Rivva Lopez, 2007)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

11° Cálculo del valor del porcentaje del agregado fino

Usando el Módulo de Fineza, calcularíamos la proporción de agregado fino en comparación con el volumen total de agregados.

$$\%Agregado\ Fino = \frac{mg - m}{mg - mr} * 100 \quad (22)$$

Ecuación 22

Valor del porcentaje del agregado fino - método Módulo de Fineza

Donde:
m = Módulo de fineza de la combinación de agregados
mr = Módulo de fineza del agregado fino
mg = Módulo de fineza del agregado grueso
%Agregado Fino = Porcentaje del agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado

12° Cálculo del volumen absoluto de los agregados fino y grueso

A diferencia del noveno paso, evaluaremos el impacto de ambos agregados de manera individual.

$$Vol.absoluto\ del\ Ag.Fino = Vol.Absoluto\ de\ los\ agregados * \%Ag.fino \quad (23)$$

$$Vol.absoluto\ del\ Ag.grueso = Vol.Absoluto\ de\ los\ agregados * (1 - \%Ag.fino)$$

Ecuación 23

Valor del porcentaje del agregado fino - método Módulo de Fineza

13° Cálculo de los pesos secos de los agregados

$$Peso\ Ag.fino\ \left(\frac{kg}{m3}\right) = (Vol.Absoluto\ del\ ag.fino) * (peso\ especifico\ del\ ag.fino) \quad (24)$$

$$Peso\ Ag.grueso\ \left(\frac{kg}{m3}\right) = (Vol.Absoluto\ del\ ag.grueso) * (peso\ especifico\ del\ ag.grueso)$$

Ecuación 24

Pesos secos de los agregados - método Módulo de Fineza

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

14° Paso: Corrección por humedad

La humedad presente en los agregados, ya sea que estén secos o húmedos, influirá en la cantidad de agua necesaria en nuestro diseño, lo que tendrá un impacto directo en la relación agua/cemento, la facilidad de manejo y, por consiguiente, la resistencia del concreto. Por esta razón, procederemos a llevar a cabo la siguiente evaluación:

$$Peso\ A.grueso\ húmedo\ (kg) = (Peso\ A.grueso\ seco) * (1 + \frac{\%Wg}{100})$$
$$Peso\ A.fino\ húmedo\ (kg) = (Peso\ A.fino\ seco) * (1 + \frac{\%Wf}{100}) \quad (25)$$
$$Peso\ ceniza\ húmedo\ (kg) = (Peso\ ceniza\ seco) * (1 + \frac{\%Wc}{100})$$

Ecuación 25
Corrección de humedad de agregados y ceniza - método Módulo de Fineza

Donde:
%Wg: % de humedad de agregado grueso
%Wf: % de humedad de agregado fino
%Wc: % de humedad de ceniza

$$Agua\ en\ Ag.grueso = (peso\ ag.grueso\ seco) * (\frac{\%Wg - \%ag}{100})$$
$$Agua\ en\ Ag.fino = (peso\ ag.fino\ seco) * (\frac{\%Wf - \%af}{100}) \quad (26)$$
$$Agua\ en\ ceniza = (peso\ ceniza\ seca) * (\frac{\%Wc - \%ac}{100})$$

$$Agua\ efectiva\ (lts) = agua\ de\ diseño - (Agua\ en\ Ag.grueso + Agua\ en\ Ag.fino + Agua\ en\ ceniza)$$

Ecuación 26
Agua efectiva - método Módulo de fineza

Donde:
%Wg: % de humedad de agregado grueso
%Wf: % de humedad de agregado fino
%Wc: % de humedad de ceniza
%ag: % Absorción Ag. Grueso
%af: % Absorción Ag. Fino
%ac: % Absorción ceniza

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

15° Determinación de las proporciones en peso y por tanda de una bolsa.

Las proporciones en peso, considerando tanto el estado seco como ajustado por la humedad, se describen de la siguiente forma:

$$\frac{Cemento}{Cemento} : \frac{Ag.Fino}{Cemento} : \frac{Ag.\ Grueso}{Cemento} : \frac{Agua}{Cemento} \quad (27)$$

Ecuación 27

Proporciones por randa de bolsa de cemento, método Módulo de Fineza

4.3. Cálculos y diseños para las muestras a analizar.

Las siguientes tablas de diseño de mezcla son para una dosificación de 9 probetas cada una normada mediante ASTM C31 de 4"x 8", además tomando en cuenta un desperdicio del 20% por probeta dando un resultado total de 0.193m^3 para cada diseño.

4.3.1. Diseño de Mezclas Método ACI 211

Tabla 51

Diseño de Mezcla ACI sin ceniza f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	28/08/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	0%
Cemento	6.07		
Ceniza	0	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	12.27		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.65
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 52

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	01/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	2%
Cemento	5.95		
Ceniza	0.12	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	12.27		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.66
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

53 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2,

Tabla 53

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	04/03/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	5%
Cemento	5.77		
Ceniza	0.30	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	12.27		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.68
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 54

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	05/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	10%
Cemento	5.46		
Ceniza	0.61	**nro. De probetas**	9
Agreg Fino	12.27		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.72
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2

Tabla 55

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	11/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	15%
Cemento	5.16		
Ceniza	0.91	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	12.27		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.76
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 56
Diseño de Mezcla ACI sin ceniza f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	28/08/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	0%
Cemento	6.07		
Ceniza	0.00	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	12.09		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.65
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca

Tabla 57
Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	01/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	2%
Cemento	5.95		
Ceniza	0.12	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	12.09		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.66
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 58

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	04/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	5%
Cemento	5.77		
Ceniza	0.30	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	12.09		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.68
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

59 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca

Tabla 59

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	07/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	10%
Cemento	5.46		
Ceniza	0.61	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	12.09		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.72
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 59

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	12/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	15%
Cemento	5.16		
Ceniza	0.91	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	12.09		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.76
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61 Diseño de Mezcla ACI sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

Tabla 61

Diseño de Mezcla ACI sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	28/08/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	0%
Cemento	6.63		
Ceniza	0.00	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.77		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.59
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 62

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	01/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	2%
Cemento	6.50		
Ceniza	0.13	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.77		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.61
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

...blo... Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 210 kgf/cm...

Tabla 63

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	04/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	5%
Cemento	6.30		
Ceniza	0.33	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.77		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.63
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 64

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	05/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	10%
Cemento	5.97		
Ceniza	0.66	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.77		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.66
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 65 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, ma

Tabla 65

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	12/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	15%
Cemento	5.64		
Ceniza	0.99	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.77		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.7
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 66

Diseño de Mezcla ACI sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	28/08/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	0%
Cemento	6.63		
Ceniza	0.00	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.59		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.59
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

67 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca

Tabla 67

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	01/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	2%
Cemento	6.50		
Ceniza	0.13	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.59		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.61
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 68

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 5% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	04/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	5%
Cemento	6.30		
Ceniza	0.33	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.59		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.63
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

69 Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, mar

Tabla 69

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 10% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	07/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	10%
Cemento	5.97		
Ceniza	0.66	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.59		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.66
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 70

Diseño de Mezcla ACI sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	ACI	**Fecha de vaciado**	12/09/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	15%
Cemento	5.64		
Ceniza	0.99	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.59		
Agreg Grueso	14.84	**relación a/c**	0.7
Agua	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Diseño de Mezclas Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla 71

Diseño de Mezcla MF sin ceniza f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	03/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	0%
Cemento	6.10		
Ceniza	0.00	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.79		
Agreg Grueso	15.12	**relación a/c**	0.65
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 72

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	05/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	2%
Cemento	5.97		
Ceniza	0.12	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.79		
Agreg Grueso	15.12	**relación a/c**	0.66
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

bla 73 Diseño zcla MF sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, mar

Tabla 73

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	06/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	5%
Cemento	5.79		
Ceniza	0.30	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.79		
Agreg Grueso	15.12	**relación a/c**	0.68
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 74

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	07/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	10%
Cemento	5.49		
Ceniza	0.61	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.79		
Agreg Grueso	15.12	**relación a/c**	0.72
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

75 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, m

Tabla 75

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	10/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	15%
Cemento	5.18		
Ceniza	0.91	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.79		
Agreg Grueso	15.12	**relación a/c**	0.76
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 76
Diseño de Mezcla MF sin ceniza f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	04/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	0%
Cemento	6.10		
Ceniza	0.00	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.70		
Agreg Grueso	15.00	**relación a/c**	0.65
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

77 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca

Tabla 77
Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	05/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	2%
Cemento	5.97		
Ceniza	0.12	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.70		
Agreg Grueso	15.00	**relación a/c**	0.66
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 78

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 5% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	06/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	5%
Cemento	5.79		
Ceniza	0.30	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.70		
Agreg Grueso	15.00	**relación a/c**	0.68
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 79 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca

Tabla 79

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 10% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	09/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	10%
Cemento	5.49		
Ceniza	0.61	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.70		
Agreg Grueso	15.00	**relación a/c**	0.72
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 80

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 175 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	10/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
175	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	15%
Cemento	5.18		
Ceniza	0.91	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	11.70		
Agreg Grueso	15.00	**relación a/c**	0.76
Agua	3.95		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 81 Diseño de Mezcla MF sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura

Tabla 81

Diseño de Mezcla MF sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	04/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	0%
Cemento	6.63		
Ceniza	0.00	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.96		
Agreg Grueso	15.49	**relación a/c**	0.6
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 82

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	05/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	2%
Cemento	6.50		
Ceniza	0.13	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.96		
Agreg Grueso	15.49	**relación a/c**	0.66
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 83

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 5% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	07/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	5%
Cemento	6.30		
Ceniza	0.33	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.96		
Agreg Grueso	15.49	**relación a/c**	0.63
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 84

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 10% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	09/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	10%
Cemento	5.97		
Ceniza	0.66	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.96		
Agreg Grueso	15.49	**relación a/c**	0.66
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

85 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, m

Tabla 85

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Yura IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	10/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Yura IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	15%
Cemento	5.64		
Ceniza	0.99	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.96		
Agreg Grueso	15.49	**relación a/c**	0.7
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 86

Diseño de Mezcla MF sin ceniza f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	04/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	0%
Cemento	6.63		
Ceniza	0.00	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.90		
Agreg Grueso	15.40	**relación a/c**	0.6
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

87 Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, mar

Tabla 87

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 2% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	06/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	2%
Cemento	6.50		
Ceniza	0.13	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.90		
Agreg Grueso	15.40	**relación a/c**	0.61
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 88

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 5% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	07/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	5%
Cemento	6.30		
Ceniza	0.33	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.90		
Agreg Grueso	15.40	**relación a/c**	0.63
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 89

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 10% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	09/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	10%
Cemento	5.97		
Ceniza	0.66	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.90		
Agreg Grueso	15.40	**relación a/c**	0.66
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 90

Diseño de Mezcla MF sustituyendo en 15% el cemento f'c = 210 kgf/cm2, marca Frontera IP

DISEÑO DE MEZCLA			
Método de diseño	MF	**Fecha de vaceado**	10/10/2023
Datos de diseño			
f'c (kgf/cm2)	**Marca cemento**	**Contenido de aire**	**Slump**
210	Frontera IP	2%	2"- 4"
Agregados	Peso (kgf)	**Porcentaje de sustitución**	15%
Cemento	5.64		
Ceniza	0.99	**nro. de probetas**	9
Agreg Fino	10.90		
Agreg Grueso	15.40	**relación a/c**	0.7
Agua	3.96		

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL CONCRETO CON CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA)

5.1. Ensayos del concreto en estado fresco

5.1.1. Asentamiento del Concreto (Slump) (NTP 339.035/ ASTM C143)

a) Descripción

Una porción de concreto en su estado fresco se introduce en un molde con la forma de un cono hueco y se compacta mediante el uso de varillas. Luego, el molde se retira hacia arriba, lo que provoca que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición original y la desplazada se registra como el asentamiento del concreto (NTP 399.035, 1999)

b) Equipos y Herramientas

- Cono de Abrams: Es de material metálico y tiene un grosor de lámina que no es menor a 1,14 mm (0,045"). La forma interna del dispositivo es similar a la superficie lateral de un cono truncado, con dimensiones de 203 ± 2 mm (8" ± 1/8") de diámetro en la base mayor, 102 ± 2 mm (4" ± 1/8") de diámetro en la base menor, y 305 ± 2 mm (12" ± 1/8") de altura. Ambas bases deben ser abiertas, estar alineadas de manera paralela entre sí, y ser perpendiculares al eje del cono. Este molde debe tener asas y dispositivos para ser sujetado con los pies.
- Varilla compactadora: Tiene un diámetro de 5/8” y una longitud de 600 mm (24"). El extremo compactador debe ser hemisférico y tener un radio de 8 mm (5/16").

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Regla: Es un instrumento similar, rígido o semirrígido, con una longitud de medición que está marcada en incrementos de 5 mm o incluso menores.
- Cucharón.

c) Procedimiento

- Colocar el molde sobre una superficie plana que esté completamente humedecida con agua.
  - Pisar las aletas de soporte del molde para asegurar que quede fijo en su lugar antes de llenarlo.

Figura 42 Preparación de cono de Abrams

Figura 42

Preparación de cono de Abrams



Fuente: Elaboración Propia

- Llenar el molde con el concreto en tres capas, de manera que cada capa represente aproximadamente un tercio del volumen total del molde.
- Compactar cada capa usando la barra compactadora con 25 golpes distribuidos de manera uniforme en toda la superficie de la capa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 43
Llenado de cono de Abrams



Fuente: Elaboración Propia

- La tercera capa se llena hasta que el concreto rebose del molde para permitir el enrazado adecuado. Si se nota que falta material, se debe agregar suficiente para mantener un exceso de concreto sobre la parte superior del molde en todo momento.
- Después de realizar el enrazado, retirar el molde del concreto con cuidado, levantándolo verticalmente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 44

Retiro de cono de Abrams



Fuente: Elaboración Propia

Medir inmediatamente el asentamiento, que se determina como la diferencia entre la altura del molde y la altura desplazada en el centro de la parte superior del cono deformado.

Figura 45

Medición del asentamiento del concreto con ceniza de biomasa



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 46

Medición del asentamiento del concreto con aditivo



Fuente: Elaboración Propia

d) Cálculos y Resultados

En la siguiente tabla se muestran los asentamientos (slumps) obtenidos mediante el ensayo ya mencionado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 91
Asentamientos para concretos con ceniza de biomasa

SLUMP (pulgadas)				
f'c (kgf/cm2)	Marca de Cemento	sustitución de ceniza (%)	Diseño ACI	Diseño MF
175	Yura IP	0%	3	4
		2%	3	3.5
		5%	3.2	3.1
		10%	3.5	4
		15%	3	3.5
	Frontera IP	0%	3.5	3.5
		2%	3.3	3
		5%	3.1	3
		10%	4	3.5
		15%	3.5	3.3
210	Yura IP	0%	3.7	3.8
		2%	3.5	3.5
		5%	3.2	3.2
		10%	4	3.5
		15%	3.5	3
	Frontera IP	0%	3	3.5
		2%	3	3
		5%	2.8	2.8
		10%	3.5	3.5
		15%	3.5	3

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Peso unitario o peso específico (NTP 339.046/ASTM C138)

a) Descripción

En este ensayo, se abordó la medición de la densidad del concreto en su estado fresco, la cual se obtuvo al dividir la masa neta del concreto entre el volumen del molde.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El concreto convencional, que suele utilizarse en pavimentos y otras estructuras, tiene una densidad que oscila entre 2200 y 2400 kg/m3. (NTP 339.046, 2008)

b) Equipos y Herramientas

- Balanza electrónica con una precisión de 0.1 g.
- Martillo de goma.
- Varilla compactadora: Con un diámetro de 5/8 de pulgada y una longitud de aproximadamente 600 mm (24 pulgadas). El extremo compactador debe tener forma hemisférica con un radio de 8 mm (5/16 de pulgada).
- Molde de acero: Debe ser impermeable y lo suficientemente resistente para mantener su volumen y forma calibrado incluso en condiciones de uso intensivo. La capacidad mínima del molde debe ajustarse de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 92 Capacidad de recipientes por TMN

Tabla 92
Capacidad de recipientes por TMN

TMN DE AGREGADO	CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE MEDICION	
TMN	pie3	l
1"	0.2	6
1 1/2"	0.2	11
2"	0.5	14
3"	1	28
4 1/2"	2.5	70
6"	3.5	100

Fuente: (NTP 339.046, 2008)

c) Procedimientos

- Registrar el peso del molde de acero después de haberlo humedecido.
- Es necesario conocer el volumen del molde de acero.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Llenar el molde con concreto y compactarlo en tres capas de igual volumen, aplicando 25 golpes uniformemente distribuidos en la superficie en cada capa. En la tercera capa, llenar el recipiente por encima del borde. Después de cada compactación, golpear los lados del recipiente tres veces en sus cuatro lados con el martillo de goma.

Figura 47
Ensayo de peso unitario del concreto fresco



Fuente: Elaboración Propia

- Nivelar la superficie del concreto y darle un acabado suave utilizando una placa de enrasado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 48
Molde enrasado con concreto fresco



Fuente: Elaboración Propia

- Limpiar la parte exterior del recipiente y determinar el peso del molde una vez lleno con concreto.

Figura 49
Peso del molde lleno con concreto



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) Cálculos y Resultados

- Con la formula presentada se realiza el cálculo del Peso Específico o Peso Unitario del concreto en estado fresco:

$$P.U.\left(\frac{kg}{m3}\right) = \frac{(Peso\ del\ concreto\ fresco + peso\ molde\ ) - peso\ molde}{Volumen\ del\ molde} \quad (28)$$

Ecuación 28
Peso Unitario del concreto en estado fresco

- En la siguiente tabla se muestran los pesos unitarios obtenidos mediante el ensayo ya mencionado

Tabla 93
Pesos Unitarios para concretos con ceniza de biomasa

PESO UNITARIO (kg/m3)				
f'c (kgf/cm2)	Marca de Cemento	sustitución de ceniza (%)	Diseño ACI	Diseño MF
175	Yura IP	0%	2.307	2.294
		2%	2.311	2.332
		5%	2.324	2.335
		10%	2.322	2.317
		15%	2.314	2.281
	Frontera IP	0%	2.323	2.335
		2%	2.330	2.310
		5%	2.326	2.341
		10%	2.319	2.337
		15%	2.307	2.325
210	Yura IP	0%	2.287	2.312
		2%	2.294	2.324
		5%	2.335	2.334
		10%	2.308	2.317
		15%	2.297	2.315
	Frontera IP	0%	2.314	2.326
		2%	2.321	2.332
		5%	2.317	2.331
		10%	2.304	2.301
		15%	2.303	2.302

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.3. Control de la Temperatura (NTP 339.184/ASTM C1064)

a) Descripción

La temperatura del concreto está influenciada por la cantidad de calor generada por cada uno de sus elementos, incluyendo la reacción química de hidratación del cemento, la energía durante el proceso de mezcla y las condiciones ambientales circundantes. (NTP 339.184, 2021)

b) Equipos y Herramientas

- Termómetro: Un dispositivo utilizado para medir la temperatura con una precisión de aproximadamente ± 0.5°C.
- Contenedor: Debe estar fabricado de un material que no absorba líquidos y debe ser espacioso.

c) Procedimientos

- Insertar el termómetro en la mezcla de concreto fresco de manera que quede sumergido al menos 75 mm.
- Compactar la mezcla alrededor del termómetro para evitar que la temperatura ambiente influya en la lectura.
- Permitir que el termómetro repose durante al menos 2 minutos, luego registrar y anotar la temperatura.

Figura 50 Control de la temperatura del

Figura 50

Control de la temperatura del concreto en estado fresco



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) Cálculos y Resultados

- En la siguiente tabla se muestran los pesos unitarios obtenidos mediante el ensayo ya mencionado

Tabla 94

Temperaturas obtenidas para concretos con ceniza de biomasa

TEMPERATURA (°C)				
f'c (kgf/cm2)	Marca de Cemento	sustitución de ceniza (%)	Diseño ACI	Diseño MF
175	Yura IP	0%	19.2	21.6
		2%	19.1	21
		5%	19.1	20.8
		10%	19	20.3
		15%	18.9	20.2
	Frontera IP	0%	19.9	21
		2%	19.7	21.1
		5%	19.3	20
		10%	19.1	21.2
		15%	18.8	21
210	Yura IP	0%	20.5	22.1
		2%	20.4	21.9
		5%	20.1	22.3
		10%	20.1	22.9
		15%	20	22.8
	Frontera IP	0%	20.8	22.1
		2%	21	22.2
		5%	20.3	21.1
		10%	20.5	22.9
		15%	21.1	22.5

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Ensayos del concreto en estado endurecido

5.2.1. Resistencia a la Compresión (NTP 339.034/ ASTM C 39)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

a) Descripción

Este procedimiento implica aplicar una fuerza de compresión axial a las muestras a una velocidad dentro de un rango específico hasta que se produzca la fractura. Las muestras cilíndricas deben ser preparadas y curadas siguiendo las pautas establecidas en la NTP 339.183.

Figura 51
Elaboración de probetas cilíndricas



Fuente: Elaboración Propia

b) Equipos y herramientas

- La máquina de ensayo de compresión: Debe tener una capacidad adecuada que garantice una velocidad de carga de 0.25 ±0.05 MPa/s.
- Vernier

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c) Procedimiento

- Todos los cilindros destinados a una edad de ensayo específica se fracturarán dentro del margen de tiempo permitido, tal como se prescribe en la norma NTP 339.034.

Tabla 95
Tolerancia permisible para ensayar las probetas

Edad de ensayo	Tolerancias permisibles
24h	± 0.5 h ó 2.1%
3d	± 2 h ó 2.8%
7d	± 6 h ó 3.6%
28d	± 20 h ó 3.0%
90d	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: (NTP 339.034, 2008)

Figura 52 Probetas listas para ser ensayadas

Figura 52
Probetas listas para ser ensayadas



Fuente: Elaboración Propia

- Antes de someter las probetas a ensayo, se deben medir sus diámetros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 53
Medición de probetas con vernier



Fuente: Elaboración Propia

- Para lograr una distribución uniforme de la carga, se deben aplicar almohadillas de neopreno (según ASTM C 1231) en la parte superior de las probetas.
- Los cilindros deben ser posicionados en el centro de la máquina de ensayo de compresión y sometidos a carga hasta que se produzca la ruptura. Durante la segunda mitad de la fase de carga, la velocidad de carga en una máquina hidráulica debe mantenerse en un rango de 0.15 a 0.35 MPa/s.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 54
Colocado de la probeta en la compresora



Fuente: Elaboración Propia

- Es esencial registrar el tipo de fractura que se produce y la fuerza en kilogramos-fuerza (kgf) que la probeta resiste.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 55
Fractura de probeta post ensayo de compresión



Fuente: Elaboración Propia

Figura 56 Fractura tipo V

Figura 56
Fractura tipo V



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) Cálculos y Resultados

- La resistencia a la compresión del espécimen se determina al dividir la carga máxima que puede soportar durante la prueba entre el área promedio de su sección transversal.

$$f'c\left(\frac{kgf}{cm2}\right) = \frac{carga\ máxima\ (kgf)}{Area\ prom\ de\ la\ sección\ transv.} \quad (29)$$

Ecuación 29
Resistencia a la compresión

- En la siguiente tabla se muestran los resultados de compresión obtenidos mediante el ensayo ya mencionado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 96

Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método ACI para diseño f'c = 175kgf/cm2 y cemento marca Yura IP

Porcentaje de Sustitución	f'c (kgf/cm2) a 7 días				f'c (kgf/cm2) a 14 días				f'c (kgf/cm2) a 28 días			
	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom
0	187.29	192.81	189.04	189.71	209.12	215.62	211.44	212.06	239.83	238.69	241.26	239.93
2	215.85	219.74	212.98	216.19	235.96	238.89	232.15	235.66	265.59	265.26	262.49	264.45
5	208.42	204.02	205.59	206.01	218.63	212.63	214.94	215.40	246.54	250.25	246.75	247.85
10	188.93	190.79	195.59	191.77	206.21	213.25	209.43	209.63	237.10	234.97	232.57	234.88
15	174.99	172.22	168.90	172.04	196.76	193.72	183.33	191.27	214.66	210.64	209.93	211.74

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 97

Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método ACI para diseño f'c = 210kgf/cm2 y cemento marca Yura IP

Porcentaje de Sustitución	f'c (kgf/cm2) a 7 días				f'c (kgf/cm2) a 14 días				f'c (kgf/cm2) a 28 días			
	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom
0	209.31	210.77	210.23	210.11	239.56	236.41	238.82	238.26	267.24	269.48	271.71	269.48
2	231.47	233.45	235.26	233.39	248.54	246.15	249.38	248.02	292.47	289.16	297.26	292.96
5	218.78	220.73	222.31	220.61	238.17	245.85	243.11	242.38	285.55	287.10	279.00	283.88
10	208.39	204.63	202.01	205.01	228.00	233.18	231.14	230.77	260.51	265.20	257.84	261.18
15	180.81	176.61	179.29	178.90	200.53	206.01	205.73	204.09	234.13	241.45	234.56	236.71

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 98

Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método ACI para diseño f'c = 175kgf/cm2 y cemento marca Frontera IP

Porcentaje de Sustitución	f'c (kgf/cm2) a 7 días				f'c (kgf/cm2) a 14 días				f'c (kgf/cm2) a 28 días			
	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom
0	156.44	162.83	163.57	160.95	193.25	197.13	193.07	194.48	222.02	227.02	221.66	223.56
2	188.60	194.37	189.15	190.71	209.39	205.33	204.53	206.41	247.05	244.81	237.66	243.17
5	181.97	185.43	182.45	183.29	212.35	200.24	198.76	203.78	225.49	228.44	229.55	227.83
10	147.53	139.42	138.93	141.96	181.57	188.51	184.07	184.72	211.89	213.59	210.01	211.83
15	127.38	130.48	132.60	130.15	166.18	170.84	164.51	167.18	197.66	196.50	194.24	196.13

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 99

Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método ACI para diseño f'c = 210kgf/cm2 y cemento marca Frontera IP

Porcentaje de Sustitución	f'c (kgf/cm2) a 7 días				f'c (kgf/cm2) a 14 días				f'c (kgf/cm2) a 28 días			
	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom
0	186.16	187.26	187.74	187.05	210.49	215.76	216.59	214.28	258.25	256.32	260.51	258.36
2	213.65	210.30	205.49	209.81	230.15	225.81	222.39	226.12	271.86	272.91	267.68	270.82
5	191.38	184.21	195.78	190.46	206.89	212.97	200.08	206.65	261.58	254.93	264.57	260.36
10	179.46	180.16	187.16	182.26	206.36	205.89	207.36	206.54	236.77	238.60	228.40	234.59
15	166.43	163.75	171.52	167.23	191.79	186.30	192.65	190.25	215.02	216.47	218.52	216.67

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 100

Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método Módulo de Fineza para diseño f'c = 175kgf/cm2 y cemento marca Yura IP

Porcentaje de Sustitución	f'c (kgf/cm2) a 7 días				f'c (kgf/cm2) a 14 días				f'c (kgf/cm2) a 28 días			
	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom
0	208.06	204.30	207.19	206.51	222.00	220.93	225.90	222.94	252.78	254.20	248.55	251.84
2	227.77	224.92	222.28	224.99	241.79	245.12	244.25	243.72	285.58	287.28	281.82	284.89
5	217.53	222.94	219.20	219.89	234.54	236.40	239.65	236.86	270.66	269.08	271.95	270.57
10	210.04	214.07	218.49	214.20	225.94	226.00	234.11	228.68	244.69	245.51	253.68	247.96
15	191.91	189.08	182.87	187.95	202.07	206.73	205.59	204.80	224.86	221.63	217.80	221.43

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 101

Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método Módulo de Fineza para diseño f'c = 210kgf/cm2 y cemento marca Yura IP

Porcentaje de Sustitución	f'c (kgf/cm2) a 7 días				f'c (kgf/cm2) a 14 días				f'c (kgf/cm2) a 28 días			
	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom
0	225.32	221.37	226.24	224.31	251.44	247.20	249.48	249.37	287.78	289.11	278.50	285.13
2	264.32	270.19	265.55	266.69	291.87	287.14	292.80	290.60	319.74	312.69	318.18	316.87
5	233.39	239.25	229.71	234.11	269.34	269.88	263.30	267.51	297.53	298.34	296.86	297.58
10	224.47	228.60	225.42	226.16	250.01	255.49	249.28	251.59	274.65	286.23	281.54	280.80
15	202.56	199.33	201.25	201.05	232.17	222.64	223.83	226.22	250.54	255.47	249.70	251.90

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 102

Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método Módulo de Fineza para diseño f'c = 175kgf/cm2 y cemento marca Frontera IP

Porcentaje de Sustitución	f'c (kgf/cm2) a 7 días				f'c (kgf/cm2) a 14 días				f'c (kgf/cm2) a 28 días			
	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom
0	185.14	187.22	188.95	187.10	201.81	203.09	199.64	201.51	236.96	233.92	234.22	235.03
2	206.58	207.11	201.26	204.99	223.11	229.57	233.13	228.60	261.78	257.84	255.38	258.33
5	200.17	207.75	203.28	203.73	210.20	213.13	214.74	212.69	244.95	246.07	243.89	244.97
10	174.98	164.65	177.22	172.28	197.75	193.83	195.96	195.85	222.59	227.37	229.67	226.55
15	142.10	138.41	145.99	142.17	185.30	184.53	177.23	182.35	198.94	205.41	200.09	201.48

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 103

Resistencia a la compresión de concreto con ceniza de biomasa obtenidas por método Módulo de Fineza para diseño f'c = 210kgf/cm2 y cemento marca Frontera IP

Porcentaje de Sustitución	f'c (kgf/cm2) a 7 días				f'c (kgf/cm2) a 14 días				f'c (kgf/cm2) a 28 días			
	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom	m1	m2	m3	Prom
0	215.27	213.48	221.39	216.71	239.29	242.83	241.26	241.12	276.01	273.82	270.68	273.50
2	256.66	256.31	253.83	255.60	275.28	279.19	280.40	278.29	294.62	296.29	293.36	294.76
5	223.73	221.26	229.81	224.93	244.76	235.21	243.27	241.08	279.48	282.19	280.09	280.59
10	204.67	200.77	202.80	202.75	224.80	230.24	231.26	228.77	257.34	260.73	257.74	258.61
15	181.48	179.48	169.26	176.74	201.74	203.31	199.18	201.41	227.82	234.39	222.86	228.36

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

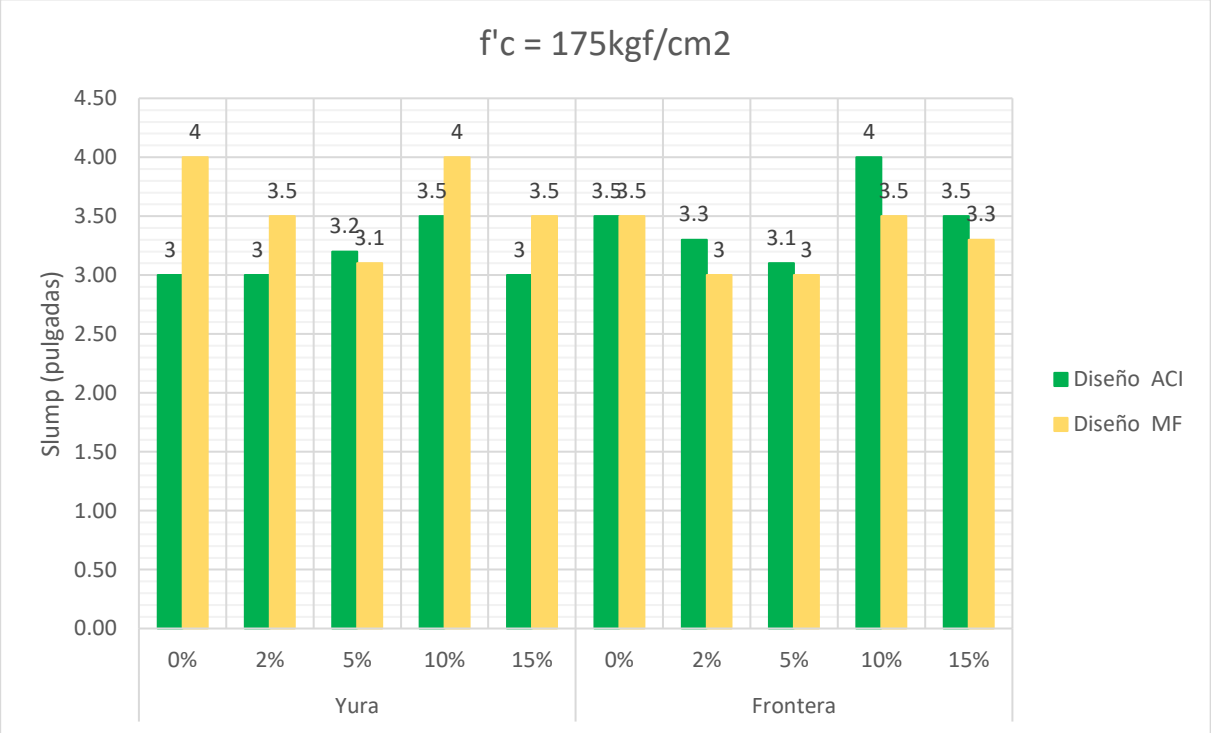
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.3. Análisis de resultados obtenidos mediante los ensayos en concreto fresco y endurecido

5.3.1. Comparación General del Asentamiento o Slump del Concreto Fresco

Se mostrarán dos gráficas las cuales comparan el slump del diseño patrón de cada resistencia y marca de cemento con los diseños que tienen diferentes porcentajes de sustitución de cemento por la ceniza de biomasa.

Gráfico 1
Comparación del slump para una resistencia f'c = 175kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 1 se observa las diferentes medidas de asentamientos producidos por el diseño f'c=175kgf/cm^2, y los diferentes porcentajes de sustitución del cemento por la ceniza de biomasa no habiéndose utilizado aditivo en el concreto patrón y en porcentajes de reemplazo 2% y 5%, obtenemos un slump de 3" en ACI y 4" en MF, pudiendo notar que los mayores valores de asentamientos se dan con el cemento Yura IP y el diseño de mezcla de Modulo de Fineza.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

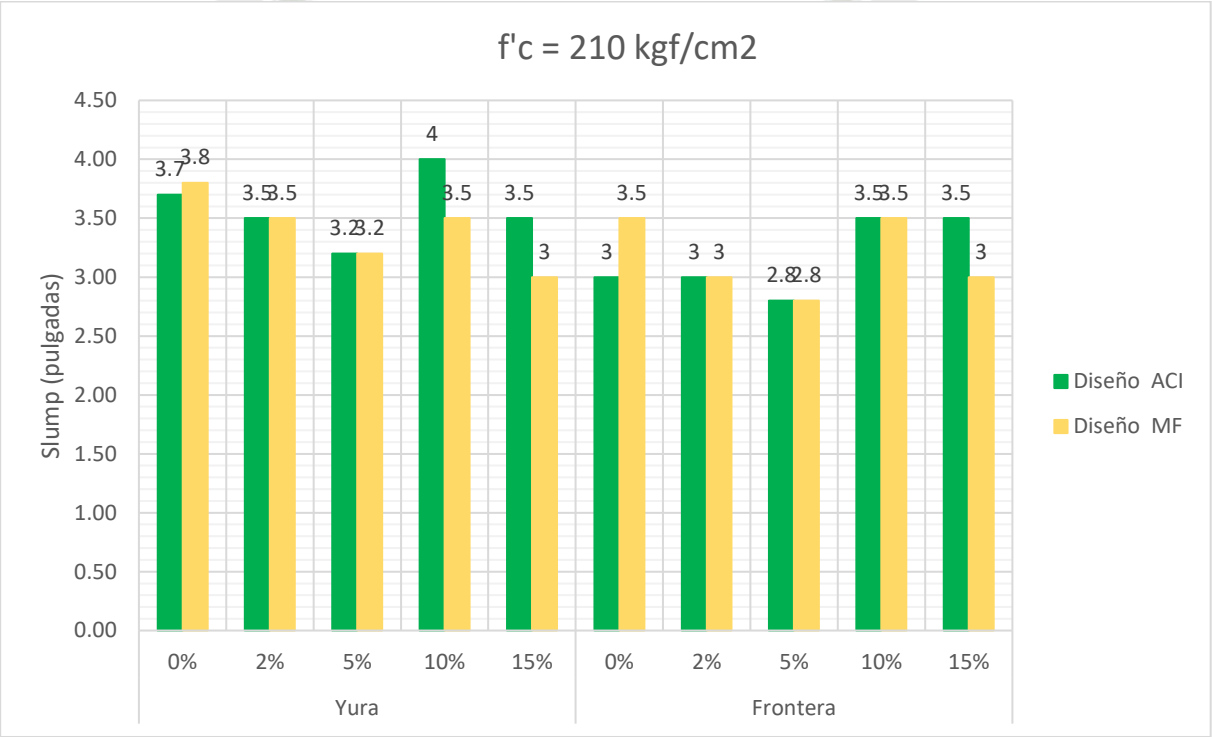
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Asimismo, se evidencia una disminución del asentamiento en los porcentajes 2 y 5% debido a que no se utilizó plastificante, donde finalmente los valores vuelven a incrementarse por su uso en los porcentajes de 10 y 15%, llegando a un máximo de asentamiento en 4".

Gráfico 2

Comparación del slump para una resistencia f'c = 210 kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

En la segunda grafica podemos observar que el diseño f'c=210 kgf/cm2, los valores de mayor asentamiento son el diseño MF con la marca de cemento Yura IP, llegando a 3.8" de slump. Sin embargo, estos van disminuyendo a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución del cemento, siendo el valor mínimo de 2.8" sin aditivo, a pesar de ello en los porcentajes 10 y 15% se evidencia un incremento de asentamiento por el uso de superplastificante.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde se concluye que mediante el método de diseño de Modulo de Fineza, se encuentran valores de asentamiento mayor que a comparación del método de diseño ACI 211, además que el uso del plastificante y superplastificante cooperan con la trabajabilidad el concreto.

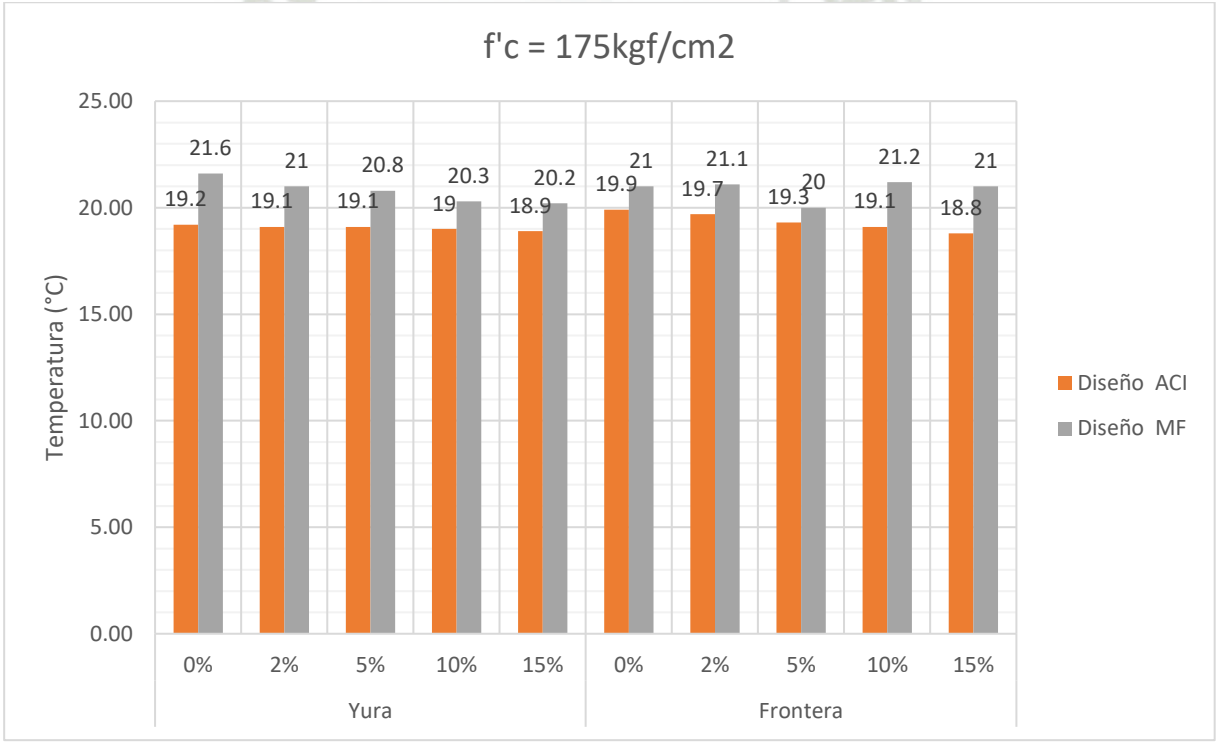
5.3.2. Comparación general del peso unitario del concreto fresco

Se mostrarán dos gráficas las cuales comparan las distintas temperaturas del diseño patrón de cada resistencia y marca de cemento con los diseños que tienen diferentes porcentajes de sustitución de cemento por la ceniza de biomasa.

Gráfico 3 Comparación de temperatura para una resistencia f'c = 175 kgf/cm2

Gráfico 3

Comparación de temperatura para una resistencia f'c = 175 kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

Se pudo observar en la gráfica N° 03 que la mayor temperatura se produjo en el concreto patrón del diseño MF con el cemento Yura IP, 21.6°C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

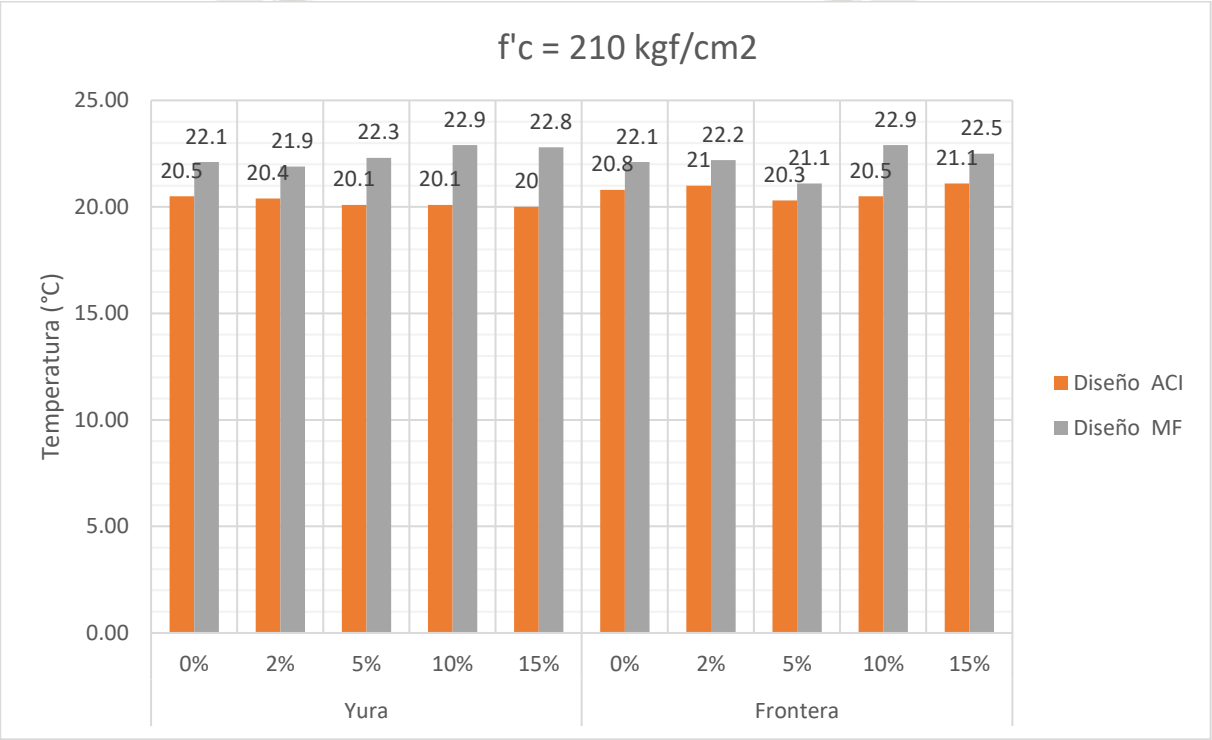
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Sin embargo, se evidencia una tendencia a la disminución de temperatura a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución siendo el menor valor el de 18.8°C en el diseño ACI con cemento Frontera IP y sustitución parcial de 15% del cemento por ceniza de biomasa

Gráfico 4

Comparación de temperatura para una resistencia f'c = 210 kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al grafico anterior se observa un incremento de temperatura en los porcentajes de reemplazo en 10% y 15% en comparación al concreto patrón, teniendo un mayor valor de 22.9°C en el diseño MF con cemento Yura IP, Frontera IP.

Pudiendo concluir que a mayor resistencia requerida será mayor la temperatura, por lo que serían directamente proporcionales

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

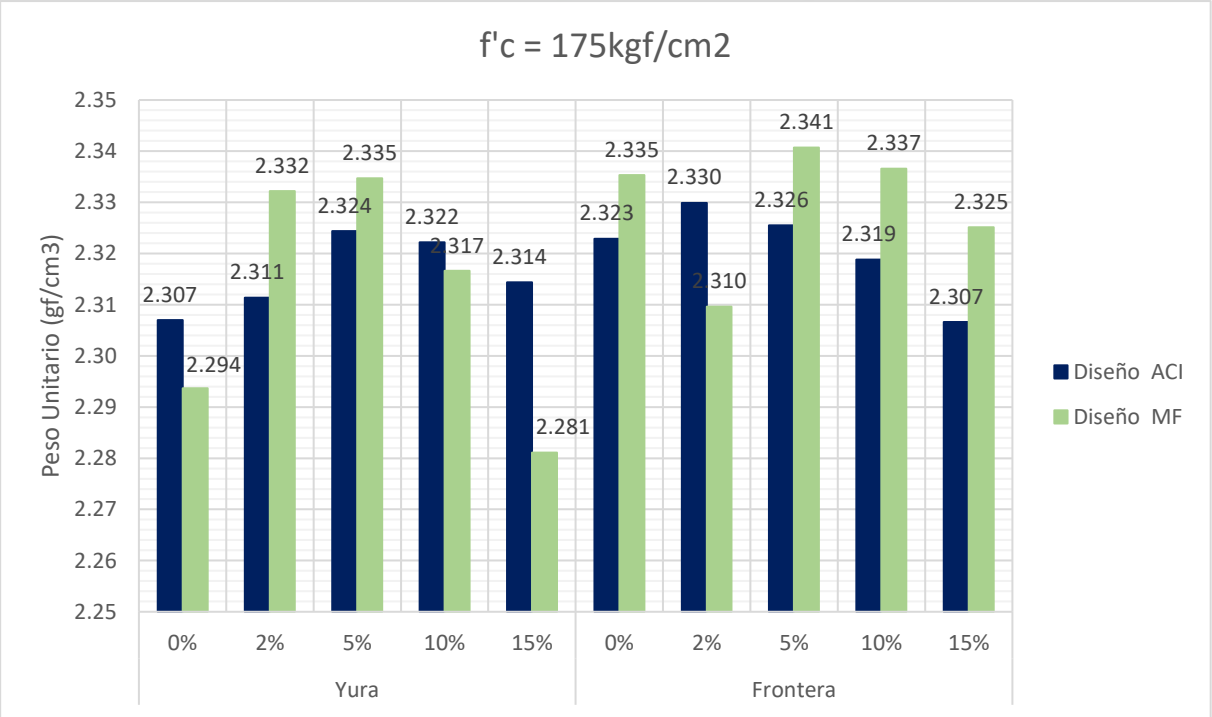
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.3.3. Comparación general de la temperatura del concreto fresco

Se mostrarán dos gráficas las cuales comparan el peso unitario del concreto en estado fresco del diseño patrón de cada resistencia y marca de cemento con los diseños que tienen diferentes porcentajes de sustitución de cemento por la ceniza de biomasa.

Gráfico 5

Comparación de peso unitario del concreto fresco para una resistencia f'c = 175 kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

Según el grafico N° 5 se observa que el concreto patrón (2.307 gf/cm3 y 2.294 gf/cm3 para cemento Yura IP y 2.323 gf/cm3 y 2.335 gf/cm3 para cemento Frontera IP) presenta un menor peso unitario a comparación de los porcentajes de reemplazo de 2%, 5% y 10%, ya que el mismo comportamiento se repite en el método de diseño ACI como Modulo de Fineza

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

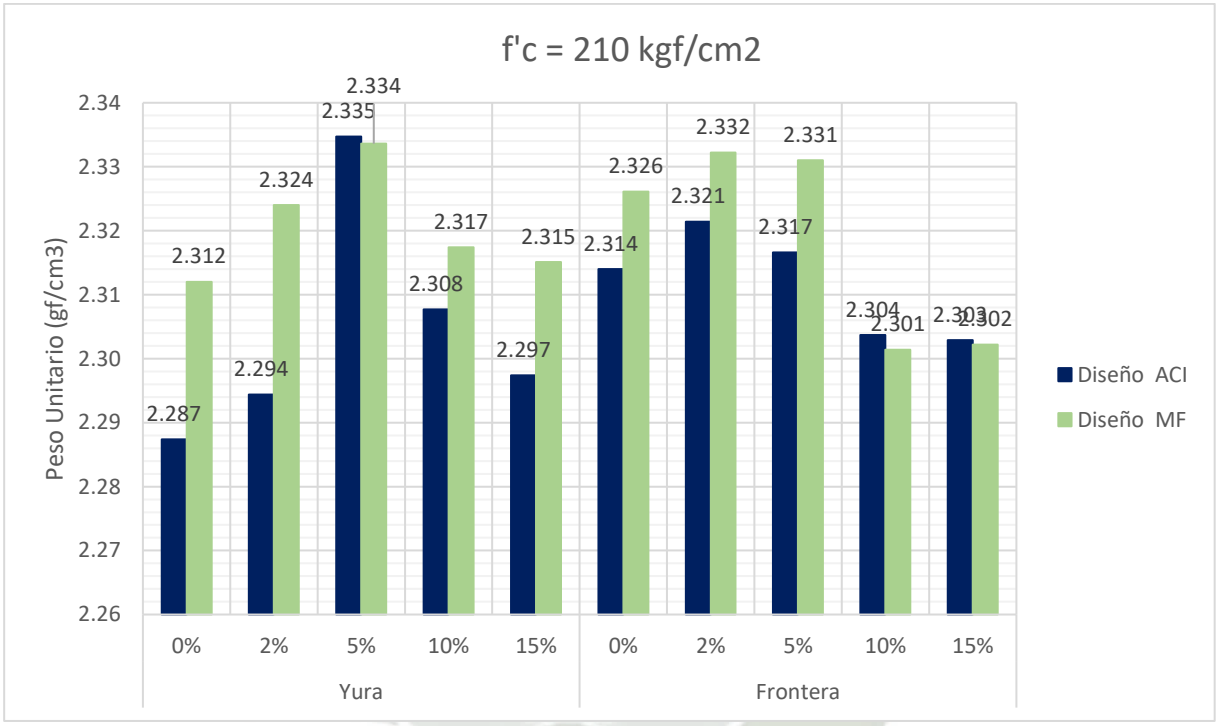
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por otro lado, el peso unitario sin ceniza es mayor al peso unitario de los diseños con sustitución del 15% (2.314 gf/cm3 y 2.281 gf/cm3 para cemento Yura IP y 2.307 gf/cm3 y 2.305 gf/cm3 para cemento Frontera IP)

Gráfico 6

Comparación de peso unitario del concreto fresco para una resistencia f'c = 210 kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

Según el anterior grafico se pudo observar que el concreto vaciado sin ceniza presenta un menor peso unitario a comparación de los diseños sustituyendo en todos los porcentajes, repitiendo le mismos comportamientos en ambos diseños, por otro lado, los diseños con el cemento marca Frontera IP son de valores mayores, además se puede observar que los valores mayores son los diseño con porcentaje de sustitución del 5%.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4. Análisis de resultados de la resistencia a la compresión

5.4.1. Comparación general de la resistencia a la compresión en 7, 14 y 28 días

5.4.1.1. Comparación general a los 7 días de curado

Tabla 104
Comparación general a los 7 días de curado

Resistencia a la compresión 7d				
f'c (kgf/cm2)	Marca de Cemento	sustitución de ceniza (%)	Diseño	
			ACI	MF
175	Yura IP	0%	189.71	206.51
		2%	216.19	224.99
		5%	206.01	219.89
		10%	191.77	214.2
		15%	172.04	187.95
	Frontera IP	0%	160.95	187.1
		2%	190.71	204.99
		5%	183.29	203.73
		10%	141.96	172.28
		15%	130.15	142.17
210	Yura IP	0%	210.11	224.31
		2%	233.39	266.69
		5%	220.61	234.11
		10%	205.01	226.16
		15%	178.9	201.05
	Frontera IP	0%	187.05	216.71
		2%	209.81	255.6
		5%	190.46	224.93
		10%	182.26	202.75
		15%	167.23	176.74

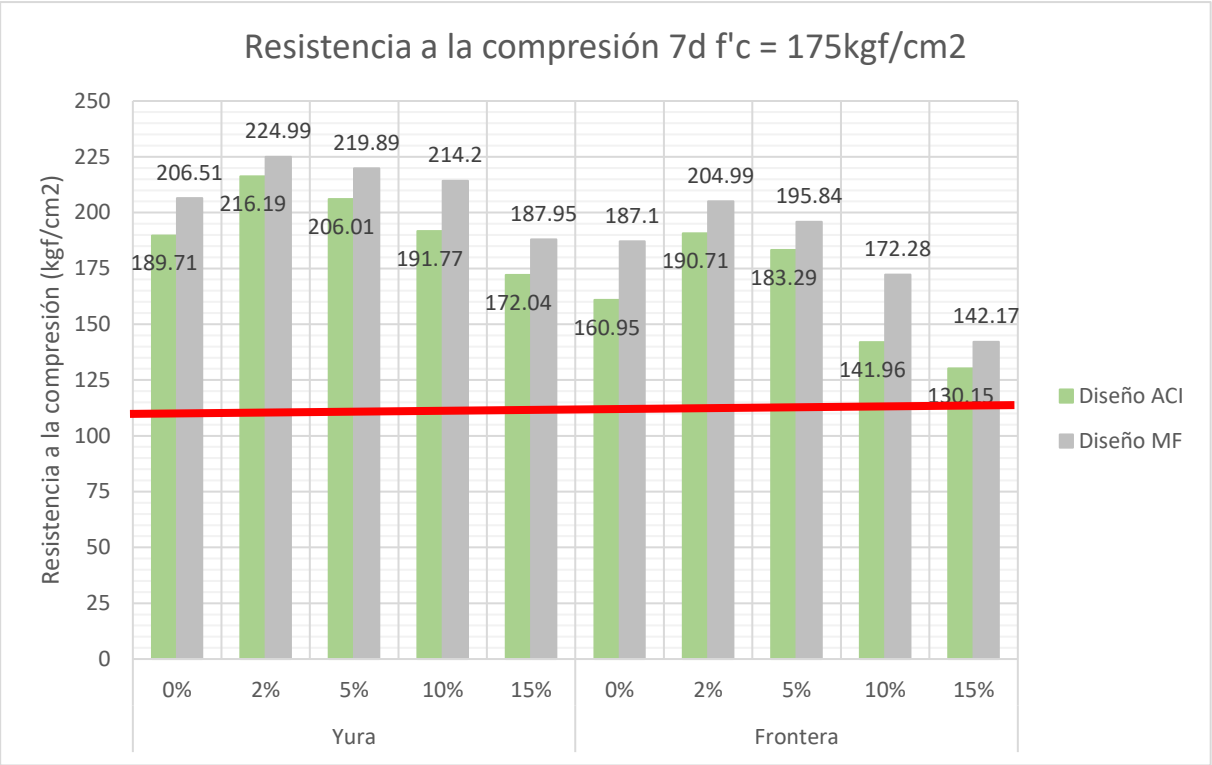
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico 7

Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 175 kgf/cm2 a los 7 días



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 7 se observa que los promedios de todos los resultados obtenidos por los diferentes diseños de mezcla y marcas de cemento para resistencia f'c=175kgf/cm^2, podemos observar el comportamiento de la resistencia se incrementa de forma considerable en el porcentaje de sustitución de 2%, siendo el mayor valor el diseño MF con cemento Yura IP f'c= 224.99 kgf/cm2, en comparación a la resistencia patrón, sin embargo para los porcentajes de sustitución 5% y 10%, la resistencia sigue siendo mayor a comparación de la resistencia de concreto patrón, a excepción del cemento Frontera IP en 10%, sin embargo al utilizar la sustitución del 15%, su resultado es inferior a la resistencia de concreto patrón, teniendo como menor valor f'c= 130 kgf/cm^2 con diseño ACI y cemento Frontera IP, no obstante supera la resistencia mínima requerida (f'c=113.75kfg/cm2)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

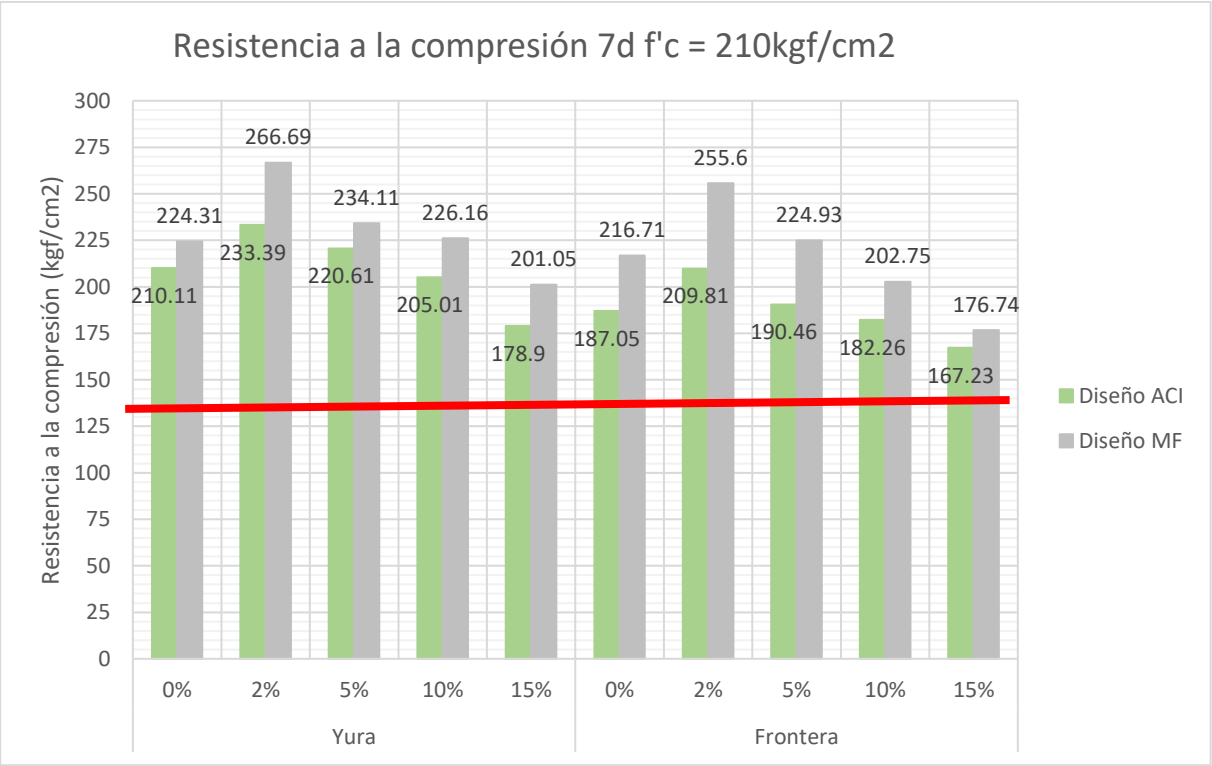
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por lo que se puede observar claramente que las resistencias mayores son con el método de diseño Modulo de Fineza además que el cemento Yura IP actúa mejor con la ceniza de biomasa.

Gráfico 8

Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 210 kgf/cm2 a los 7 días



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico anterior se observa que los promedios de todos los resultados obtenidos por los diferentes diseños de mezcla y marcas de cemento para resistencia f'c=210kgf/cm^2, se puede observar que el valor más alto en con reemplazo 2% diseño MF con cemento Yura IP f'c = 266.69 kgf/cm^2, además se observa que los valores mayores son con el método de diseño Modulo de Fineza con el cemento Yura IP asimismo el mejor porcentaje de reemplazo para mejorar la resistencia es de 2% en todos los casos, en los porcentajes de 5% y 10% la resistencia es mayor a la de la resistencia del concreto patrón a excepción de los diseños ACI en 10% con ambas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

marcas de cemento y finalmente las resistencias con 15% de sustitución resultaron a los 7 días inferiores a las resistencia del concreto patrón en ambos diseños de mezcla y ambas marcas de cemento, sin embargo los resultados son mayores a la resistencia mínima requerida la cual es f'c = 136.5kgf/cm^2

5.4.1.2. Comparación general a los 14 días de curado

Tabla 105
Comparación general a los 14 días de curado

Resistencia a la compresión 14d				
f'c (kgf/cm2)	Marca de Cemento	sustitución de ceniza (%)	Diseño ACI	Diseño MF
175	Yura IP	0%	212.06	222.94
		2%	235.66	243.72
		5%	215.4	236.86
		10%	209.63	228.68
		15%	191.27	204.8
	Frontera IP	0%	194.48	201.51
		2%	206.41	228.6
		5%	203.78	212.69
		10%	184.72	195.85
		15%	167.18	182.35
210	Yura IP	0%	238.26	249.37
		2%	248.02	290.6
		5%	242.38	267.51
		10%	230.77	251.59
		15%	204.09	226.22
	Frontera IP	0%	214.28	241.12
		2%	226.12	278.29
		5%	206.65	241.08
		10%	206.54	228.77
		15%	190.25	201.41

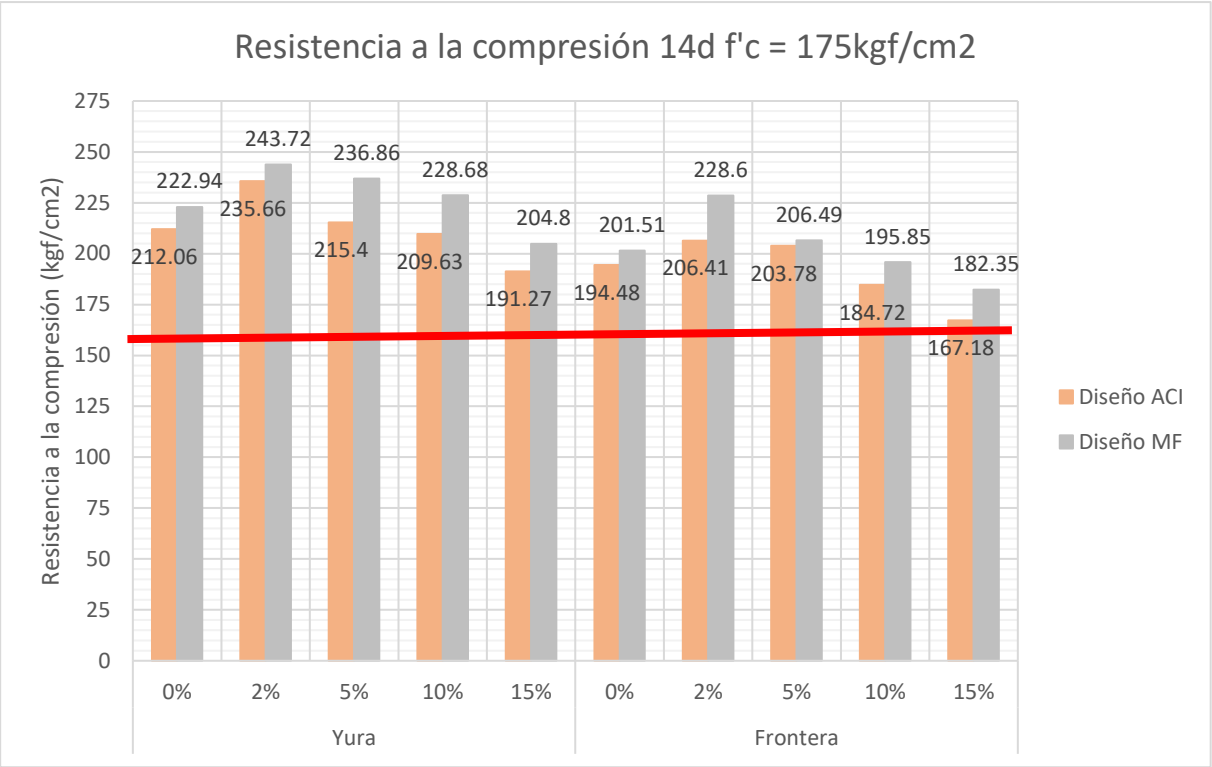
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico 9

Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 175 kgf/cm2 a los 14 días



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 9 se observa que los promedios de todos los resultados obtenidos por los diferentes diseños de mezcla y marcas de cemento para resistencia f'c=175kgf/cm^2 a los 14 días, podemos observar el comportamiento de la resistencia se incrementa de forma considerable en el porcentaje de sustitución de 2%, siendo el mayor valor el diseño MF con cemento Yura IP f'c= 243.72 kgf/cm2, en comparación a la resistencia patrón, sin embargo para el porcentaje de sustitución 5% la resistencia sigue siendo mayor a comparación de la resistencia de concreto patrón, además en el porcentaje de sustitución de 10%, solo es superior a la resistencia del concreto patrón con el cemento Yura IP diseño MF con f'c = 228.68 kgf/cm^2, asimismo al utilizar la sustitución del 15%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

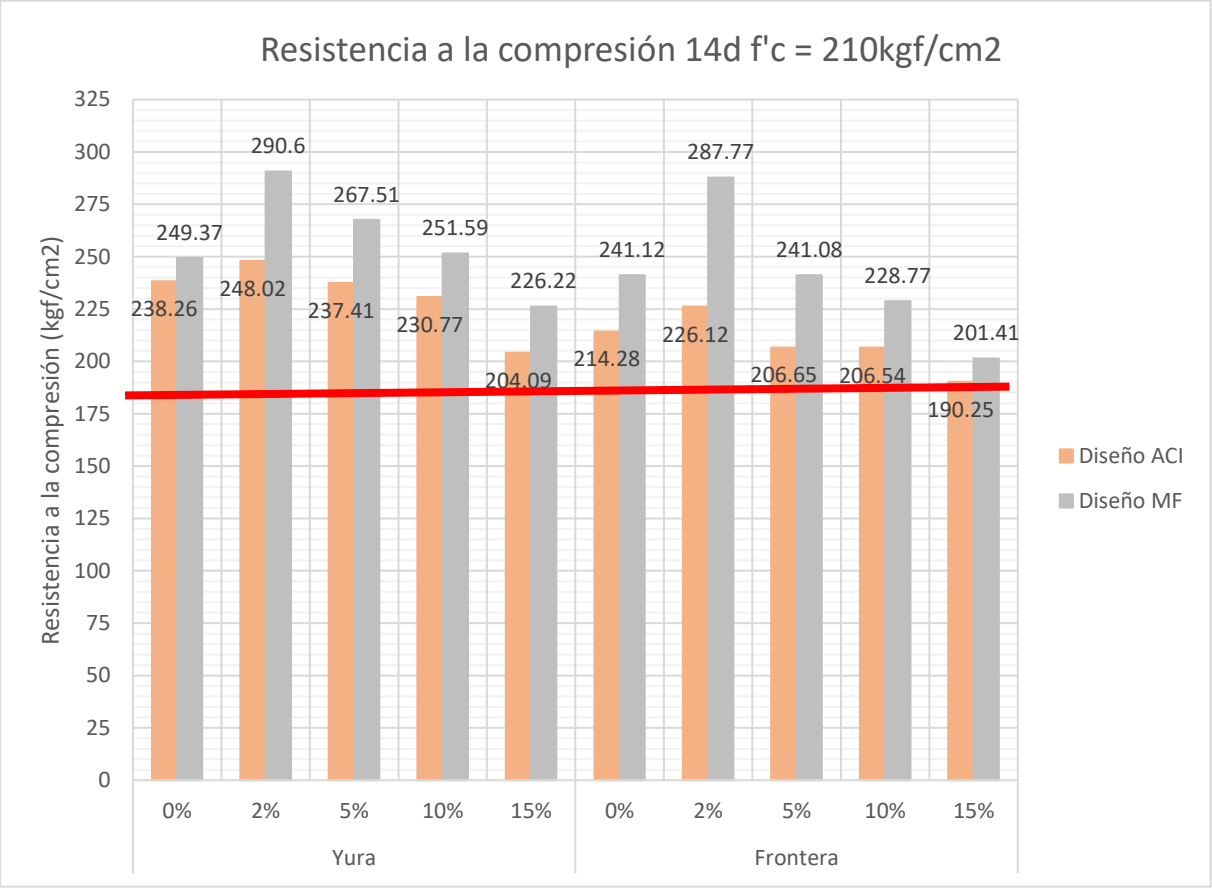
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Todos los resultados son inferiores a la resistencia de concreto patrón, teniendo como menor valor f'c= 167.18 kgf/cm^2 con diseño ACI y cemento Frontera IP, no obstante, supera la resistencia mínima requerida (f'c=157. 15 kfg/cm2)

Por lo que se puede observar claramente que las resistencias mayores son con el método de diseño Modulo de Fineza además que el cemento Yura IP actúa mejor con la ceniza de biomasa.

Gráfico 10

Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 210 kgf/cm2 a los 14 días



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico anterior se observa que los promedios de todos los resultados obtenidos por los diferentes diseños de mezcla y marcas de cemento para resistencia f'c=210kgf/cm^2

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se puede observar que los valores más altos son con reemplazo 2% diseño MF con cemento Yura IP f'c = 266.69 kgf/cm^2 y cemento Frontera IP f'c = 287.77 kgf/cm^2, además se observa que los valores mayores son con el método de diseño Modulo de Fineza con el cemento Yura IP.

Asimismo el mejor porcentaje de reemplazo para mejorar la resistencia es de 2% en todos los casos, en el porcentaje de 5% la resistencia es mayor a la de la resistencia del concreto patrón, en el porcentaje de 10% solo el diseño MF con cemento Yura IP es superior a la resistencia el concreto patrón y finalmente las resistencias con 15% de sustitución resultaron a los 14 días inferiores a las resistencia del concreto patrón en ambos diseños de mezcla y ambas marcas de cemento, sin embargo los resultados son mayores a la resistencia mínima requerida la cual es f'c = 189 kgf/cm^2 a excepción del diseño de mezcla ACI con cemento Frontera IP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.1.3. Comparación general a los 28 días de curado

Tabla 106
Comparación general a los 28 días de curado

Resistencia a la compresión 28d				
f'c (kgf/cm2)	Marca de Cemento	sustitución de ceniza (%)	Diseño ACI	Diseño MF
175	Yura IP	0%	239.93	251.84
		2%	264.45	284.89
		5%	247.85	270.57
		10%	234.88	247.96
		15%	211.74	221.43
	Frontera IP	0%	223.56	235.03
		2%	243.17	258.33
		5%	227.83	244.97
		10%	211.83	226.55
		15%	196.13	201.48
210	Yura IP	0%	269.48	285.13
		2%	292.96	316.87
		5%	283.88	297.58
		10%	261.18	280.8
		15%	236.71	251.9
	Frontera IP	0%	258.36	273.5
		2%	270.82	294.76
		5%	260.36	280.59
		10%	234.59	258.61
		15%	216.67	228.36

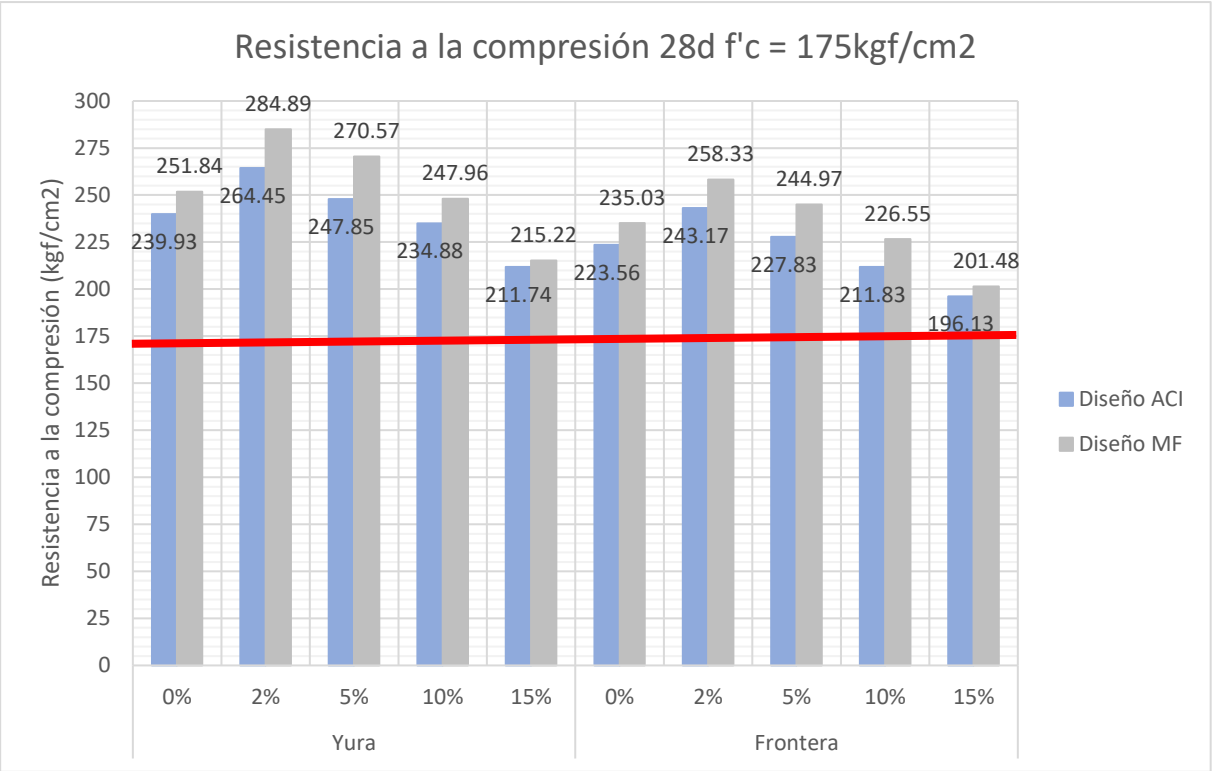
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico 11

Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 175 kgf/cm2 a los 28 días



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico anterior se observa que los promedios de todos los resultados obtenidos por los diferentes diseños de mezcla y marcas de cemento para resistencia f'c=175kgf/cm^2, se puede observar que los valores más altos son con reemplazo 2% diseño MF con cemento Yura IP f'c = 284.89 kgf/cm^2 y cemento Frontera IP f'c = 258.33 kgf/cm^2, además se observa que los valores mayores son con el método de diseño Modulo de Fineza con el cemento Yura IP.

Asimismo, el mejor porcentaje de reemplazo para mejorar la resistencia es de 2% en todos los casos, en el porcentaje de 5% la resistencia es mayor a la de la resistencia del concreto patrón, en el porcentaje de 10% en ambos métodos de diseño y ambas marcas de cemento son ligeramente inferiores a la resistencia el concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

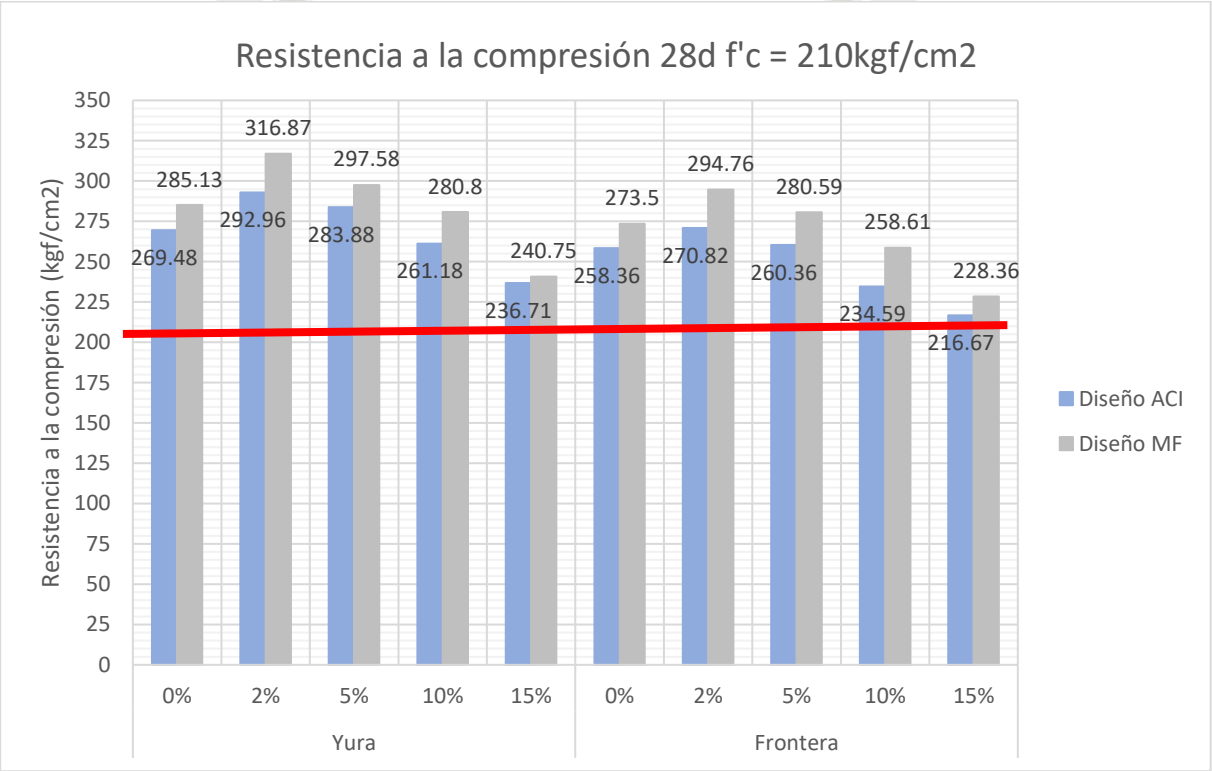
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente, las resistencias con 15% de sustitución resultaron a los 28 días inferiores a la resistencia del concreto patrón en ambos diseños de mezcla y ambas marcas de cemento, sin embargo, los resultados son mayores a la resistencia mínima requerida la cual es f'c = 175 kgf/cm^2

Gráfico 12

Comparación de resistencias a la compresión para concretos f´c = 210 kgf/cm2 a los 28 días



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N° 12 se observa que los promedios de todos los resultados obtenidos por los diferentes diseños de mezcla y marcas de cemento para resistencia f'c=210 kgf/cm^2 a los 28 días, podemos observar el comportamiento de la resistencia se incrementa de forma considerable en el porcentaje de sustitución de 2%, siendo el mayor valor el diseño MF con cemento Yura IP f'c= 316.87 kgf/cm2, en comparación a la resistencia patrón, sin embargo para el porcentaje de sustitución 5% la resistencia sigue siendo mayor a comparación de la resistencia de concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Además, en el porcentaje de sustitución de 10%, es levemente inferior a la resistencia del concreto patrón, asimismo al utilizar la sustitución del 15%, todos los resultados son inferiores a la resistencia de concreto patrón, teniendo como menor valor f'c= 216.67 kgf/cm^2 con diseño ACI y cemento Frontera IP, no obstante, supera la resistencia mínima requerida (f'c=210 kfg/cm2)

Por lo que se puede observar claramente que las resistencias mayores son con el método de diseño Modulo de Fineza además que el cemento Yura IP actúa mejor con la ceniza de biomasa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

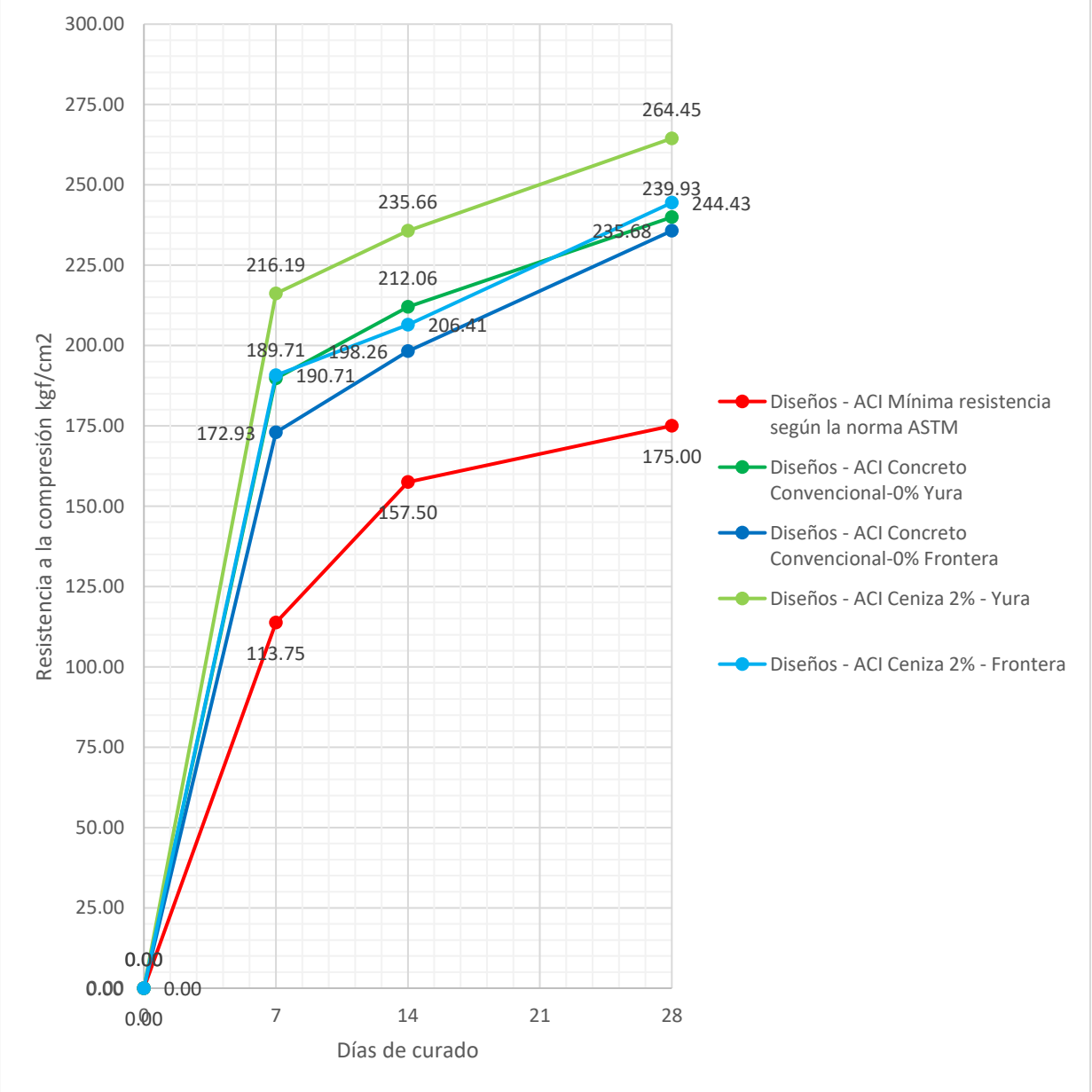
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2. Comparación Detallada para resistencia f'c= 175 kgf/cm2, entre marcas de cemento (Yura IP y Frontera IP IP) y diseños de mezcla a los 7, 14 y 28 días

Resistencia a la Compresión de concretos con 2% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211

Gráfico 13

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 107

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

			Diseños - ACI				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 2% - Yura IP	Ceniza 2% - Frontera IP
175	2%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	113.75	189.71	160.95	216.19	190.71
		14	157.50	212.06	194.48	235.66	206.41
		28	175.00	239.93	223.56	264.45	243.17

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 13 y tabla N° 107 se puede observar que las resistencias obtenidas con el 2% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, al evidenciar que las resistencias con el cemento Frontera IP al 2% de sustitución son similares al concreto patrón con cemento Yura IP, además con ambas marcas de cemento la resistencia a los 7, 14 y 28 días son ampliamente superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM y finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP alcanzado a los 7 días 216.19 kgf/cm^2 a los 14 días 235.66 kgf/cm^2 y a los 28 días 264.45 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia mejora en un 10.22% y con cemento Frontera IP mejora en 8.77% respecto a su concreto patrón.

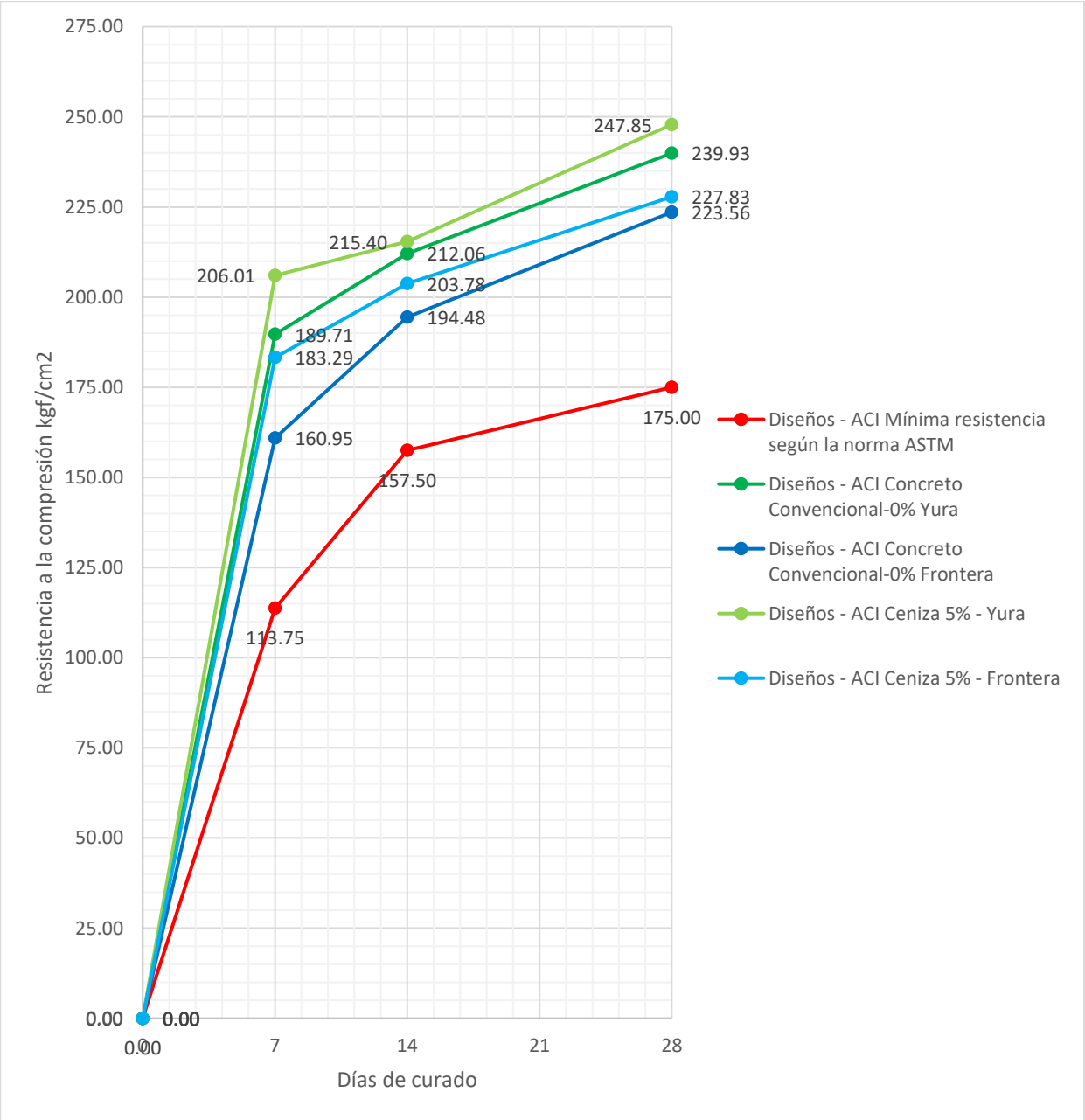
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2.2. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211

Gráfico 14

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 108

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

			Diseños - ACI				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 5% - Yura IP	Ceniza 5% - Frontera IP
175	5%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	113.75	189.71	160.95	206.01	183.29
		14	157.50	212.06	194.48	215.40	203.78
		28	175.00	239.93	223.56	247.85	227.83

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 14 y tabla N° 108, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 5% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que los cementos Yura IP y Frontera IP mejoran su resistencia a comparación de sus respectivos resistencia de concretos patrones, sin embargo esta mejora no es significativa a comparación del 2% de sustitución, sin embargo las resistencias a los 7, 14 y 28 días son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM, donde finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP alcanzado a los 7 días 206.01 kgf/cm^2 a los 14 días 215.40 kgf/cm^2 y a los 28 días 247.85 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia mejora en un 3.30% y con cemento Frontera IP mejora en 1.91% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

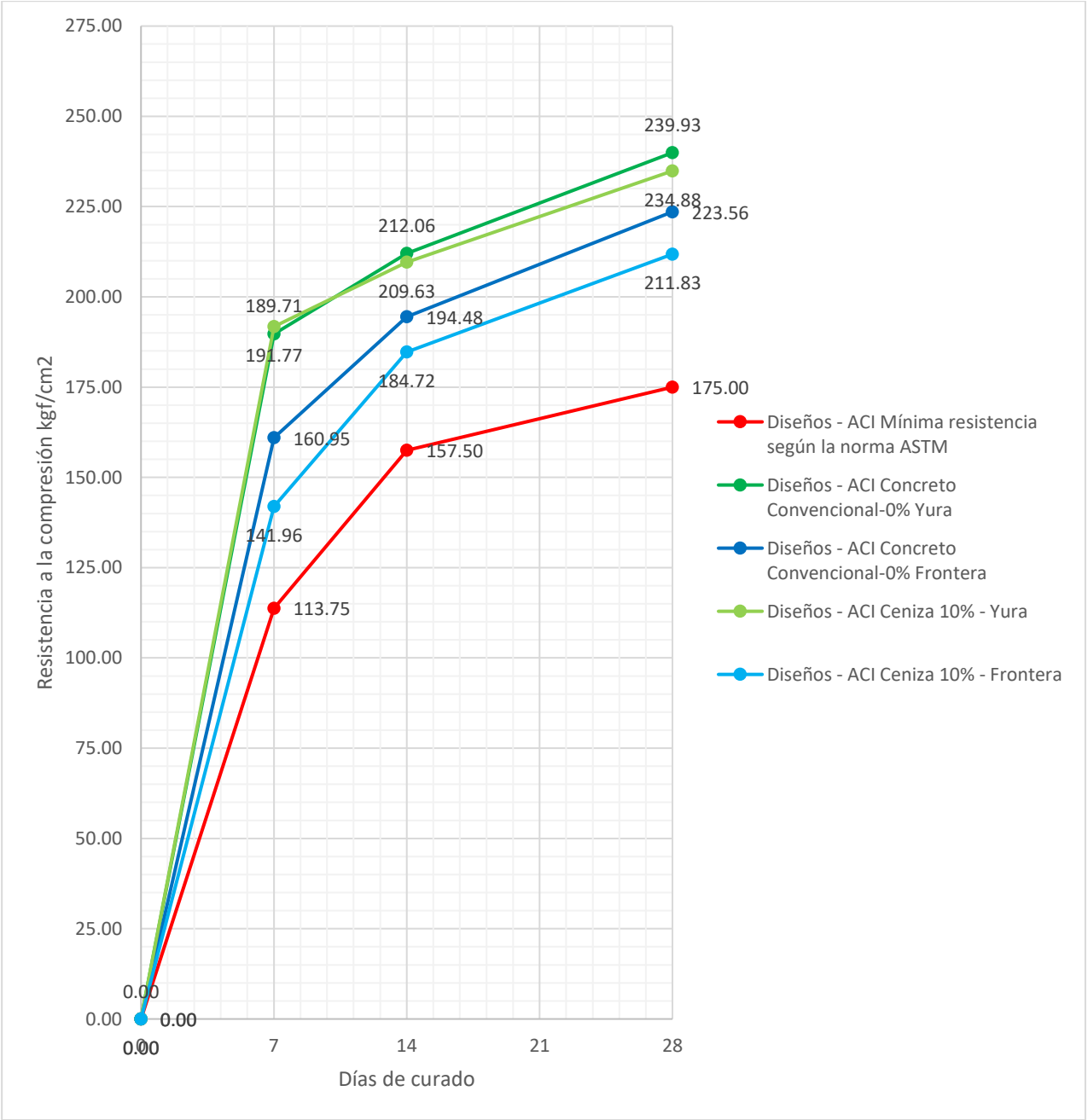
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2.3. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211

Gráfico 15

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 109

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

			Diseños - ACI				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional -0% Yura IP	Concreto Convencional -0% Frontera IP	Ceniza 10% - Yura IP	Ceniza 10% - Frontera IP
175	10%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	113.75	189.71	160.95	191.77	141.96
		14	157.50	212.06	194.48	209.63	184.72
		28	175.00	239.93	223.56	234.88	211.83

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 15 y tabla N° 109, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 10% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que utilizando la marca de cemento Yura IP las resistencias a los 7, 14 y 28 días son similares a las resistencias resultantes del concreto patrón, sin embargo al utilizar la marca de cemento Frontera IP las resistencias obtenidas son inferiores a las resistencias del concreto patrón, además las resistencias a los 7, 14 y 28 días son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM donde finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP (sin contar el concreto convencional) alcanzado a los 7 días 191.77 kgf/cm^2 a los 14 días 209.63 kgf/cm^2 y a los 28 días 234.88 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia disminuye en un 2.10% y con cemento Frontera IP disminuye en 5.25% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

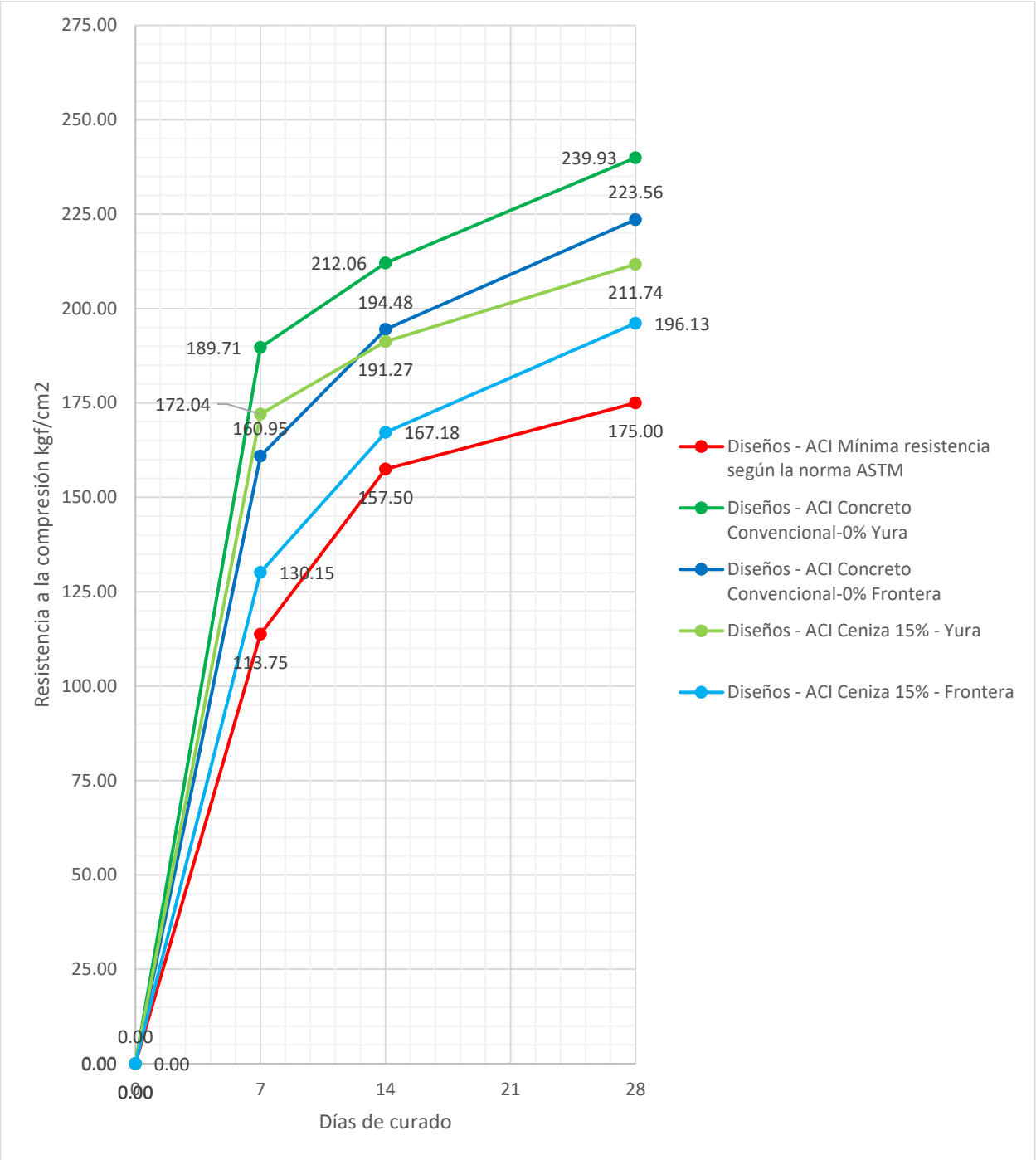
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2.4. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211

Gráfico 16

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 110

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

			Diseños - ACI				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 15% - Yura IP	Ceniza 15% - Frontera IP
175	15%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	113.75	189.71	160.95	172.04	130.15
		14	157.50	212.06	194.48	191.27	167.18
		28	175.00	239.93	223.56	211.74	196.13

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 16 y tabla N° 110, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 15% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que los cementos Yura IP y Frontera IP las resistencias a los 7, 14 y 28 días son menores a comparación de sus respectivas resistencias de concretos patrones, sin embargo son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM, donde finalmente el diseño con mejor resistencia comprando ambas marcas de cemento es Yura IP alcanzado a los 7 días 172.04 kgf/cm^2 a los 14 días 191,27 kgf/cm^2 y a los 28 días 211.74 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia disminuye en un 11.75% y con cemento Frontera IP disminuye en 12.27% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

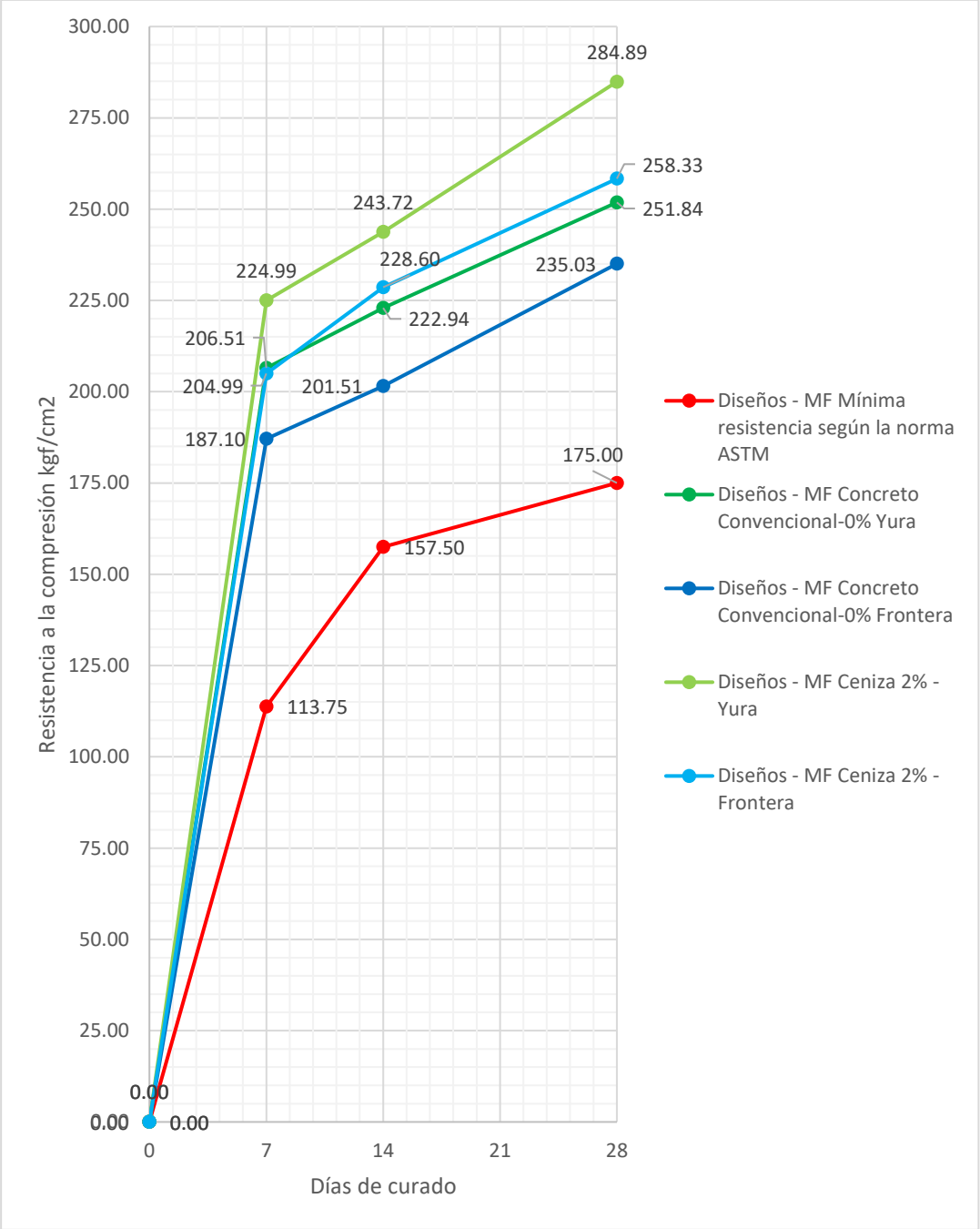
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2.5. Resistencia a la Compresión de concretos con 2% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Gráfico 17

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 111

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

			Diseños - MF				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 2% - Yura IP	Ceniza 2% - Frontera IP
175	2%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	113.75	206.51	187.10	224.99	204.99
		14	157.50	222.94	201.51	243.72	228.60
		28	175.00	251.84	235.03	284.89	258.33

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 17 y tabla N° 111 se puede observar que las resistencias obtenidas con el 2% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados y los cementos Yura IP y Frontera IP, al evidenciar que las resistencias con el cemento Frontera IP al 2% de sustitución son similares al concreto patrón con cemento Yura IP, además con ambas marcas de cemento la resistencia a los 7, 14 y 28 días son ampliamente superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM y finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP alcanzado a los 7 días 224.99 kgf/cm^2 a los 14 días 253.72 kgf/cm^2 y a los 28 días 284.89 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia mejora en un 13.12% y con cemento Frontera IP mejora en 9.91% respecto a su concreto patrón, además que las resistencias son mejores con el método de diseño Modulo de Fineza a diseño por ACI 211

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

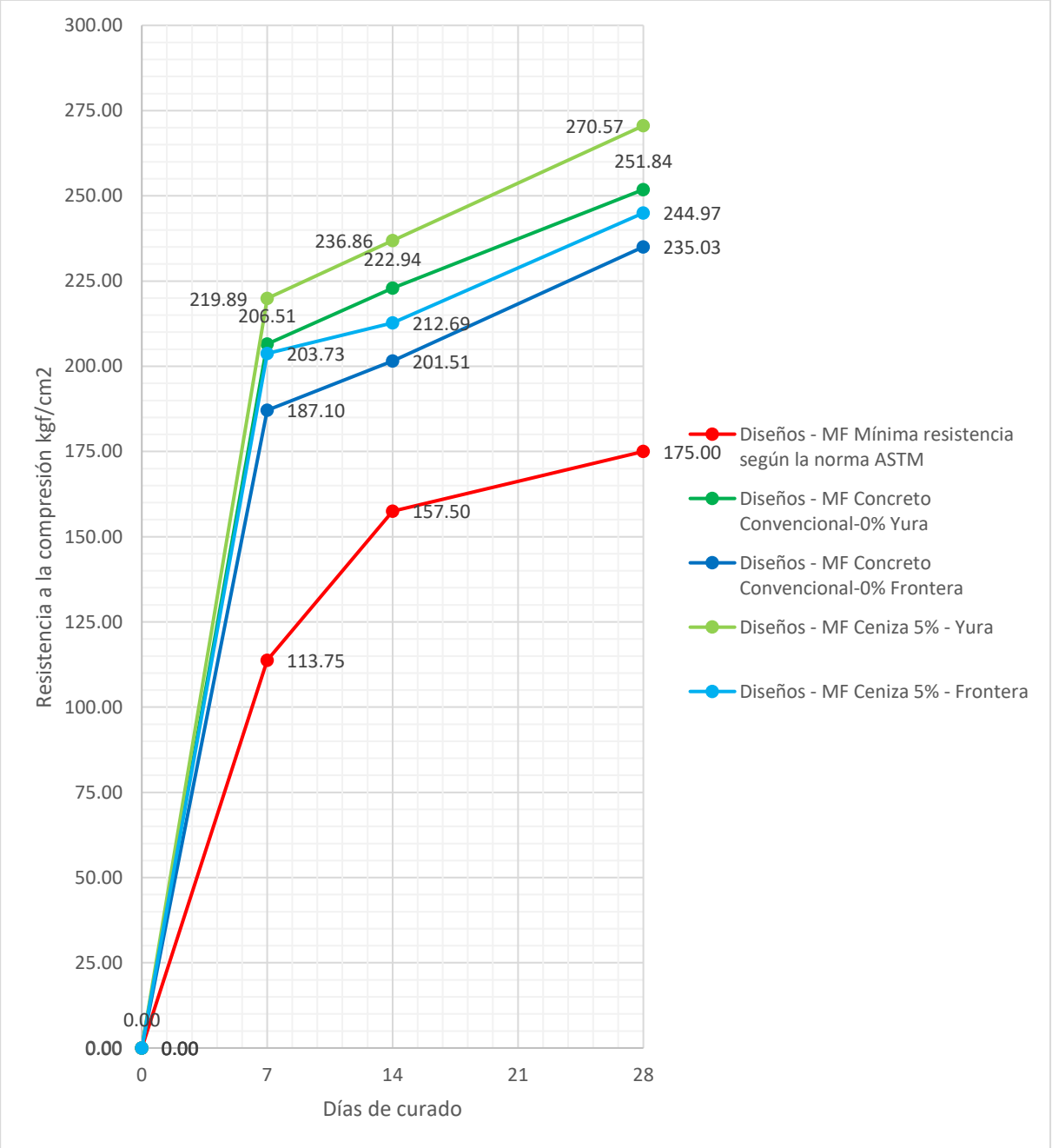
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2.6. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Gráfico 18

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 112

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

			Diseños - MF				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 5% - Yura IP	Ceniza 5% - Frontera IP
175	5%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	113.75	206.51	187.10	219.89	203.73
		14	157.50	222.94	201.51	236.86	212.69
		28	175.00	251.84	235.03	270.57	244.97

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 18 y tabla N° 112, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 5% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método Modulo de Fineza de Combinación de los Agregados y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que los cementos Yura IP y Frontera IP mejoran su resistencia a comparación de sus respectivos resistencia de concretos patrones, sin embargo esta mejora no es significativa a comparación del 2% de sustitución, sin embargo las resistencias a los 7, 14 y 28 días son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM, donde finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP alcanzado a los 7 días 219.89 kgf/cm^2 a los 14 días 226.86 kgf/cm^2 y a los 28 días 270.57 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia mejora en un 7.44% y con cemento Frontera IP mejora en 4.23% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

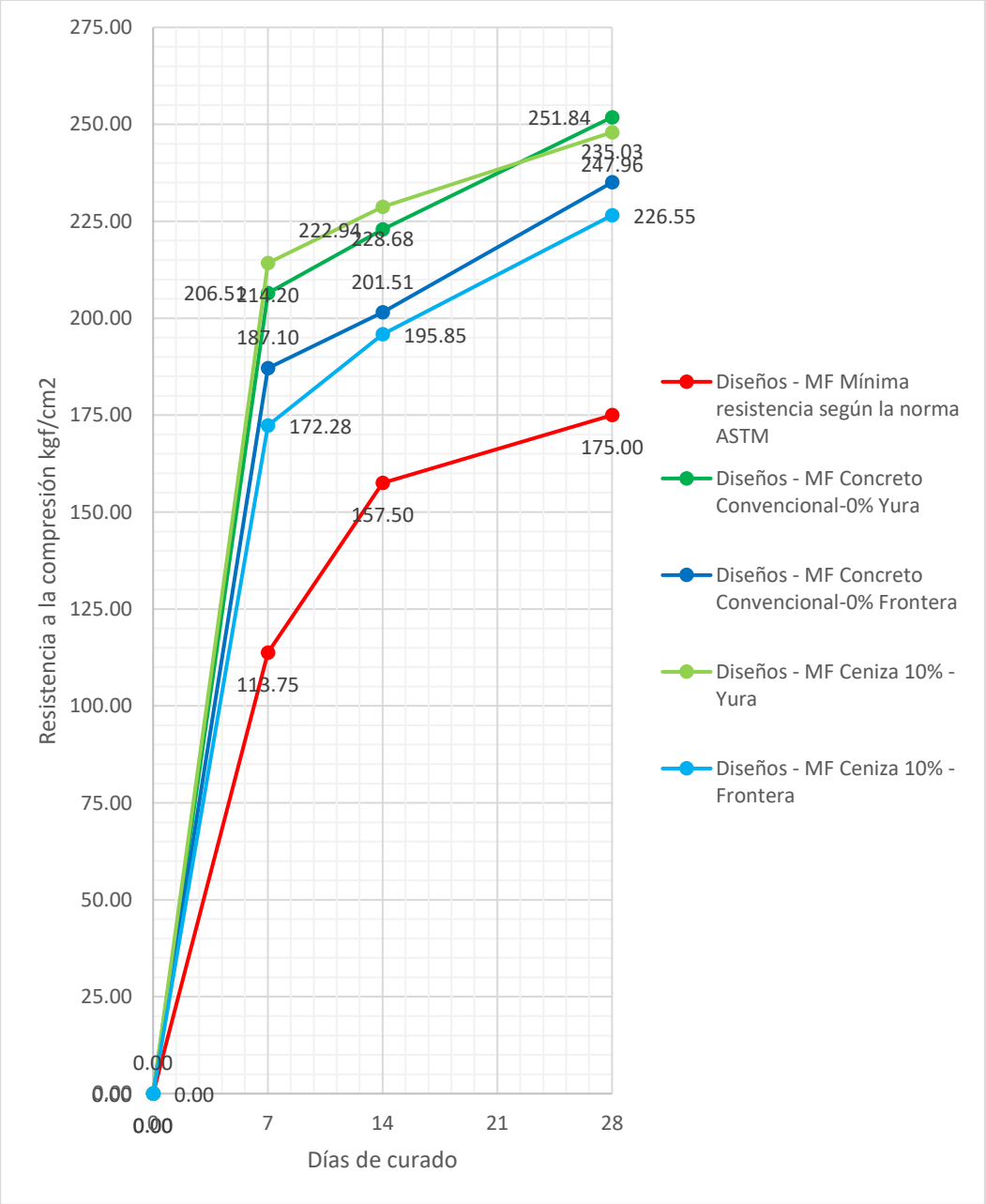
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2.7. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Gráfico 19

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 113

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

			Diseños - MF				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 10% - Yura IP	Ceniza 10% - Frontera IP
175	10%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	113.75	206.51	187.10	214.20	172.28
		14	157.50	222.94	201.51	228.68	195.85
		28	175.00	251.84	235.03	247.96	226.55

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 19 y tabla N° 113, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 10% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que utilizando la marca de cemento Yura IP las resistencias a los 7, 14 y 28 días son levemente inferiores a las resistencias resultantes del concreto patrón, sin embargo al utilizar la marca de cemento Yura IP las resistencias a los 7 y 14 días son superiores a la resistencia patrón aunque a los 28 días la resistencia es ligeramente menor al concreto patrón, además las resistencias a los 7, 14 y 28 días son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM donde finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP (sin contar el concreto convencional) alcanzado a los 7 días 214.20 kgf/cm^2 a los 14 días 228.68 kgf/cm^2 y a los 28 días 247.96 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia disminuye en un 1.54% y con cemento Frontera IP disminuye en 3.61% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

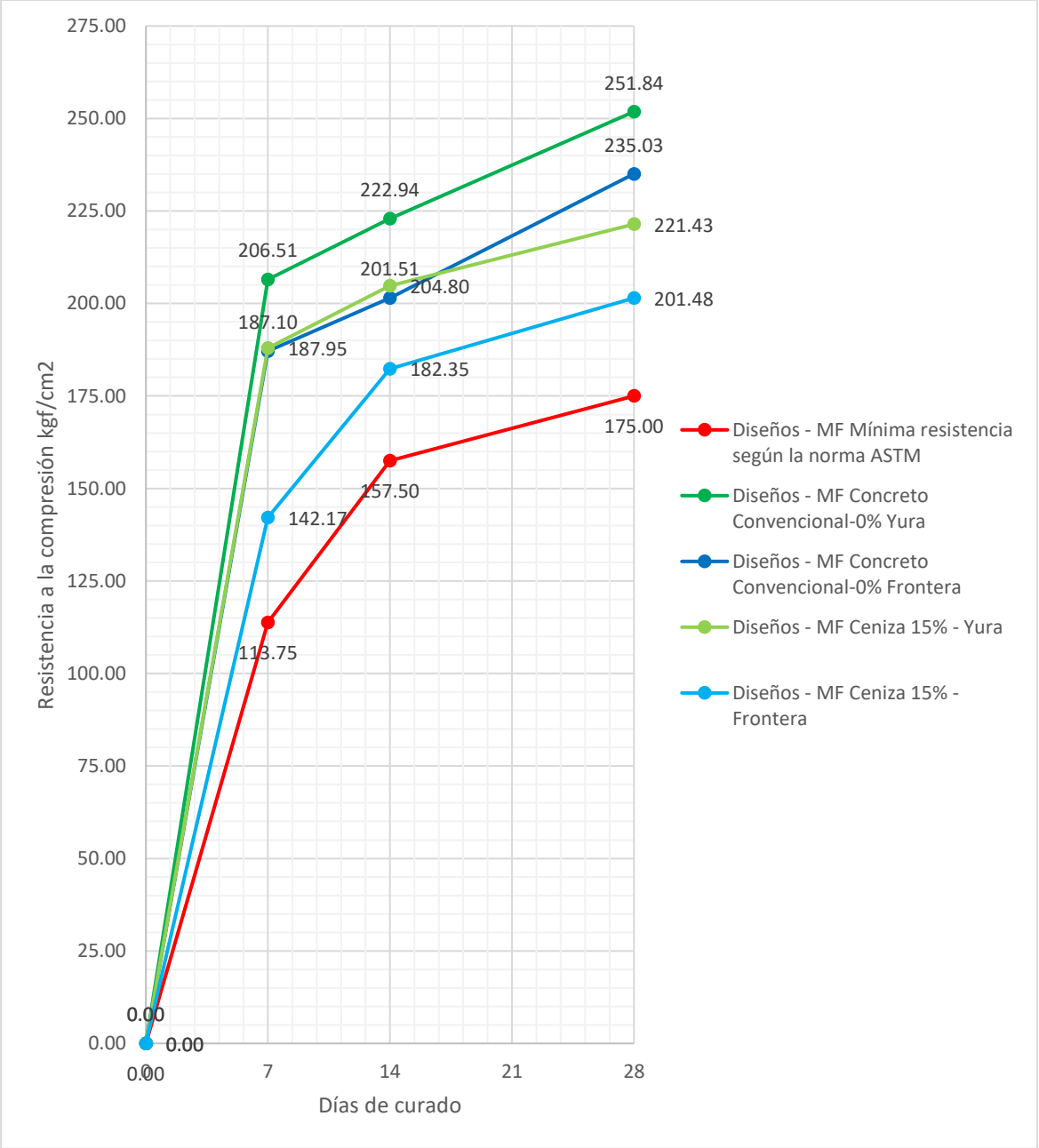
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.2.8. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Gráfico 20

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 114

Comparación entre concretos de f'c = 175 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

			Diseños - MF				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 15% - Yura IP	Ceniza 15% - Frontera IP
175	15%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	113.75	206.51	187.10	187.95	142.17
		14	157.50	222.94	201.51	204.80	182.35
		28	175.00	251.84	235.03	221.43	201.48

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 20 y tabla N° 114, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 15% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que los cementos Yura IP y Frontera IP las resistencias a los 7, 14 y 28 días son menores a comparación de sus respectivas resistencias de concretos patrones, sin embargo son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM, donde finalmente el diseño con mejor resistencia comprando ambas marcas de cemento es Yura IP alcanzado a los 7 días 187.95 kgf/cm^2 a los 14 días 204.80 kgf/cm^2 y a los 28 días 221.43 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia disminuye en un 12.08% y con cemento Frontera IP disminuye en 14.27% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

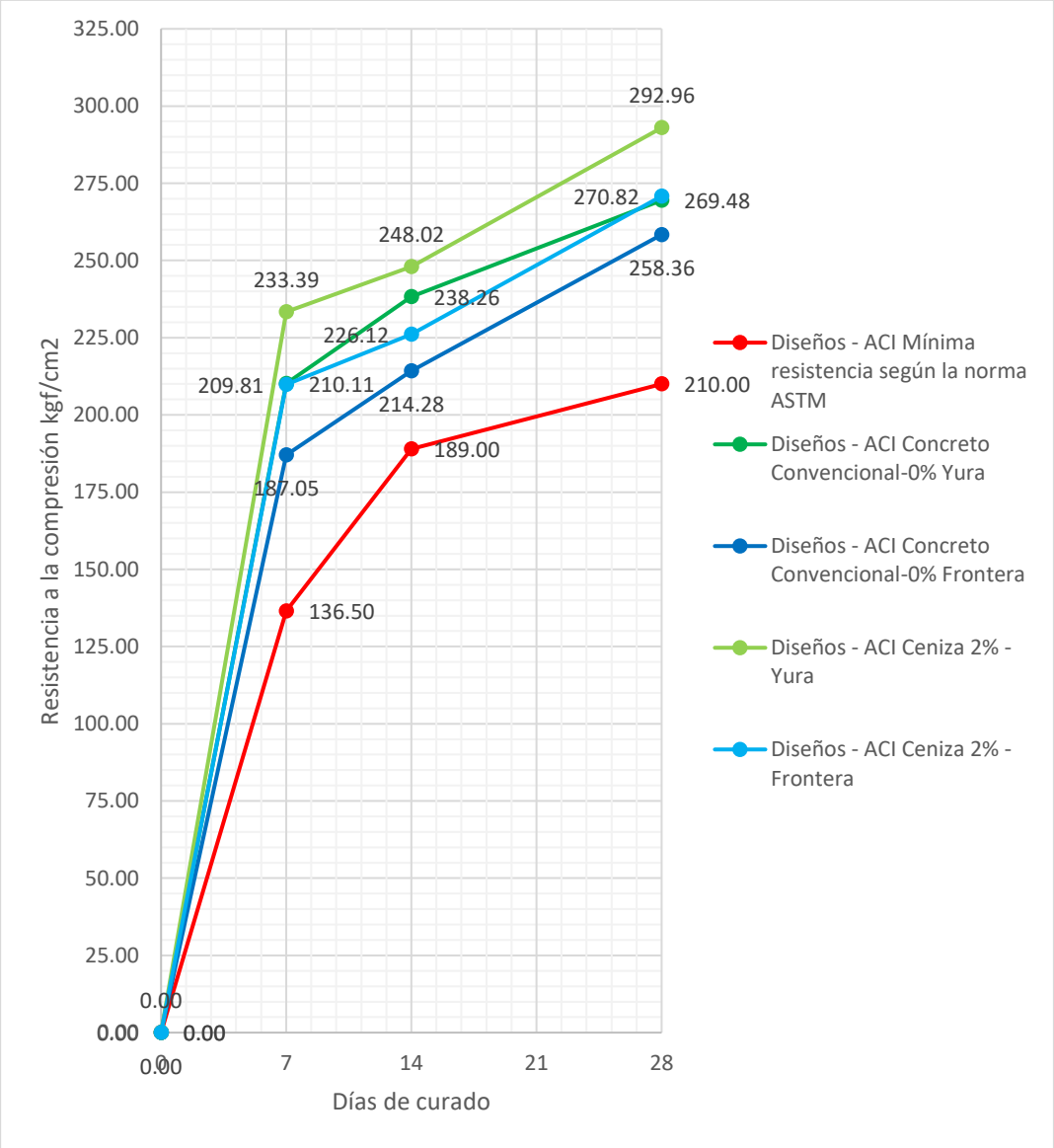
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.3. Comparación Detallada para resistencia f'c= 210 kgf/cm2, entre marcas de cemento (Yura IP y Frontera IP IP) y diseños de mezcla a los 7, 14 y 28 días

5.4.3.1. Resistencia a la Compresión de concretos con 2% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211

Gráfico 21
Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 115

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

			Diseños - ACI				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional -0% Yura IP	Concreto Convencional -0% Frontera IP	Ceniza 2% - Yura IP	Ceniza 2% - Frontera IP
210	2%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	136.50	210.11	187.05	233.39	209.81
		14	189.00	238.26	214.28	248.02	226.12
		28	210.00	269.48	258.36	292.96	270.82

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 21 y tabla N° 115 se puede observar que las resistencias obtenidas con el 2% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidenció que las resistencias a los días 7 y 14 del cemento Frontera IP al 2% de sustitución son similares a la resistencias del concreto patrón de cemento Yura IP, además con ambas marcas de cemento la resistencia a los 7, 14 y 28 días son ampliamente superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM y finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP con 2% de sustitución alcanzando a los 7 días 233.39 kgf/cm^2 a los 14 días 258.02 kgf/cm^2 y a los 28 días 292.96 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia mejora en un 8.71% y con cemento Frontera IP mejora en 4.82% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

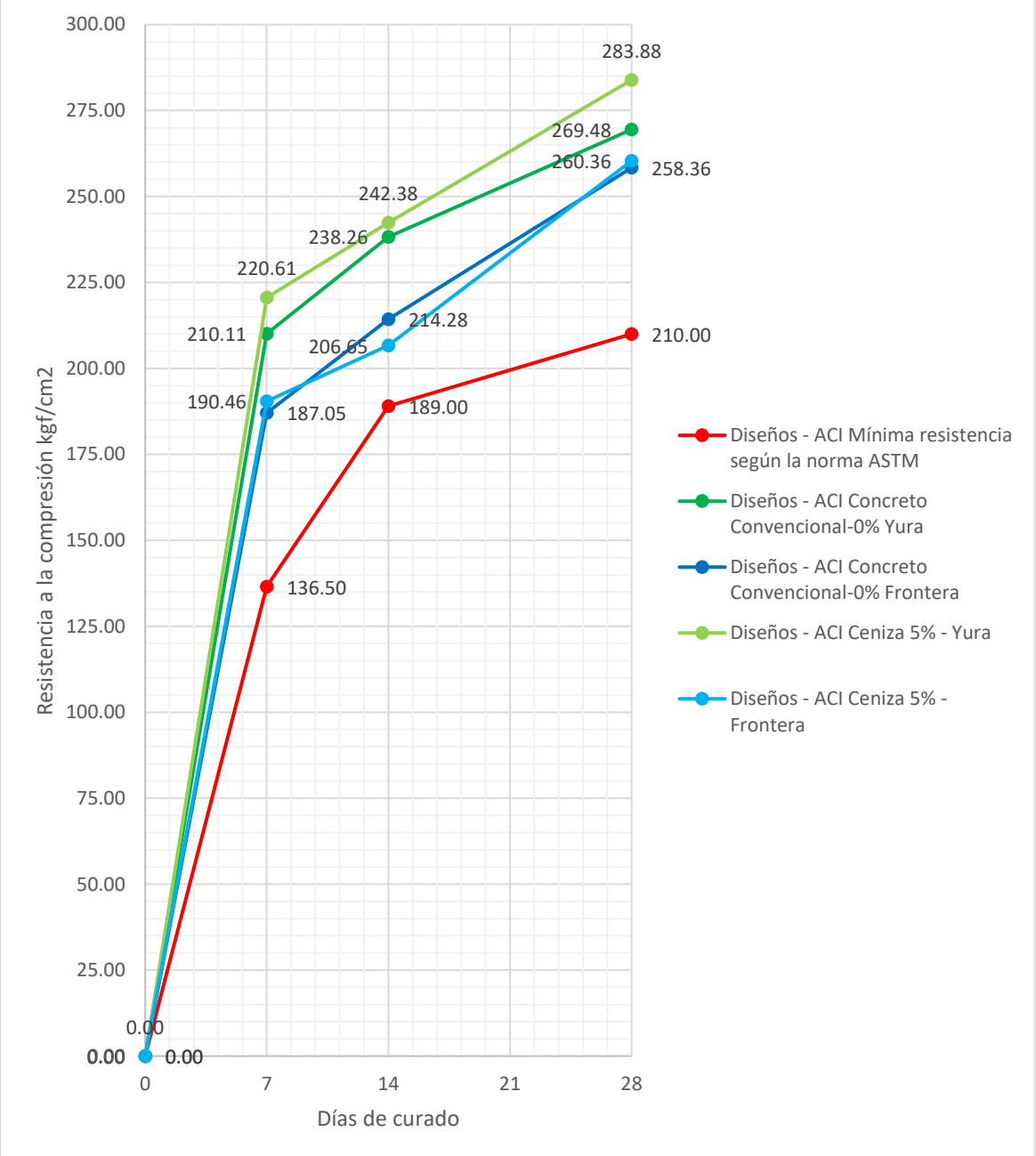
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.3.2. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211

Gráfico 22

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 116

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

			Diseños - ACI				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 5% - Yura IP	Ceniza 5% - Frontera IP
210	5%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	136.50	210.11	187.05	220.61	190.46
		14	189.00	238.26	214.28	242.38	206.65
		28	210.00	269.48	258.36	283.88	260.36

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 22 y tabla N° 116, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 5% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se puede evidenciar que los cementos Yura IP y Frontera IP mejoran su resistencia a comparación de sus respectivos resistencia de concretos patrones, sin embargo esta mejora no es significativa ya que sus resistencias son muy similares, sin embargo las resistencias a los 7, 14 y 28 días son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM, donde finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP alcanzado a los 7 días 220.61 kgf/cm^2 a los 14 días 242.38 kgf/cm^2 y a los 28 días 283.88 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia mejora en un 5.34% y con cemento Frontera IP mejora en 0.77% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

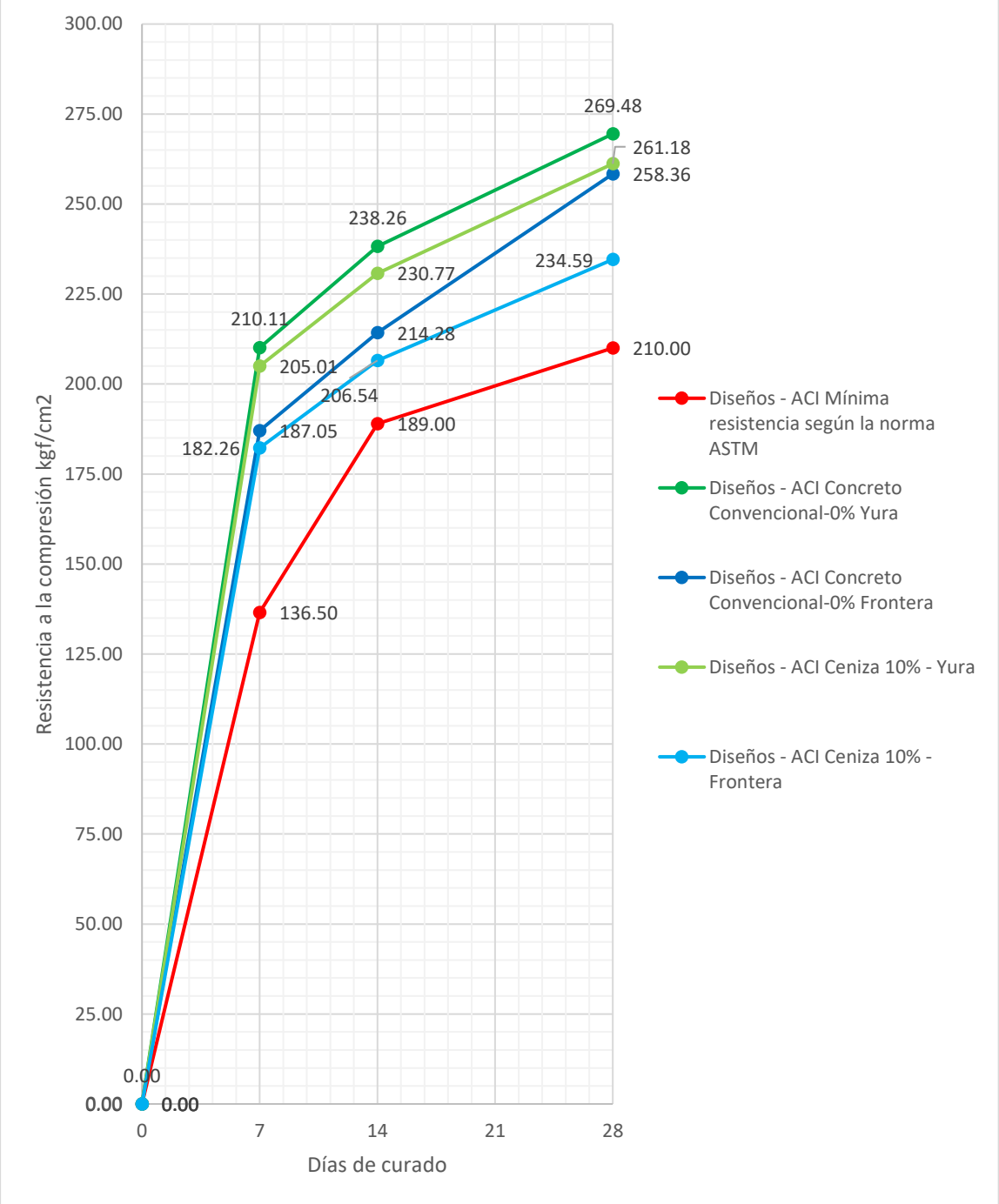
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.3.3. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211

Gráfico 23

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 117

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

			Diseños - ACI				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional -0% Yura IP	Concreto Convencional -0% Frontera IP	Ceniza 10% - Yura IP	Ceniza 10% - Frontera IP
210	10%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	136.50	210.11	187.05	205.01	182.26
		14	189.00	238.26	214.28	230.77	206.54
		28	210.00	269.48	258.36	261.18	234.59

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 23 y tabla N° 117, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 10% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que utilizando las marcas de cemento Yura IP y Frontera IP las resistencias 7, 14 y 28 días son inferiores a las resistencias resultantes del concreto patrón, además las resistencias a los 7, 14 y 28 días son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM donde finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP (sin contar el concreto convencional) alcanzado a los 7 días 205.01 kgf/cm^2 a los 14 días 230.77 kgf/cm^2 y a los 28 días 262.18 kgf/cm^2.

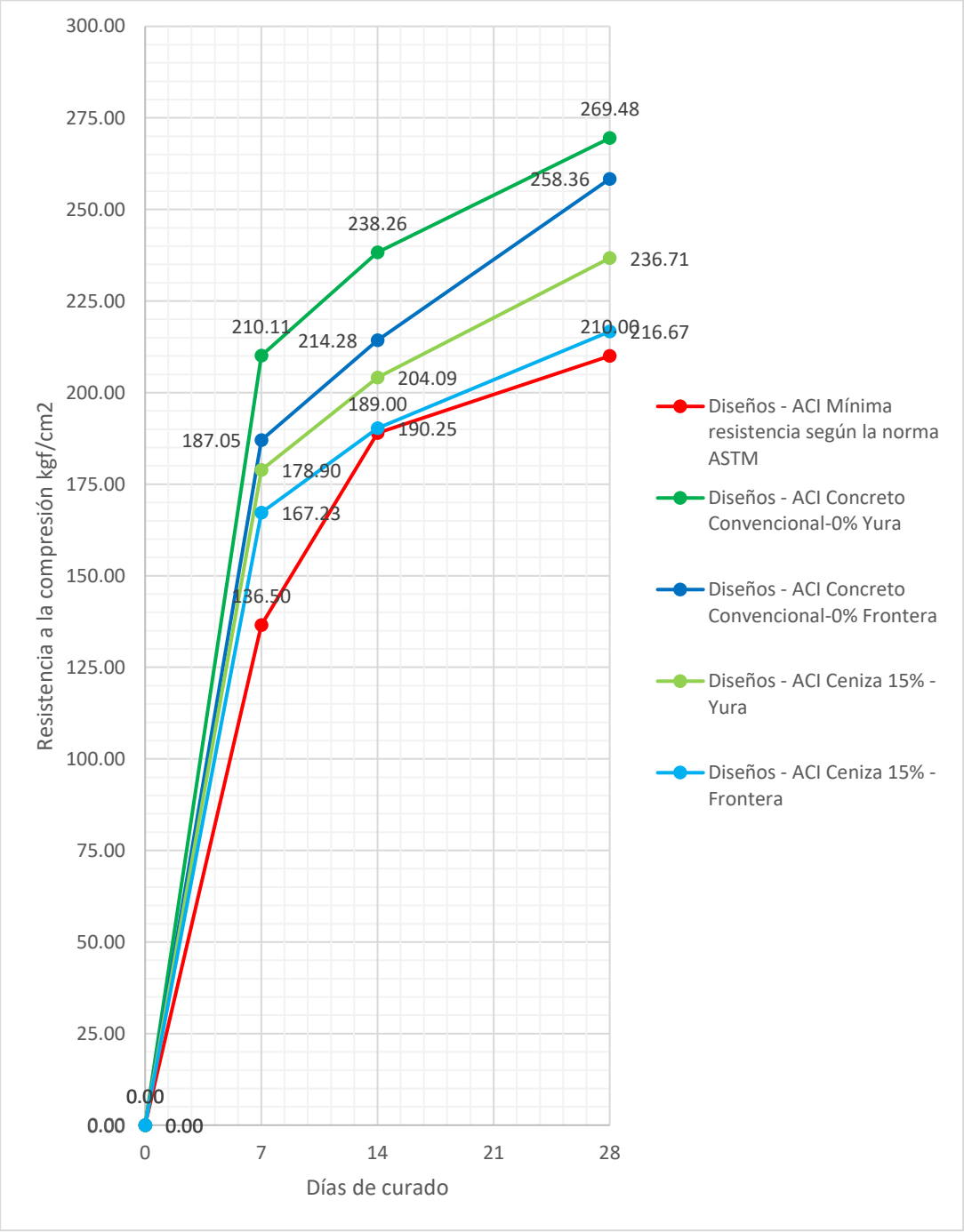
Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia disminuye en un 3.08% y con cemento Frontera IP disminuye en 9.20% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.3.4. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de ceniza de biomasa para diseños por el Método ACI 211

Gráfico 24
Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 118

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método ACI 211

			Diseños - ACI				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional -0% Yura IP	Concreto Convencional -0% Frontera IP	Ceniza 15% - Yura IP	Ceniza 15% - Frontera IP
210	15%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	136.50	210.11	187.05	178.90	167.23
		14	189.00	238.26	214.28	204.09	190.25
		28	210.00	269.48	258.36	236.71	216.67

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 24 y tabla N° 118, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 15% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que los cementos Yura IP y Frontera IP las resistencias a los 7, 14 y 28 días son menores a comparación de sus respectivas resistencias de concretos patrones, sin embargo son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM, donde finalmente el diseño con mejor resistencia comprando ambas marcas de cemento es Yura IP alcanzado a los 7 días 178.90 kgf/cm^2 a los 14 días 204.09 kgf/cm^2 y a los 28 días 216.67 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia disminuye en un 12.16% y con cemento Frontera IP disminuye en 16.14% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

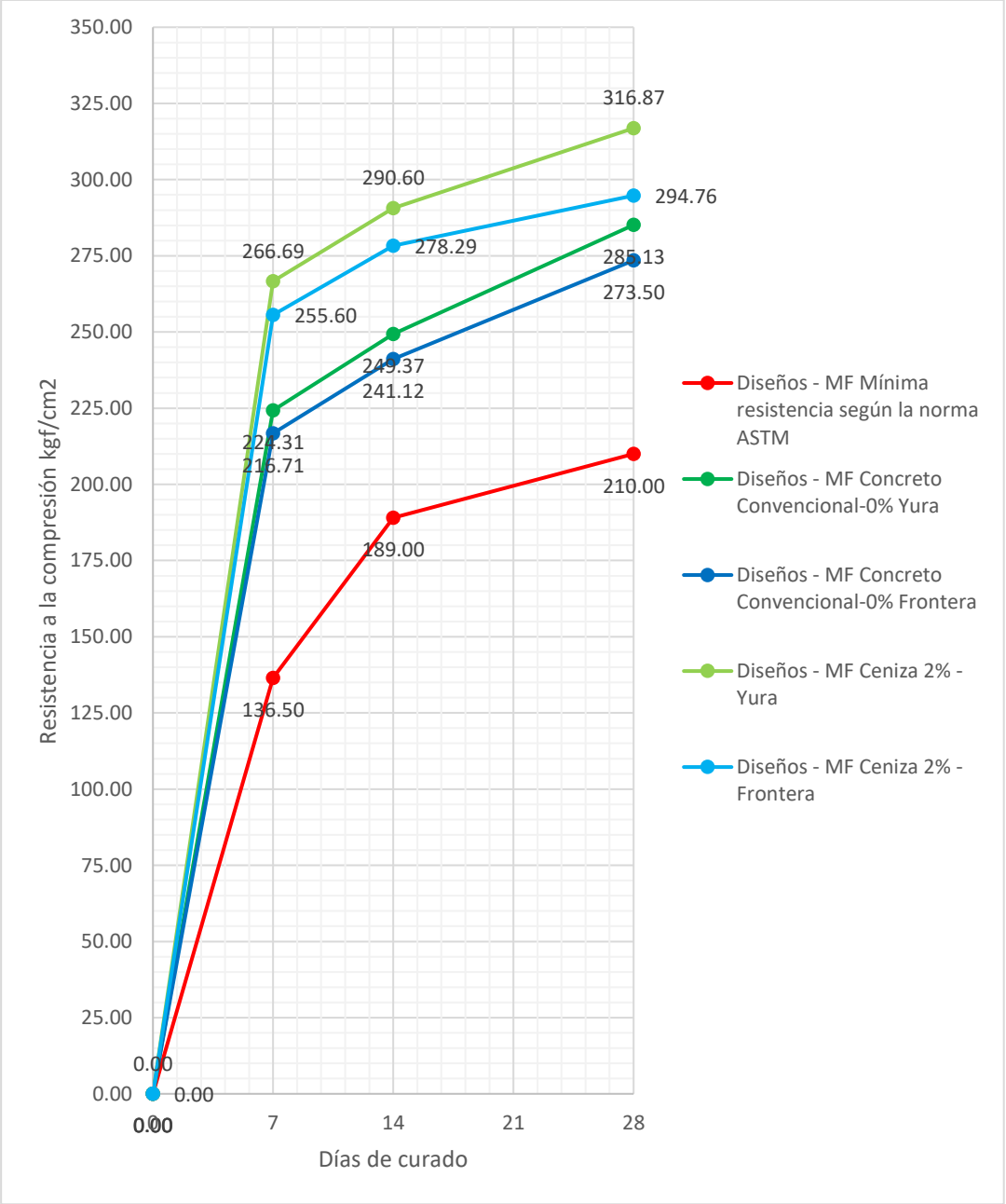
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.3.5. Resistencia a la Compresión de concretos con 2% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Gráfico 25

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 119

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 2% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

			Diseños - MF				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 2% - Yura IP	Ceniza 2% - Frontera IP
210	2%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	136.50	224.31	216.71	266.69	255.60
		14	189.00	249.37	241.12	290.60	278.29
		28	210.00	285.13	273.50	316.87	294.76

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 25 y tabla N° 119 se puede observar que las resistencias obtenidas con el 2% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidenció que las resistencias de ambas marcas de cemento la resistencia a los 7, 14 y 28 días son ampliamente superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM, así como a sus respeticos concretos patrones y finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP con 2% de sustitución alcanzando a los 7 días 266.69 kgf/cm^2 a los 14 días 290.60 kgf/cm^2 y a los 28 días 316.87 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia mejora en un 11.13% y con cemento Frontera IP mejora en 7.77% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

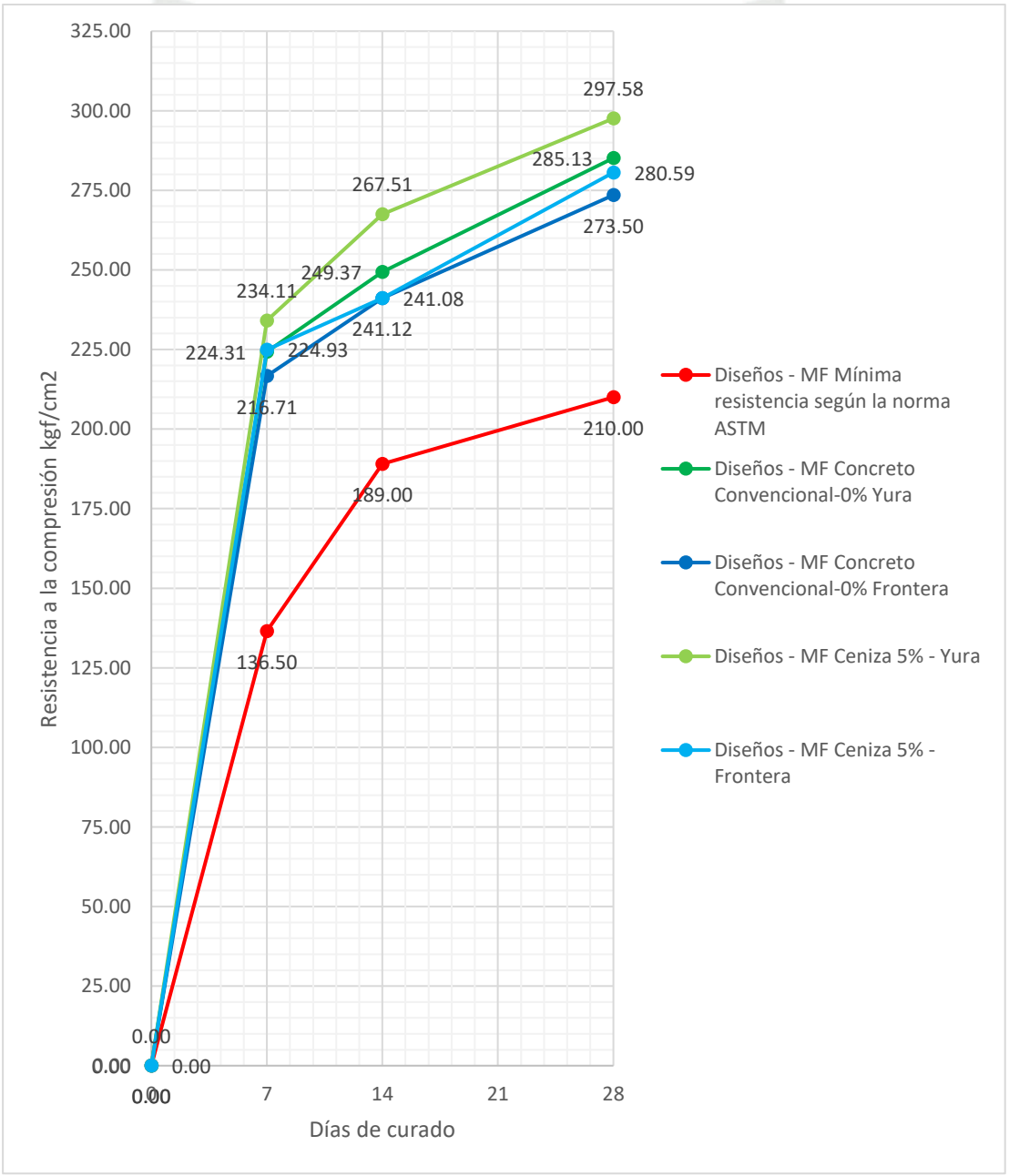
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.3.6. Resistencia a la Compresión de concretos con 5% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Gráfico 26

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 120

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 5% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

			Diseños - MF				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 5% - Yura IP	Ceniza 5% - Frontera IP
210	5%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	136.50	224.31	216.71	234.11	224.93
		14	189.00	249.37	241.12	267.51	241.08
		28	210.00	285.13	273.50	297.58	280.59

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 26 y tabla N° 120, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 5% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método Modulo de Fineza de la combinación de agregados y los cementos Yura IP y Frontera IP, se puede evidenciar que el cemento Yura IP mejora su resistencia a comparación de su concreto patrón y el diseño con cemento Frontera IP es similar a las resistencias de su concreto patrón , sin embargo las resistencias a los 7, 14 y 28 días son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM, donde finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP alcanzado a los 7 días 234.11 kgf/cm^2 a los 14 días 267.51 kgf/cm^2 y a los 28 días 297.58 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia mejora en un 4.37% y con cemento Frontera IP mejora en 2.59% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

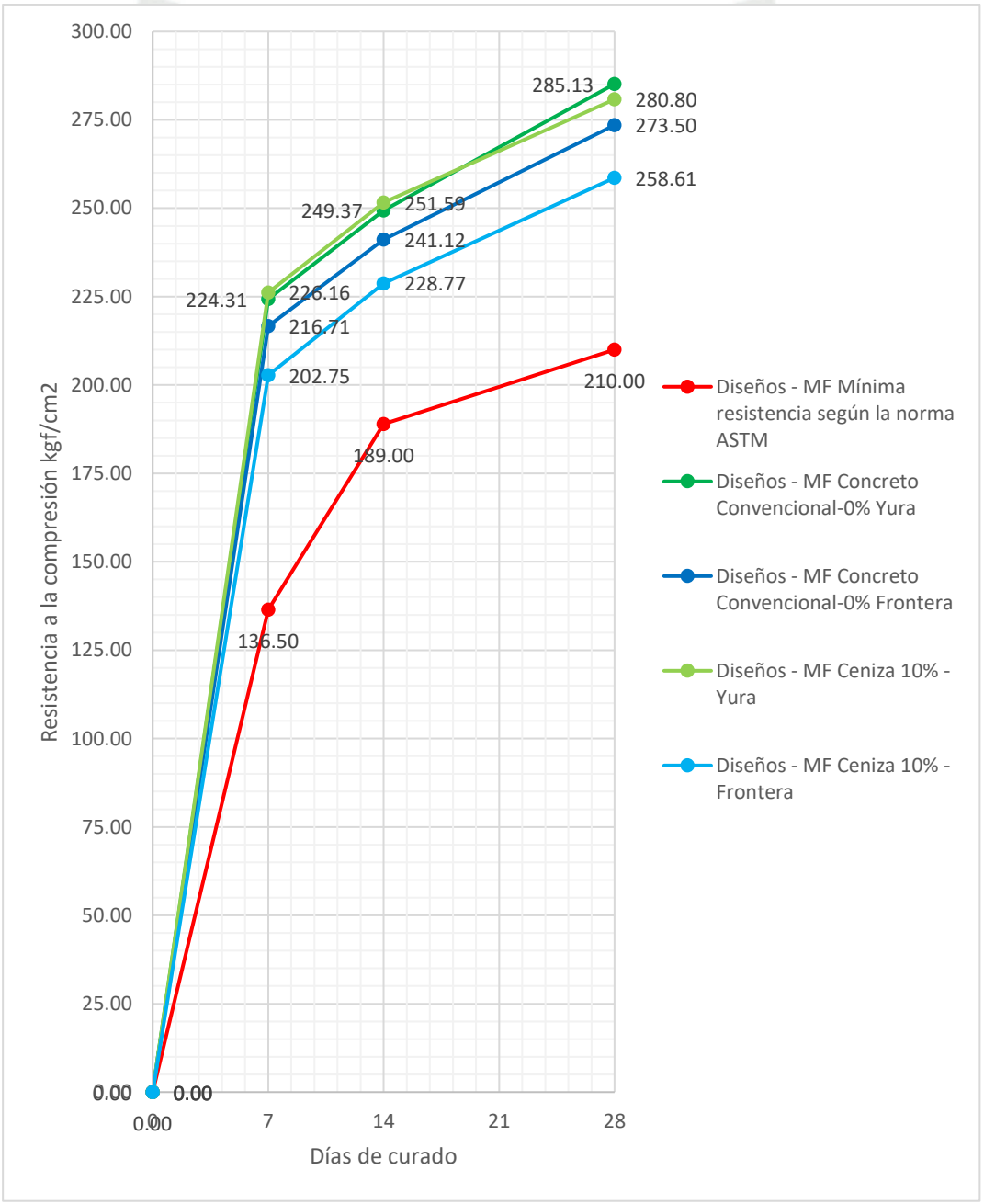
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.3.7. Resistencia a la Compresión de concretos con 10% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Gráfico 27

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 121

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 10% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

			Diseños - MF				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 10% - Yura IP	Ceniza 10% - Frontera IP
210	10%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	136.50	224.31	216.71	226.16	202.75
		14	189.00	249.37	241.12	251.59	228.77
		28	210.00	285.13	273.50	280.80	258.61

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 27 y tabla N° 121, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 10% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que utilizando la marca de cemento Yura IP las resistencias a los 7, 14 y 28 días son levemente inferiores a las resistencias resultantes del concreto patrón, sin embargo al utilizar la marca de cemento Frontera IP las son considerablemente inferior al concreto patrón, además las resistencias a los 7, 14 y 28 días de ambas marcas son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM donde finalmente el diseño con mayores resistencia es cemento Yura IP (sin contar el concreto convencional) alcanzado a los 7 días 226.16 kgf/cm^2 a los 14 días 251.59 kgf/cm^2 y a los 28 días 280.80 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia disminuye en un 1.54% y con cemento Frontera IP disminuye en 5.44% respecto a su concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

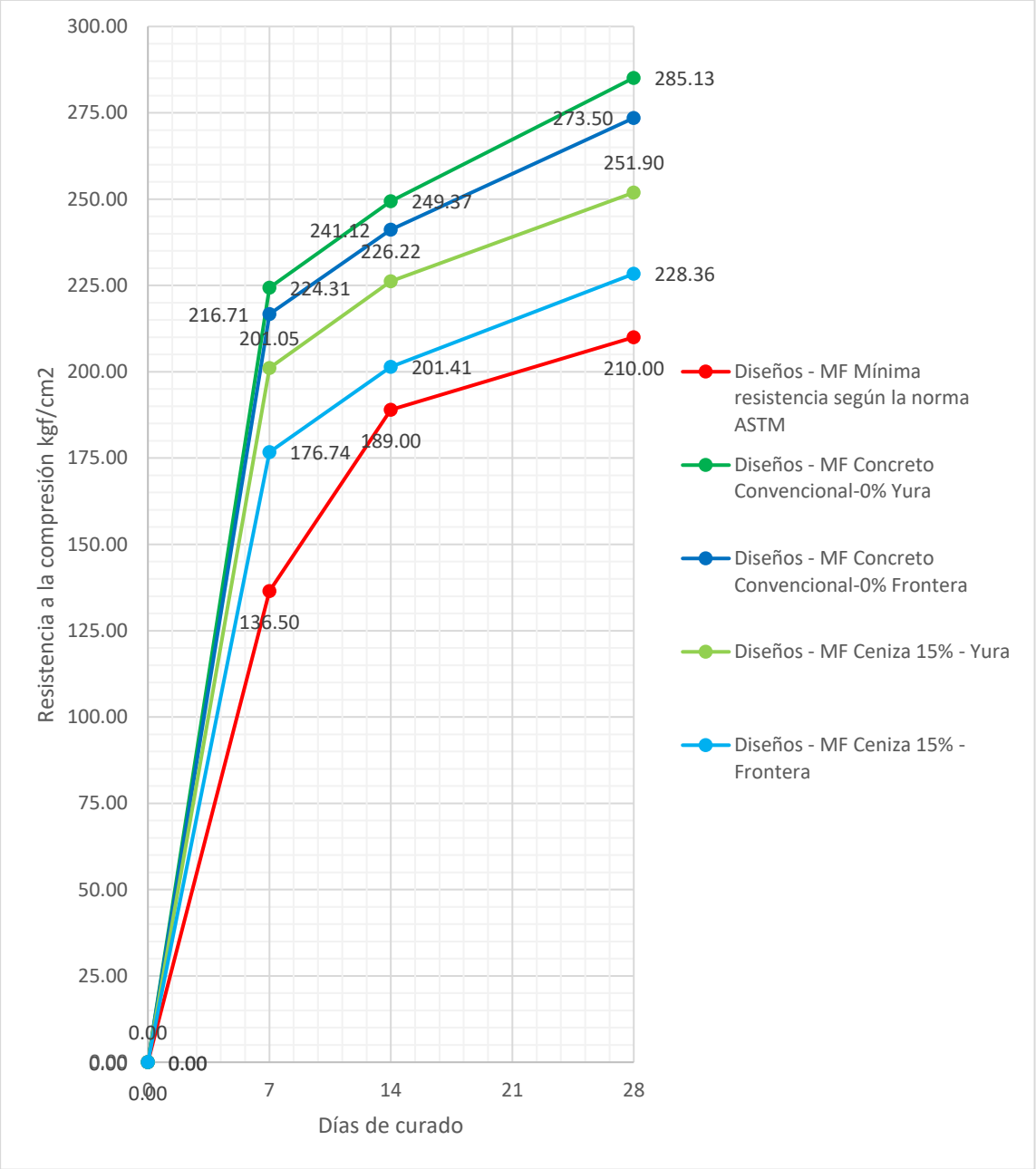
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4.3.8. Resistencia a la Compresión de concretos con 15% de ceniza de biomasa para diseños por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Gráfico 28

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 122

Comparación entre concretos de f'c = 210 kgf/cm2 utilizando 15% de ceniza de biomasa para 7, 14 y 28 días con el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

			Diseños - MF				
Resistencia	Porcentaje de reemplazo	Días de curado	Mínima resistencia según la norma ASTM	Concreto Convencional-0% Yura IP	Concreto Convencional-0% Frontera IP	Ceniza 15% - Yura IP	Ceniza 15% - Frontera IP
210	15%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	136.50	224.31	216.71	201.05	176.74
		14	189.00	249.37	241.12	226.22	201.41
		28	210.00	285.13	273.50	251.90	228.36

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 24 y tabla N° 118, se puede observar que las resistencias obtenidas con el 15% de sustitución de cemento por ceniza de biomasa, con el método ACI 211 y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que los cementos Yura IP y Frontera IP las resistencias a los 7, 14 y 28 días son menores a comparación de sus respectivas resistencias de concretos patrones, sin embargo son superiores a la resistencia mínimos según norma ASTM, donde finalmente el diseño con mejor resistencia comprando ambas marcas de cemento es Yura IP alcanzado a los 7 días 201.05 kgf/cm^2 a los 14 días 226.22 kgf/cm^2 y a los 28 días 251.90 kgf/cm^2.

Demostrando que con cemento Yura IP respecto al concreto patrón la resistencia disminuye en un 11.65% y con cemento Frontera IP disminuye en 16.50% respecto a su concreto patrón

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

6.1. Análisis de costos de la ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica)

Para realizar la obtención de la ceniza de biomasa (Opuntia Ficus- Indica), se utilizó 120 kg aproximadamente de materia prima las pencas de tuna seca el cual no tiene costo porque se considera un residuo, sin embargo se consideró como costo de obtención el pago de 1/2 jornal (4 horas) para 1 trabajador de campo por el concepto, de recolección, apilado, incineración y empaquetado de ceniza, el cual 1 jornal de 8 horas para 1 trabajador de campo es s/.30.00 por los 55 kg obteniendo finalmente s/.0.25/kg.

No se considera el transporte desde el distrito de Sitajara hacia el Laboratorio de Suelos y Concretos de la UCSM porque se propone su uso para edificaciones en el mismo distrito de Sitajara y distritos aledaños.

6.1.1. Resistencia a la compresión de f'c = 175 kgf/cm2 por el Método ACI 211

Concreto Convencional f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211

Tabla 123

Concreto Convencional f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	336.07	bls	7.91	S/25.50	S/201.64
Ceniza	kg/m3	0.00	kg	0.00	S/0.25	S/0.00
Agua	l/m3	218.24	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	679.26	m3	0.45	S/40.00	S/18.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
Costo por m3						**S/258.53**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 124

Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	329.35	bls	7.75	S/25.50	S/197.61
Ceniza	kg/m3	6.72	kg	6.72	S/0.25	S/1.68
Agua	l/m3	218.24	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	679.26	m3	0.45	S/40.00	S/18.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
		Costo por m3				**S/256.18**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 125

Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material		Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	319.27	bls	7.51	S/25.50	S/191.56
Ceniza	kg/m3	16.80	kg	16.80	S/0.25	S/4.20
Agua	l/m3	218.24	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	679.26	m3	0.45	S/40.00	S/18.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
		Costo por m3				**S/252.65**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 126

Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	302.46	bls	7.12	S/25.50	S/181.48
Ceniza	kg/m3	33.61	kg	33.61	S/0.25	S/8.40
Agua	l/m3	218.24	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	679.26	m3	0.45	S/40.00	S/18.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	1.78	gal	0.46	S/40.00	S/18.25
		Costo por m3				**S/265.02**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 127

Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	285.66	bls	6.72	S/25.50	S/171.40
Ceniza	kg/m3	50.41	kg	50.41	S/0.25	S/12.60
Agua	l/m3	218.24	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	679.26	m3	0.45	S/40.00	S/18.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	1.68	gal	0.43	S/40.00	S/17.23
			Costo por m3			**S/258.12**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 128

Concreto Convencional f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	336.07	bls	7.91	S/25.00	S/197.69
Ceniza	kg/m3	0.00	kg	0.00	S/0.25	S/0.00
Agua	l/m3	218.19	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	669.23	m3	0.45	S/40.00	S/17.85
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/254.31**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 129

Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	329.35	bls	7.75	S/25.00	S/193.73
Ceniza	kg/m3	6.72	kg	6.72	S/0.25	S/1.68
Agua	l/m3	218.19	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	669.23	m3	0.45	S/40.00	S/17.85
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/252.04**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 130

Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	319.27	bls	7.51	S/25.00	S/187.80
Ceniza	kg/m3	16.80	kg	16.80	S/0.25	S/4.20
Agua	l/m3	218.19	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	669.23	m3	0.45	S/40.00	S/17.85
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/248.63**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 131

Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	302.46	bls	7.12	S/25.00	S/177.92
Ceniza	kg/m3	33.61	kg	33.61	S/0.25	S/8.40
Agua	l/m3	218.19	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	669.23	m3	0.45	S/40.00	S/17.85
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	1.78	gal	0.46	S/40.00	S/18.25
			Costo por m3			**S/261.19**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 132

Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	285.66	bls	6.72	S/25.00	S/168.04
Ceniza	kg/m3	50.41	kg	50.41	S/0.25	S/12.60
Agua	l/m3	218.19	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	669.23	m3	0.45	S/40.00	S/17.85
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	1.68	gal	0.43	S/40.00	S/17.23
			Costo por m3			**S/254.49**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.1.2. Resistencia a la compresión de f'c = 175 kgf/cm2 por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla 133

Concreto Convencional f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	337.50	bls	7.94	S/25.50	S/202.50
Ceniza	kg/m3	0.00	kg	0.00	S/0.25	S/0.00
Agua	l/m3	218.56	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	652.74	m3	0.44	S/40.00	S/17.41
Ag. Grueso	kg/m3	836.79	m3	0.56	S/70.00	S/39.05
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/259.40**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 134

Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	330.75	bls	7.78	S/25.50	S/198.45
Ceniza	kg/m3	6.75	kg	6.75	S/0.25	S/1.69
Agua	l/m3	218.56	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	652.74	m3	0.44	S/40.00	S/17.41
Ag. Grueso	kg/m3	836.79	m3	0.56	S/70.00	S/39.05
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/257.04**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 135

Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	320.63	bls	7.54	S/25.50	S/192.38
Ceniza	kg/m3	16.88	kg	16.88	S/0.25	S/4.22
Agua	l/m3	218.56	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	652.74	m3	0.44	S/40.00	S/17.41
Ag. Grueso	kg/m3	836.79	m3	0.56	S/70.00	S/39.05
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/253.49**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 136

Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	303.75	bls	7.15	S/25.50	S/182.25
Ceniza	kg/m3	33.75	kg	33.75	S/0.25	S/8.44
Agua	l/m3	218.56	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	652.74	m3	0.44	S/40.00	S/17.41
Ag. Grueso	kg/m3	836.79	m3	0.56	S/70.00	S/39.05
Aditivo	l/m3	1.79	gal	0.46	S/40.00	S/18.33
			Costo por m3			**S/265.91**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 137

Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	286.88	bls	6.75	S/25.50	S/172.13
Ceniza	kg/m3	50.63	kg	50.63	S/0.25	S/12.66
Agua	l/m3	218.56	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	652.74	m3	0.44	S/40.00	S/17.41
Ag. Grueso	kg/m3	836.79	m3	0.56	S/70.00	S/39.05
Aditivo	l/m3	1.69	gal	0.43	S/40.00	S/17.31
			Costo por m3			**S/258.99**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 138

Concreto Convencional f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	337.50	bls	7.94	S/25.00	S/198.53
Ceniza	kg/m3	0.00	kg	0.00	S/0.25	S/0.00
Agua	l/m3	218.46	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	647.78	m3	0.43	S/40.00	S/17.27
Ag. Grueso	kg/m3	830.43	m3	0.55	S/70.00	S/38.75
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/255.00**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 139

Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	330.75	bls	7.78	S/25.00	S/194.56
Ceniza	kg/m3	6.75	kg	6.75	S/0.25	S/1.69
Agua	l/m3	218.46	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	647.78	m3	0.43	S/40.00	S/17.27
Ag. Grueso	kg/m3	830.43	m3	0.55	S/70.00	S/38.75
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/252.72**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 140

Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	320.63	bls	7.54	S/25.00	S/188.60
Ceniza	kg/m3	16.88	kg	16.88	S/0.25	S/4.22
Agua	l/m3	218.46	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	647.78	m3	0.43	S/40.00	S/17.27
Ag. Grueso	kg/m3	830.43	m3	0.55	S/70.00	S/38.75
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/249.29**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 141

Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	303.75	bls	7.15	S/25.00	S/178.68
Ceniza	kg/m3	33.75	kg	33.75	S/0.25	S/8.44
Agua	l/m3	218.46	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	647.78	m3	0.43	S/40.00	S/17.27
Ag. Grueso	kg/m3	830.43	m3	0.55	S/70.00	S/38.75
Aditivo	l/m3	1.79	gal	0.46	S/40.00	S/18.33
			Costo por m3			**S/261.91**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 142

Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=175 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	286.88	bls	6.75	S/25.00	S/168.75
Ceniza	kg/m3	50.63	kg	50.63	S/0.25	S/12.66
Agua	l/m3	218.46	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	647.78	m3	0.43	S/40.00	S/17.27
Ag. Grueso	kg/m3	830.43	m3	0.55	S/70.00	S/38.75
Aditivo	l/m3	1.69	gal	0.43	S/40.00	S/17.31
			Costo por m3			**S/255.18**

Fuente: Elaboración Propia

6.1.3. Resistencia a la compresión de 210 kgf/cm2 por el Método ACI 211

Tabla 143

Concreto Convencional f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	367.12	bls	8.64	S/25.50	S/220.27
Ceniza	kg/m3	0.00	kg	0.00	S/0.25	S/0.00
Agua	l/m3	218.09	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	651.69	m3	0.43	S/40.00	S/17.38
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/276.43**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 144

Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	359.78	bls	8.47	S/25.50	S/215.87
Ceniza	kg/m3	7.34	kg	7.34	S/0.25	S/1.84
Agua	l/m3	218.09	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	651.69	m3	0.43	S/40.00	S/17.38
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/273.86**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 145

Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	348.76	bls	8.21	S/25.50	S/209.26
Ceniza	kg/m3	18.36	kg	18.36	S/0.25	S/4.59
Agua	l/m3	218.09	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	651.69	m3	0.43	S/40.00	S/17.38
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	2.05	gal	0.53	S/40.00	S/21.04
			Costo por m3			**S/291.04**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 146

Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	330.41	bls	7.77	S/25.50	S/198.24
Ceniza	kg/m3	36.71	kg	36.71	S/0.25	S/9.18
Agua	l/m3	218.09	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	651.69	m3	0.43	S/40.00	S/17.38
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	1.94	gal	0.50	S/40.00	S/19.93
			Costo por m3			**S/283.51**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 147

Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	312.05	bls	7.34	S/25.50	S/187.23
Ceniza	kg/m3	55.07	kg	55.07	S/0.25	S/13.77
Agua	l/m3	218.09	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	651.69	m3	0.43	S/40.00	S/17.38
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	3.67	gal	0.94	S/40.00	S/37.65
			Costo por m3			**S/294.81**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 148
Concreto Convencional f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	367.12	bls	8.64	S/25.00	S/215.95
Ceniza	kg/m3	0.00	kg	0.00	S/0.25	S/0.00
Agua	l/m3	218.04	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	641.67	m3	0.43	S/40.00	S/17.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/271.84**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 149
Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	359.78	bls	8.47	S/25.00	S/211.63
Ceniza	kg/m3	7.34	kg	7.34	S/0.25	S/1.84
Agua	l/m3	218.04	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	641.67	m3	0.43	S/40.00	S/17.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/269.36**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 150
Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	348.76	bls	8.21	S/25.00	S/205.16
Ceniza	kg/m3	18.36	kg	18.36	S/0.25	S/4.59
Agua	l/m3	218.04	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	641.67	m3	0.43	S/40.00	S/17.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	2.05	gal	0.53	S/40.00	S/21.04
			Costo por m3			**S/286.67**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 151

Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	330.41	bls	7.77	S/25.00	S/194.36
Ceniza	kg/m3	36.71	kg	36.71	S/0.25	S/9.18
Agua	l/m3	218.04	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	641.67	m3	0.43	S/40.00	S/17.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	3.89	gal	1.00	S/40.00	S/39.87
			Costo por m3			**S/299.29**

Fuente: Elaboración Propia

Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211

Tabla 152

Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método ACI 211 – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	312.05	bls	7.34	S/25.00	S/183.56
Ceniza	kg/m3	55.07	kg	55.07	S/0.25	S/13.77
Agua	l/m3	218.04	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	641.67	m3	0.43	S/40.00	S/17.11
Ag. Grueso	kg/m3	821.47	m3	0.55	S/70.00	S/38.34
Aditivo	l/m3	3.67	gal	0.94	S/40.00	S/37.65
			Costo por m3			**S/290.87**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.1.4. Resistencia a la compresión de 210 kgf/cm2 por el Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Tabla 153

Concreto Convencional f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	367.12	bls	8.64	S/25.50	S/220.27
Ceniza	kg/m3	0.00	kg	0.00	S/0.25	S/0.00
Agua	l/m3	219.08	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	606.96	m3	0.40	S/40.00	S/16.19
Ag. Grueso	kg/m3	857.65	m3	0.57	S/70.00	S/40.02
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/276.92**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 154

Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	359.78	bls	8.47	S/25.50	S/215.87
Ceniza	kg/m3	7.34	kg	7.34	S/0.25	S/1.84
Agua	l/m3	219.08	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	606.96	m3	0.40	S/40.00	S/16.19
Ag. Grueso	kg/m3	857.65	m3	0.57	S/70.00	S/40.02
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/274.35**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 155

Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	348.76	bls	8.21	S/25.50	S/209.26
Ceniza	kg/m3	18.36	kg	18.36	S/0.25	S/4.59
Agua	l/m3	219.08	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	606.96	m3	0.40	S/40.00	S/16.19
Ag. Grueso	kg/m3	857.65	m3	0.57	S/70.00	S/40.02
Aditivo	l/m3	2.05	gal	0.53	S/40.00	S/21.04
			Costo por m3			**S/291.54**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 156

Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	330.41	bls	7.77	S/25.50	S/198.24
Ceniza	kg/m3	36.71	kg	36.71	S/0.25	S/9.18
Agua	l/m3	219.08	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	606.96	m3	0.40	S/40.00	S/16.19
Ag. Grueso	kg/m3	857.65	m3	0.57	S/70.00	S/40.02
Aditivo	l/m3	1.94	gal	0.50	S/40.00	S/19.93
			Costo por m3			**S/284.01**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 157

Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Yura IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	312.05	bls	7.34	S/25.50	S/187.23
Ceniza	kg/m3	55.07	kg	55.07	S/0.25	S/13.77
Agua	l/m3	219.08	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	606.96	m3	0.40	S/40.00	S/16.19
Ag. Grueso	kg/m3	857.65	m3	0.57	S/70.00	S/40.02
Aditivo	l/m3	3.67	gal	0.94	S/40.00	S/37.65
			Costo por m3			**S/295.30**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 158

Concreto Convencional f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	367.12	bls	8.64	S/25.00	S/215.95
Ceniza	kg/m3	0.00	kg	0.00	S/0.25	S/0.00
Agua	l/m3	218.99	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	603.20	m3	0.40	S/40.00	S/16.09
Ag. Grueso	kg/m3	852.34	m3	0.57	S/70.00	S/39.78
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/272.26**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 159

Concreto con 2% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	359.78	bls	8.47	S/25.00	S/211.63
Ceniza	kg/m3	7.34	kg	7.34	S/0.25	S/1.84
Agua	l/m3	218.99	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	603.20	m3	0.40	S/40.00	S/16.09
Ag. Grueso	kg/m3	852.34	m3	0.57	S/70.00	S/39.78
Aditivo	l/m3	0.00	gal	0.00	S/40.00	S/0.00
			Costo por m3			**S/269.77**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 160

Concreto con 5% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	348.76	bls	8.21	S/25.00	S/205.16
Ceniza	kg/m3	18.36	kg	18.36	S/0.25	S/4.59
Agua	l/m3	218.99	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	603.20	m3	0.40	S/40.00	S/16.09
Ag. Grueso	kg/m3	852.34	m3	0.57	S/70.00	S/39.78
Aditivo	l/m3	2.05	gal	0.53	S/40.00	S/21.04
			Costo por m3			**S/287.09**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 161

Concreto con 10% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	330.41	bls	7.77	S/25.00	S/194.36
Ceniza	kg/m3	36.71	kg	36.71	S/0.25	S/9.18
Agua	l/m3	218.99	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	603.20	m3	0.40	S/40.00	S/16.09
Ag. Grueso	kg/m3	852.34	m3	0.57	S/70.00	S/39.78
Aditivo	l/m3	3.89	gal	1.00	S/40.00	S/39.87
			Costo por m3			**S/299.71**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 162

Concreto con 15% de ceniza de biomasa para f'c=210 kgf/cm2 – Método Módulo de Fineza – Marca Frontera IP

Material	Unidad	Cantidad	Unidad eq.	Cantidad eq	CU mat equ	Precio Parcial
Cemento	kg/m3	312.05	bls	7.34	S/25.00	S/183.56
Ceniza	kg/m3	55.07	kg	55.07	S/0.25	S/13.77
Agua	l/m3	218.99	m3	0.22	S/2.02	S/0.44
Ag. Fino	kg/m3	603.20	m3	0.40	S/40.00	S/16.09
Ag. Grueso	kg/m3	852.34	m3	0.57	S/70.00	S/39.78
Aditivo	l/m3	3.67	gal	0.94	S/40.00	S/37.65
		Costo por m3				**S/291.28**

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.2. Comparación de costos de los diferentes diseños para las Resistencias f'c = 175 kgf/cm2, f'c = 210 kgf/cm2, marcas de cemento IP (Yura IP y Frontera IP) y por los Métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

Se mostrarán dos gráficas las cuales comparan la variación de costos por $1m^3$ del diseño patrón de cada resistencia y marca de cemento con los diseños que tienen diferentes porcentajes de sustitución de cemento por la ceniza de biomasa.

6.2.1. Comparación de costos para resistencia f'c=175 kgf/cm^2

Tabla 163 Comparación de costos para resistencia f'c=175 kgf/cm2

Tabla 163
Comparación de costos para resistencia f'c=175kgf/cm2

COSTO (s/.)				
f'c (kgf/cm2)	Marca de Cemento	sustitución de ceniza (%)	Diseño ACI	Diseño MF
175	Yura IP	0%	S/258.53	S/259.40
		2%	S/256.18	S/257.04
		5%	S/252.65	S/253.49
		10%	S/265.02	S/265.91
		15%	S/258.12	S/258.99
	Frontera IP	0%	S/254.31	S/255.00
		2%	S/252.04	S/252.72
		5%	S/248.63	S/249.29
		10%	S/261.19	S/261.91
		15%	S/254.49	S/255.18

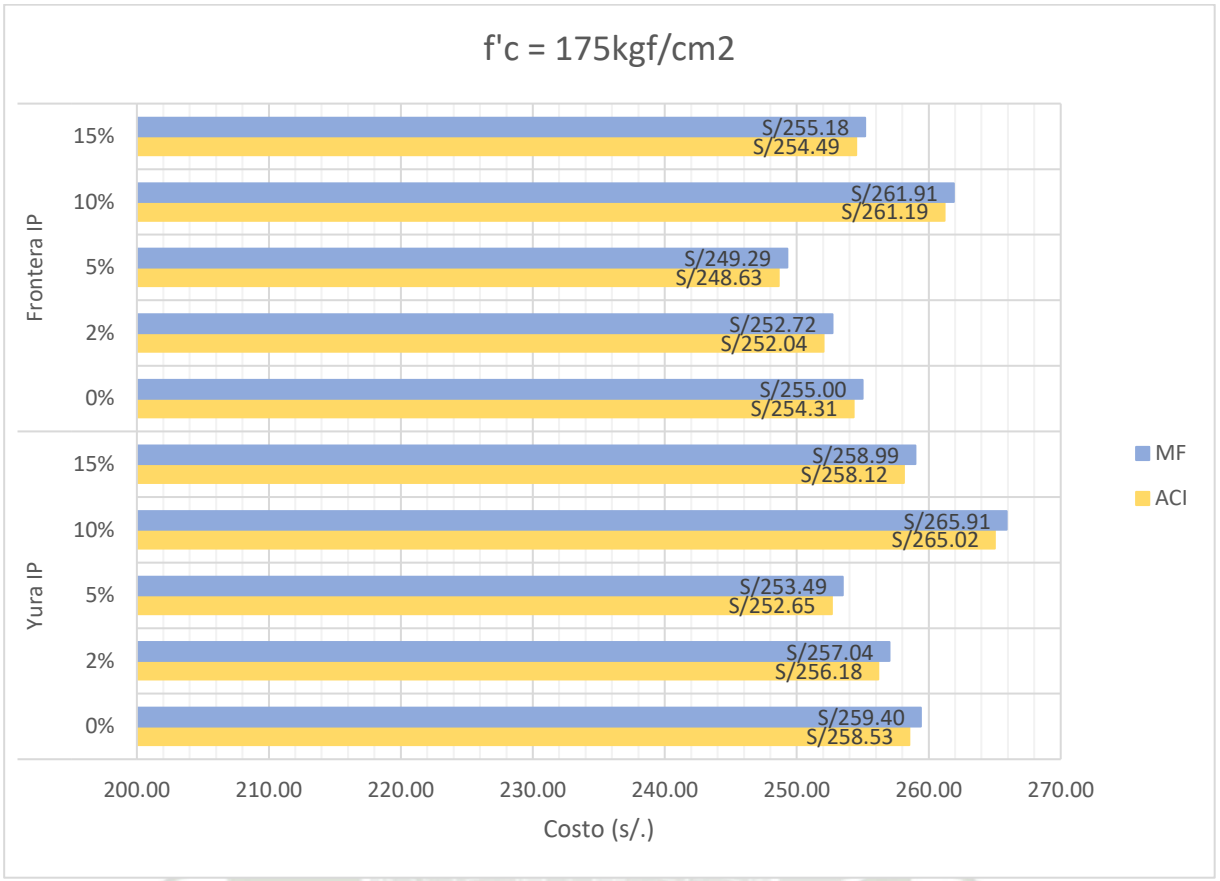
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico 29
Comparación de costos para resistencia f'c=175kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 29 y tabla N° 163 se puede el costo de 1m^3 de concreto patrón y los diferentes porcentajes de sustitución, con el método ACI 211, Modulo de Fineza y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que con respecto al costo del concreto convencional (0% de sustitución), utilizando el 2% de sustitución, disminuye el costo en un 0.91% para ambas marcas de cemento y ambos diseños de mezcla, en el caso del 5% de sustitución disminuye el costo en 2.27%, en el 10% aumenta el costo en 2,51% por el uso del plastificante y finalmente en el porcentaje del 15% disminuye en un 0.16% tomando él cuenta el porcentaje de reemplazo así como el uso del plastificante sigue siendo el costo menor que el concreto convencional.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Infiriendo que para esta resistencia las marcas de cemento y los diseños de mezcla tendrían poca intervención en la comparación de costos por porcentaje de sustitución.

6.2.2. Comparación de costos para resistencia f'c=210 kgf/cm^2

Tabla 164
Comparación de costos para resistencia f'c=210 kgf/cm2

COSTO (s/.)				
f'c (kgf/cm2)	Marca de Cemento	sustitución de ceniza (%)	Diseño ACI	Diseño MF
210	Yura IP	0%	S/276.43	S/276.92
		2%	S/273.86	S/274.35
		5%	S/291.04	S/291.54
		10%	S/283.51	S/284.01
		15%	S/294.81	S/295.30
	Frontera IP	0%	S/271.84	S/272.26
		2%	S/269.36	S/269.77
		5%	S/286.67	S/287.09
		10%	S/299.29	S/299.71
		15%	S/290.87	S/291.28

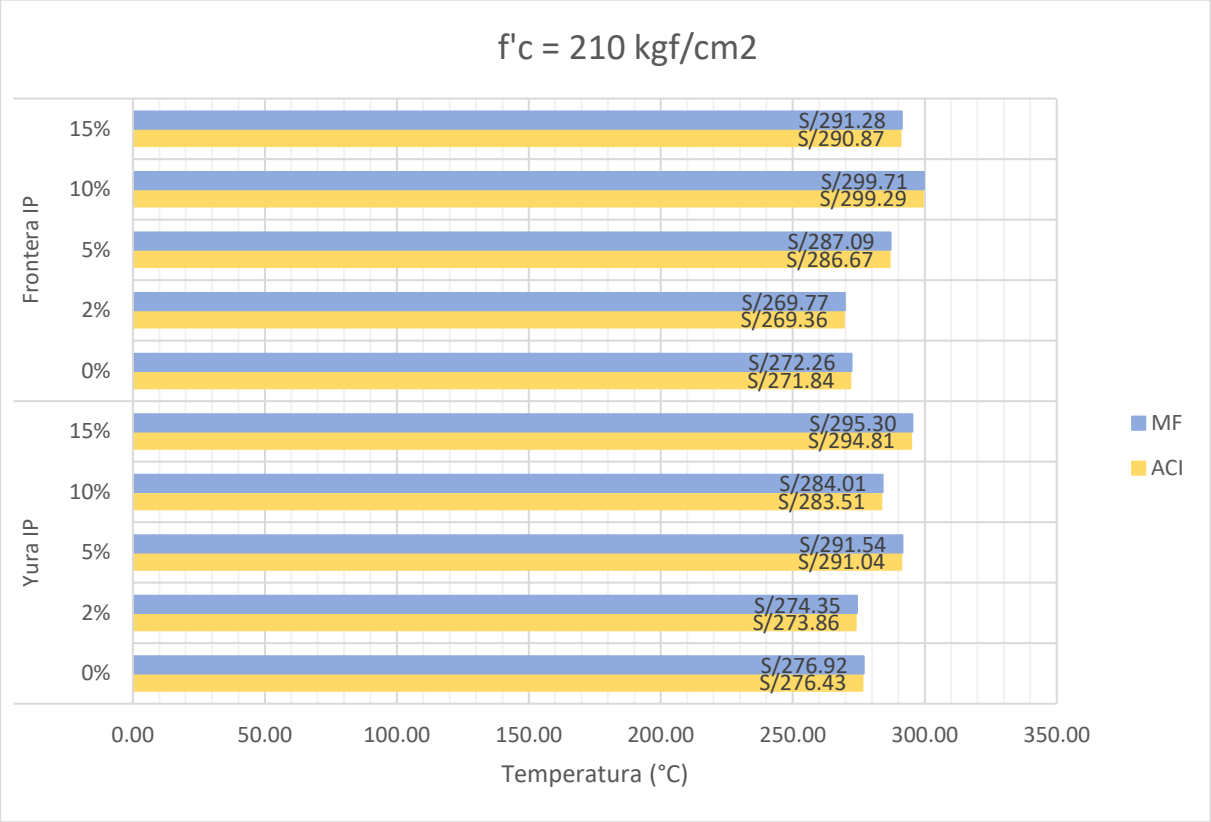
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico 30
Comparación de costos para resistencia f'c=175kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica N° 30 y tabla N° 164 se puede el costo de $1m^3$ de concreto patrón y los diferentes porcentajes de sustitución, con el método ACI 211, Modulo de Fineza y los cementos Yura IP y Frontera IP, se evidencia que con respecto al costo del concreto convencional (0% de sustitutico), utilizando el 2% de sustitución, disminuye el costo en un 0.93% para ambas marcas de cemento y ambos diseños de mezcla, en el caso del 5% de sustitución aumenta el costo en 5.28% debido al uso de plastificante, en el 10% aumenta el costo en 10.08% para los diseños con cemento Frontera IP por el uso del superplastificante y aumenta en un 2.56% para diseños con el cemento Yura IP por el uso del plastificante y finalmente en el porcentaje del 15% aumenta en un 6.65% tomando él cuenta el porcentaje de reemplazo así como el uso del plastificante sigue siendo el costo menor que el concreto convencional

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

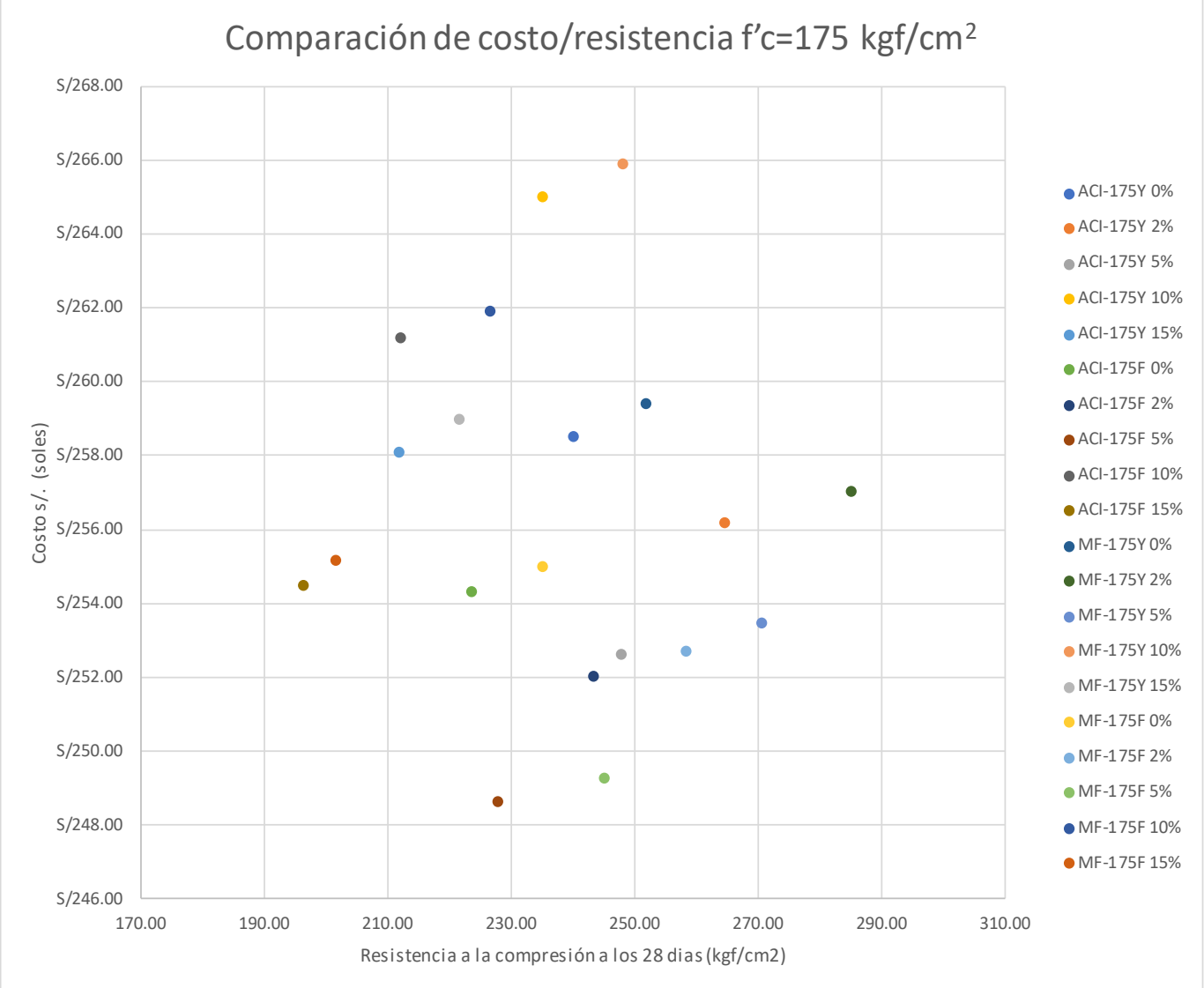
Infiriendo que para esta resistencia las marcas de cemento influirían en la comparación de costos por porcentaje de sustitución.

6.3. Comparación de costos/resistencia de los diferentes diseños para las Resistencias f'c = 175 kgf/cm2, f'c = 210 kgf/cm2, marcas de cemento IP (Yura IP y Frontera IP) y por los Métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

6.3.1. Comparación de costo/resistencia f'c=175 kgf/cm^2

Gráfico 29

Costo/Resistencia para diseños f´c = 175 kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En la siguiente grafica se observa que para la resistencia de f'c = 175 kgf/cm^2 en este caso la mayor resistencia es de f'c = 284.89 kgf/cm2 a s/. 257.04 m3; siendo el diseño con el método Modulo de fineza, cemento Yura IP y porcentaje de sustitución de 2% (MF-175Y 2%); además el diseño de menor resistencia es de f'c = 196.13 kgf/cm2 a s/. 254.49 el m3; siendo el diseño con el método ACI 211, cemento Frontera IP y porcentaje de sustitución de 15% (ACI-175F 15%), luego el diseño más costoso es de f'c=247.96 kgf/cm2 a s/. 265.91 el m3 siendo el diseño Modulo de Fineza, cemento Yura IP y porcentaje de sustitución 10% (MF-175Y 10%). siendo finalmente el diseño optimo es con el método de diseño Modulo de Fineza, cemento Yura al 5% de sustitución ya que mejora la resistencia en 7.74% (f'c=270.57kgf/cm2) y disminuye el costo en 2.28% (s/.253.49).

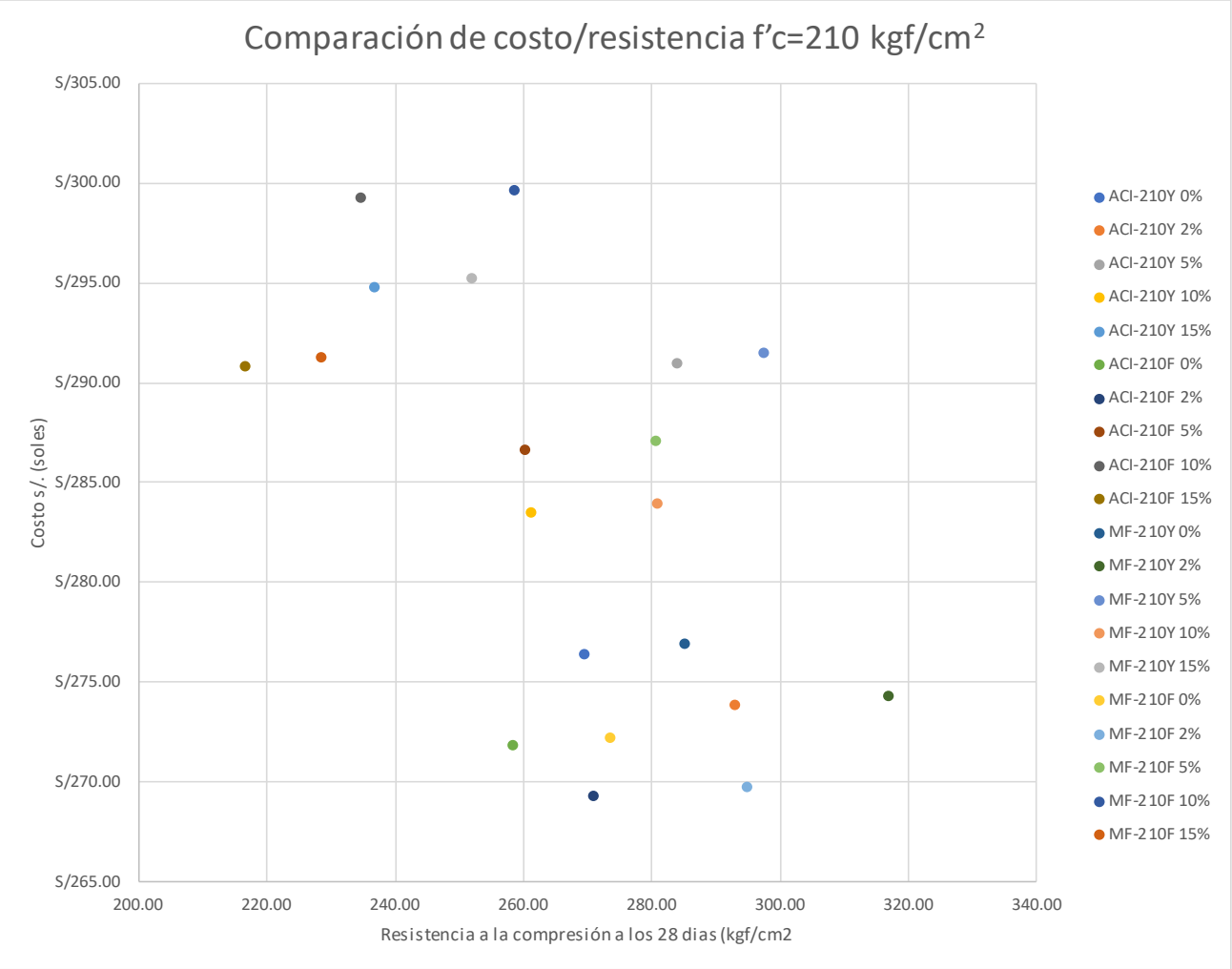
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.3.2. Comparación de costo/resistencia f'c=210 kgf/cm^2

Gráfico 30
Costo/Resistencia para diseños f´c = 210 kgf/cm2



Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente grafica se observa que para las resistencias de f'c = 210 kgf/cm^2 en este caso la mayor resistencia es de f'c = 316.87 kgf/cm2 a s/. 274.35 m3; siendo el diseño con el método Modulo de fineza, cemento Yura IP y porcentaje de sustitución de 2% (MF-210Y 2%); además el diseño de menor resistencia es de f'c = 216.67 kgf/cm2 a s/. 290.87 el m3; siendo el diseño con el método ACI 211, cemento Frontera IP y porcentaje de sustitución de 15% (ACI-210F 15%).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Luego el diseño más costoso es de f'c = 258.61 kgf/cm2 a s/. 299.71 el m3 siendo el diseño Modulo de Fineza, cemento Frontera IP y porcentaje de sustitución 10% (MF-175F 10%). siendo finalmente el diseño optimo es con el método de diseño Modulo de Fineza, cemento Yura al 2% de sustitución ya que mejora la resistencia en 11.13% (f'c=316.87 kgf/cm2) y disminuye el costo en 0.93% (s/.274.35).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

Del objetivo general

- Se evaluó el efecto en la resistencia del concreto debido a la sustitución parcial del cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) en diferentes porcentajes (2%, 5%, 10% y 15%) para diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2, donde se pudo observar que la ceniza de biomasa (Opuntia ficus.indica) si mejora la resistencia a la compresión en 2% y 5%, en 10% la resistencia es similar al concreto patrón y al 15% disminuye la resistencia.

Propiedades físicas y mecánicas del agregado fino y grueso

- Para el agregado grueso proveniente de la Cantera Municipal de Sitajara, se observó su TMN de ¾" de HUSO 67 (NTP 400.037), además que en el análisis granulométrico se encuentra dentro de los límites, por otro lado, su módulo de fineza es de 6.46, el % de absorción de 1.53% (NTP 400.021) y contenido de humedad de 0.35% (NTP 339.185), indicando que cumplen con la normativa NTP correspondiente de cada ensayo.
- Para el agregado fino proveniente de la Cantera Municipal de Sitajara, se observó en el análisis granulométrico se encuentra dentro de los límites, por otro lado, su módulo de fineza es de 3.00, el % de absorción de 2.58% (NTP 400.022) y contenido de humedad de 2.05% (NTP 339.185), indicando que cumplen con la normativa NTP correspondiente de cada ensayo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Propiedades físicas y químicas de la ceniza de biomasa

- Se evaluó las propiedades físicas y químicas de la ceniza de biomasa (Opuntia Ficus. Indica) en el cual se observa el contenido de Oxido de Calcio (CaO) 9.88%, Oxido de magnesio 11.36%, Oxido de Aluminio (Al2O3) 8.69% y Dióxido de Silicio 43.95%, los cuales son componentes básicos para la fabricación de cemento puzolánico, sin embargo, estos se encuentran ligeramente por debajo del límite mínimo requerido pudiendo afectar las propiedades y el rendimiento del cemento.
- Por otro lado, en perdida de ignición (Lol) es 19,78% lo cual no se encuentra dentro del límite permitido, debiéndose principalmente a las condiciones de calcinación, ya que el tiempo y temperatura de calcinación no son controlados y la presencia de agua atrapada.
- Finalmente, el nivel Álcalis ($Na_2O + K_2O$) es de 4.75% sin embargo al realizar la combinación con los cementos Yura IP y Frontera IP hasta el 15% no excede la cantidad de álcalis, por lo cual no tendríamos un concreto reactivo.

Diseño patrón método ACI 211 y Modulo de Fineza

- Se realizó los 8 diseños de mezcla patrón utilizando los métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados para resistencias f'c = 175 kgf/cm2 y f'c = 210 kgf/cm2 y cementos Yura IP y Frontera IP, en el cual se realizaron 5 vaceado, cada una obteniendo 6 probetas normadas, por cada diseño para poder obtener el concreto patrón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Propiedades físicas del concreto en estado fresco

- Para el diseño 175 kgf/cm2, se observó que el slump se encontraba dentro del rango de diseño sin ningún aditivo el cual fue disminuyendo en los porcentajes 2% y 5%, sin embargo en los porcentajes 10% y 15% aumenta el slump debido al uso del plastificante para que pueda cumplir el rango de trabajabilidad, para el análisis de peso unitario se puede decir que a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de ceniza el concreto se hacía más pesado y finalmente en el análisis de temperatura, los diseños con Modulo de Fineza tiene temperatura más altas que con el método ACI.
- Para el diseño 210 kgf/cm2, se observó que el slump se encontraba dentro del rango de diseño sin ningún aditivo el cual fue disminuyendo en el porcentaje 2%, sin embargo en los porcentajes 5%, 10% y 15% aumenta el slump debido al uso del plastificante y superplastificante para que pueda cumplir el rango de trabajabilidad, para el análisis de peso unitario se puede decir que a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de ceniza el concreto se hacía más pesado especialmente con el método de diseño de Modulo de Fineza y finalmente en el análisis de temperatura, los diseños con Modulo de Fineza tiene temperatura más altas que con el método ACI.

- Donde finalmente concluyo que los valores obtenidos sufren una variación mínima, lo cual nos indicaría que las propiedades físicas en estado fresco por la sustitución del cemento no afectan de manera significativa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Resistencia a la compresión de concreto patrón

- Se evaluó la resistencia a la compresión del concreto utilizando método ACI 211 y método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado, para resistencias 175 kgf/cm2 y 210 kgf/cm2 para edades de curado de 7, 14 y 28 días, obteniéndose los siguientes resultados:
    - Para el diseño 175 kgf/cm2, se observó la resistencia a los 7, 14 y 28 días; con el método ACI 211, cemento Yura IP son 189.71 kgf/cm2, 212.06 kgf/cm2 y 239.93 kgf/cm2; cemento Frontera IP son 160.95 kgf/cm2, 194.48 kgf/cm2 y 223.56 kgf/cm2; además con método Modulo de Fineza, cemento Yura IP son 206.51 kgf/cm2, 222.94 kgf/cm2 y 251.84 kgf/cm2 y cemento Frontera IP son 187.10 kgf/cm2, 201.51 kgf/cm2 y 226.55 kgf/cm2 respectivamente.
    - Para el diseño 210 kgf/cm2, se observó la resistencia a los 7, 14 y 28 días; con el método ACI 211, cemento Yura IP son 210.11 kgf/cm2, 239.26 kgf/cm2 y 269.48 kgf/cm2; cemento Frontera IP son 187.05 kgf/cm2, 214.28 kgf/cm2 y 258.36 kgf/cm2; además con método Modulo de Fineza, cemento Yura IP son 224.31 kgf/cm2, 249.37 kgf/cm2 y 285.13 kgf/cm2 y cemento Frontera IP son 216.71 kgf/cm2, 241.12 kgf/cm2 y 273.50 kgf/cm2 respectivamente.
- Finalmente se concluye que la resistencia a los 28 días de todos los concretos patrones sobrepasa la resistencia mínima requerida de diseño debido al factor de seguridad empleado en el diseño de mezcla

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Resistencia a la compresión de concreto con sustitución 2%, 5%, 10% y 15%

- Para el diseño 175 kgf/cm2, los resultados fueron positivos en porcentajes de 2% y 5% y resultados negativos para porcentajes 10% y 15% donde se observó una variación de resistencia a los 28 días; con el método ACI 211, cemento Yura IP son: 10.22%, 3.30%, -2.10%, -11.75%; cemento Frontera IP son: 8.77%, 1.91%, -5.25%, -12.27%; además con método Modulo de Fineza, cemento Yura IP son: 13.12%, 7.44%, -1.54%, -12.08%; cemento Frontera IP son: 9.91%, 4.23%, -3.61%, -14.27% respectivamente.
- Para el diseño 210 kgf/cm2, los resultados fueron positivos en porcentajes de 2% y 5% y resultados negativos para porcentajes 10% y 15% donde se observó una variación de resistencia a los 28 días; con el método ACI 211, cemento Yura IP son: 8.71%, 5.34%, -3.08%, -12.16%; cemento Frontera IP son: 4.82%, 0.77%, -9.20%, -16.14%; además con método Modulo de Fineza, cemento Yura IP son: 11.13%, 4.37%, -1.52%, -11.65%; cemento Frontera IP son: 7.71%, 2.59%, -5.44%, -16.50% respectivamente.

- Donde se puede concluir que la ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) actúa mejor con el diseño Modulo de Fineza y con el cemento Yura IP, en los porcentajes de 2% y 5%.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Costo/Beneficio de concreto

- Para el diseño 175 kgf/cm2, se evidencia que con respecto al costo del concreto convencional (0% de sustitución), utilizando el 2% de sustitución, disminuye el costo en un 0.91% para ambas marcas de cemento y ambos diseños de mezcla, en el caso del 5% de sustitución disminuye el costo en 2.27%, en el 10% aumenta el costo en 2,51% por el uso del plastificante y finalmente en el porcentaje del 15% disminuye en un 0.16% tomando él cuenta el porcentaje de reemplazo así como el uso del plastificante sigue siendo el costo menor que el concreto convencional, infiriendo que para esta resistencia las marcas de cemento y los diseños de mezcla tendrían poca intervención en la comparación de costos por porcentaje de sustitución.
- Para el diseño 210 kgf/cm2, se evidencia que con respecto al costo del concreto convencional (0% de sustitutico), utilizando el 2% de sustitución, disminuye el costo en un 0.93% para ambas marcas de cemento y ambos diseños de mezcla, en el caso del 5% de sustitución aumenta el costo en 5.28% debido al uso de plastificante, en el 10% aumenta el costo en 10.08% para los diseños con cemento Frontera IP por el uso del superplastificante y aumenta en un 2.56% para diseños con el cemento Yura IP por el uso del plastificante y finalmente en el porcentaje del 15% aumenta en un 6.65% tomando él cuenta el porcentaje de reemplazo así como el uso del plastificante sigue siendo el costo menor que el concreto convencional, infiriendo que para esta resistencia las marcas de cemento y el uso del plastificante superplastificante influirían en la comparación de costos por porcentaje de sustitución

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

- **Se recomienda utilizar para f'c= 175 kgf/cm2 la sustitución del 5% ya que disminuye el costo en 2.28% y mejora su resistencia en 7.44%, utilizando el método de diseño la combinación de agregados cemento Yura IP**
- **Se recomienda utilizar para f'c= 210 kgf/cm2 la sustitución del 2% ya que disminuye el costo en 0.93% y mejora su resistencia en 11.33%, utilizando el método de diseño la combinación de agregados cemento Yura IP.**
- Se recomienda el uso de aditivos plastificantes a medida que incrementa el porcentaje de sustitución del cemento dado que estos concretos son más secos frente a los concretos convencionales.
- Se recomienda estandarizar el proceso de quemado de la ceniza de biomasa para obtener un quemado más uniforme de la penca de tuna, controlando tiempo de quemado y temperatura, con el objetivo de obtener un mayor porcentaje de SiO2 de ceniza y reducir el porcentaje de Lol, además de realizar la molienda de las puzolanas para equiparar su finura con la del cemento (pasante malla Nro. 50),
- Se recomienda evitar el aumento de la relación agua/cemento como solución para mejorar la trabajabilidad.
- . Se recomienda en el proceso de mezcla seguir las siguientes pautas:
    - Añadir el 100% de agregado grueso
    - Añadir el 50% de agua.
    - Añadir el 100% de agregado fino
    - Añadir el 100% de cemento y ceniza
    - Añadir el 50% del agua.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIA

Abanto Castillo, F. (2017). *Tecnología del concreto.* Lima: San Marcos.

All World Certificación. (23 de Agosto de 2023). *Aditivos para hormigon.* https://awcertificacion.com/servicios/marcado-ce/aditivos/

Amasifuen Pashanasi, R. E., & Romero Lopez, J. (2021). *Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martin – 2020.*

Aristondo, R. C. (2016). *Manual Básico del Ingeniero Residente en Edificación.* Lima: Cuarta Edicion.

ASOCEM. (23 de 12 de 2022). *La Sostenibilidad de Concreto como beneficio para la Sociedad*. http://www.asocem.org.pe/productos-b/la-sostenibilidad-de-concreto-como-beneficio-para-la-sociedad#:~:text=El%20concreto%20es%20el%20material,que%20vemos%20cotidianamente%2C%20no%20existir%C3%ADan.

Balestrini, M. (2001). *Cómo se elabora el proyecto de investigación.* Caracas.

Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *Memoria 2020.* Lima: Área de Edición BCRP.

Cardenas, V. (2013). *Planeamiento integral de la construcción de 142 viviendas unifamilares en la ciudad de Puno.* Lima.

Chandra, S. (1998). *Use of Cactus in Mortars and Concrete, Cement and Concrete Research.*

Devia Guevara, A., & Valencia Pabón, E. (2019). *2.2.1.3. Evaluación de la resistencia del concreto con reemplazo del agregado fino por ceniza de cascarilla de arroz* .

Ennomotive. (15 de marzo de 2023). *Hub para innovación en ingeniería*. Producción de cemento: Cómo reducir las emisiones de CO2: https://www.ennomotive.com/es/produccion-de-cemento/

Giraldo Bolivar, G. (2006). *Dosificacion de mezclas de hormigón.* Medellin.

Giron Calderon, J. S. (2021). *Efecto de la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto y físicas del mortero Huancayo 2021.* Huancayo.

Gomez, M. (2010). *Introducción a la metodología de la investigación científica.* Cordova.

Hoyos Barreto, A., Jimenez Correa, M., & Montes de Correa, C. (2018). Tecnologías para la reducción de emisiones de gases contaminantes en plantas cementeras. *Revista Ingenieria e Investigacion*.

Hurtado, J. (2000). *El Proyecto de Investigación. Un enfoque holístico.* Caracas.

Instituto Nacional de Estadistica e Informatica. (2022). *Nota de Prensa.* Lima.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

León Carrasco, J. C. (28 de febrero de 2023). *Agraria.pe*. https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-tuna-se-contrajo-20-78-en-2020-27122#:~:text=El%20cultivo%20de%20tuna%20en,el%2022.78%25%20del%20total).

Loayza Linares, J. B., & Lopez Rosales, B. J. (2022). *Cenizas de residuos agrícolas como reemplazo parcial de cemento para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.*

Marrufo, J. (2015). *Influencia en la resistencia del concreto al incorporar parcialmente cenizas de cascara de arroz por cemento Portland.*

Medina Martinez, J. M. (2019). *Efecto de las cenizas de biomasa en la fabricación de eco-cementos binarios: caracterización y prestaciones físico – mecánicos y durable para su uso en la ingeniería civil.* Madrid.

Mejia Zulueta, J. E. (2020). *2.2.2.1. Evaluación del concreto adicionando ceniza de tallo y espiga de cebada para reducir el porcentaje de cemento.*

Mendez, A. F. (2018). *Estudio y analisis compaativo entre el metodo apporticado y mamposteria estructural.* Bogota.

Ministerio de Vivienda, c. y. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima.

Ministerio de Vivienda, c. y. (2010). *Norma Tecnica Peruana.* Lima.

NTP 334.104. (2011). *Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones.*

NTP 339.034. (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la comprensión del concreto, en muestras cilíndricas.*

NTP 339.046. (2008). *Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).*

NTP 339.088. (2014). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland.*

NTP 339.184. (2021). *Determinación de la temperatura delconcreto de cemento hidráulico recién mezclado.*

NTP 339.185. (2002). *Método Contenido de Humedad Total Evaporable de Agregados Por Secado.*

NTP 399.035. (1999). *Método para la medición del Asentamiento del concreto con el cono de Abrams.*

NTP 400.011. (2013). *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones.*

NTP 400.012. (2018). *Granulometría de los Agregados.*

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.*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

NTP 400.018. (2002). *Método de ensayo normalizado pata determinar materiales mas finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N°200) por lavado de agregados.*

NTP 400.019. (2002). *Métodos de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.*

NTP 400.021. (2002). *Densidad y Absorción Agregado Grueso.*

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

NTP 400.037. (2014). *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.*

Pacheco Hernandez, A. V. (2021). *Influencia de la CVmx Y CBCst en algunas propiedades de concretos ternarios* .

Palacios Martinez, J. P. (2019). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de mortero con reemplazo parcial de cemento por material fino proveniente de conchas de almejas.*

Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnologia del Concreto en el Peru.* Lima: Consejo Nacional de Colegio de Ingenieros del Peru.

Perez Alama, V. (1990). *El concreto Armado en las estructuras.* Ciudad de Mexico: Trillas.

Ramos Vilca, R. S., & Yarasca Cordova, P. (2022). *Efecto de la incorporación de cenizas de ichu en la elaboración de concreto estructural en el distrito de Chaupimarca, Pasco 2021*.

Rivva Lopez, E. (2007). *Tecnología del Concreto. Diseño de mezclas.*

Salazar J., A. (2022). *Síntesis de la tecnología del concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos.* Cali: Corporación Construir.

Torres Acosta, A., & Cano Barrita, P. (2021). Las bondades del nopal. *Instituto Mexicano del Cemento y del concreto*.

U.S. Environmental Protection Agency. (30 de diciembre de 2022). *Agencia de Proteción Ambiental en Estados Unidos*. https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos

Vera Mostacero, T. Y. (2018). *Resistencia del concreto f´c=210 kg/cm2 con sustitución de cemento en 15% por ceniza de tuna o nopal.* Cajamarca.

Vivas Villarreal, K. N. (2018). *2.2.1.2. Diseño de un hormigón liviano elaborado con ceniza de madera como sustituto parcial del agregado fino* .

Vivienda, C. y. (22 de febrero de 2017). Analizan el nopal como aditivo para materiales de construcción.

ZIGURAT. (2019). *Global Institute of Technology*. Retrieved 2021 de 10 de 14, from https://www.e-zigurat.com/blog/es/metodologias-agiles-gestion-proyectos-

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

construccion/#:~:text=Entre%20las%20pr%C3%A1cticas%20%C3%A1giles%20m%C3%A1s,que%20se%20centra%20en%20la

ANEXOS

Anexo 1 Exposición de Resultados a población del distrito de Sitajara 259
Anexo 2 Agradecimiento por parte de la Subprefectura Distrital de Sitajara..... 262
Anexo 3 Ensayo químico agua laboratorio de suelos y concretos UCSM..... 263
Anexo 4 Ensayo químico agua potable distrito de Sitajara 264
Anexo 5 Análisis químico ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica) 265
Anexo 6 Matriz de Consistencia 266
Anexo 7 Ficha técnica cemento Yura IP..... 272
Anexo 8 Ficha técnica cemento Frontera IP 276
Anexo 9 Técnica - Sika® Cem Plastificante..... 278

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Anexo 1 Exposición de Resultados a población del distrito de Sitajara

Acudí al distrito de Sitajara, Provincia Tarata, Región Tacna, para exponer los resultados obtenidos en la presente tesis, contando con la presencia del Sr alcalde Distrital, Sr. Subprefecto distrital, así como la población, los cuales mostraron su agradecimiento por el conocimiento impartido.










COSTO







Anexo 2 Agradecimiento por parte de la Subprefectura Distrital de Sitajara



PERÚ | Ministerio del Interior | Dirección General De Gobierno Interior | Prefectura Regional de Tacna | Subprefectura Provincial de Tarata | Subprefectura Distrital de Sitajara

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

CONSTANCIA DE ACTIVIDADES REALIZADAS

El Subprefecto Distrital de Sitajara, de la provincia de Tarata, de la Región Tacna; deja constancia de:

La Bach. Mayerling Briyithe Colque Murguia, identificada con DNI NRO. 70748147, en condición de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa, quien se encuentra realizando su Proyecto de Tesis: "Análisis del efecto en la resistencia de concreto para diseños f´c=175 Kg/cm^2 y f´c=210 Kg/Cm^2 al sustituir parcialmente el cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica) en 2%, 5%, 10% y 15%, en la ciudad de Tacna"; ha realizado hoy una exposición de su proyecto a nuestra población del distrito de Sitajara el día 10/11/23 a las 17:00 horas.

Dicha exposición se realizó en el Auditorio Municipal realizándose los trámites requeridos para el uso de tal ambiente contándose con la aprobación del Sr Juan Aguilar Limache, alcalde del distrito de Sitajara.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para fines que estime conveniente

Sitajara, 10 de noviembre del 2023.

Atentamente,

Ministerio del Interior – SUB PREFECTO DISTRITAL – SITAJARA – Oficina Nacional de Gobierno Interior

Jhordams Spencer Valdivia Quenta
SUBPREFECTO DISTRITAL DE SITAJARA

BICENTENARIO DEL PERÚ 2021 - 2024

Dirección: Calle San Martin s/n (municipalidad distrital de Sitajara 2do piso)
Atención al cliente: 950023723 – Bitel
Mesa de Partes Virtual: sdsitajara@mininter.gob.pe

Con Punche Perú

Anexo 3 Ensayo químico agua laboratorio de suelos y concretos UCSM

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA27J23.005062A

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Mayerling Briyithe Colque Murgia
Dirección del cliente : Calle Paz Soldan 106 Flores
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Mayerling Briyithe Colque Murgia
Descripción de la muestra : Agua Laboratorio Suelos y Concretos UCSM

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 250 mL
Fecha de recepción : 27/10/2023
Fecha de ejecución de ensayo : 27/10/2023 al 02/11/2023
Fecha de emisión de informe : 09/11/2023
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACION DE SULFATOS NTP 214.023.2000, Método Turbidimétrico	mg/L	1407,31
DETERMINACION DE CLORUROS ITINTEC 214.021.1988, Método Argentométrico	mg/L	112,67

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD · UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA AREQUIPA PERU · FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

Anexo 4 Ensayo químico agua potable distrito de Sitajara

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA27J23.005062A

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Mayerling Briyithe Colque Murgia
Dirección del cliente : Calle Paz Soldan 106 Flores
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Mayerling Briyithe Colque Murgia
Descripción de la muestra : Agua potable distrito Sitajara, provincia Tarata región Tacna.

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de recepción : 27/10/2023
Fecha de ejecución de ensayo : 27/10/2023 al 02/11/2023
Fecha de emisión de informe : 09/11/2023
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACION DE SULFATOS NTP 214.023.2000, Método Turbidimétrico	mg/L	448,30
DETERMINACION DE CLORUROS ITINTEC 214.021.1988, Método Argentométrico	mg/L	32,41

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
COFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD · UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA · AREQUIPA PERU

Código: LECC-15INF-002F ED:01 Fecha de Aprobación: 2022-08-16 Aprobación por: DT

Anexo 5 Análisis químico ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica)

Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Rio Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : BC0E0E29

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-23-09872

Fecha de emisión:3/10/2023 **Página 1 de 1**

Señores: MAYERLING BRIYITHE COLQUE MURGUIA
Dirección: AREQUIPA
Atención: MAYERLING BRIYITHE COLQUE MURGUIA
Recepción: 28/9/2023
Realización: 28/9/2023
Observación El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

Métodos ensayados
*592 Método de Ensayo para Rocas Fusión alcalina

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*592								
				Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	K_2O	LOI	MgO	Mn_2O_3	Na_2O	CaO
				%	%	%	%	%	%	%	%	%
MN23018409	CENIZA DE BIOMASA (OPUNTIA FICUS-INDICA)	No proporcionado por el cliente.	Ceniza	8,69	43,95	7,06	3,52	19,78	11,36	0,09	1,23	9,88

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426. Emisor de certificado: LLAMA.PE. 3/10/2023 12:38:22

Anexo 6 Matriz de Consistencia

En la siguiente tabla se presenta la matriz de consistencia

Tabla 165 Matriz de Consistencia

Tabla 163

Matriz de Consistencia

Título: Análisis del efecto en la resistencia de concreto para diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 al sustituir parcialmente el cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) en 2%, 5%, 10% y 15%, en la ciudad de Tacna.

Problema del estudio	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología
Falta de estudios previos que hayan evaluado el efecto de sustituir parcialmente el cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) en la resistencia del concreto para los diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 en la ciudad de Tacna, en los ámbitos económicos, ambientales y tecnológicos.	Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente (X): Resistencia del concreto Dimensiones: - Carga Axial - Tiempo de curado - Área Indicadores: - Fuerza - Área	Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Experimental
	¿Cómo afecta la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) en la resistencia del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 en la ciudad de Tacna?	Analizar el efecto de la sustitución parcial del cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) en diferentes porcentajes (2%, 5%, 10% y 15%) en la resistencia del concreto para diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 en la ciudad de Tacna.	La sustitución parcial del cemento tipo IP, marca Yura IP y Frontera IP, en 2%, 5%, 10% o 15% por la ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica), afectará la resistencia a la compresión del concreto f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2.		
	Problema Específico	Objetivo Específico	Hipótesis Específicas		Población y muestra:

	· ¿En qué medida las propiedades mecánicas del agregado fino y grueso provenientes de la Cantera Municipal de Sitajara, Región Tacna, Provincia Tarata, Distrito de Sitajara afecta en la resistencia del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica)?	Determinar las propiedades mecánicas del agregado fino y grueso provenientes de la Cantera Municipal de Sitajara, Región Tacna, Provincia Tarata, Distrito de Sitajara, mediante ensayos de laboratorio normados.	Las propiedades mecánicas del agregado fino y grueso provenientes de la Cantera Municipal de Sitajara, Región Tacna, Provincia Tarata, Distrito de Sitajara afectan en la resistencia del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica)	<u>Variable dependiente (Y):</u> Sustitución de cemento IP por ceniza de biomasa <u>Dimensiones:</u> - Cantidad de ceniza de biomasa <u>Indicadores:</u> - Porcentajes: 2%, 5%, 10% y 15% - Promedios	-

· ¿En qué medida las propiedades físicas de la ceniza de biomasa afectan en la resistencia del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica)?	Evaluar las propiedades físicas de la ceniza de biomasa (Opuntia Ficus-Indica), Análisis Granulométricos, Peso específico, absorción y contenido de humedad	Las propiedades físicas de la ceniza de biomasa afectan en la resistencia del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica).	Se obtuvo la ceniza de la penca del cuyo producto es proveniente del distrito de Sitajara Provincia de Tarata Región Tacna '- Los agregados fueron obtenido de la cantera Municipal Sitajara ubicada en el Distrito de Sitajara Departamento de Tacna. '- De acuerdo a la NTP 339.183 (2003) en el ítem 5.5. indica: "El número mínimo de especímenes elaborados es de tres (03) especímenes para cada edad". Por lo tanto, se ensayarán un total de 561 probetas.
¿En qué medida el diseño de mezcla utilizando el método ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado afecta en la resistencia del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en	Realizar el diseño de mezcla utilizando el método del ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado para resistencias 175 kgf/cm2 y 210 kgf/cm2.	El diseño de mezcla utilizando el método ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado afectan en la resistencia del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de	

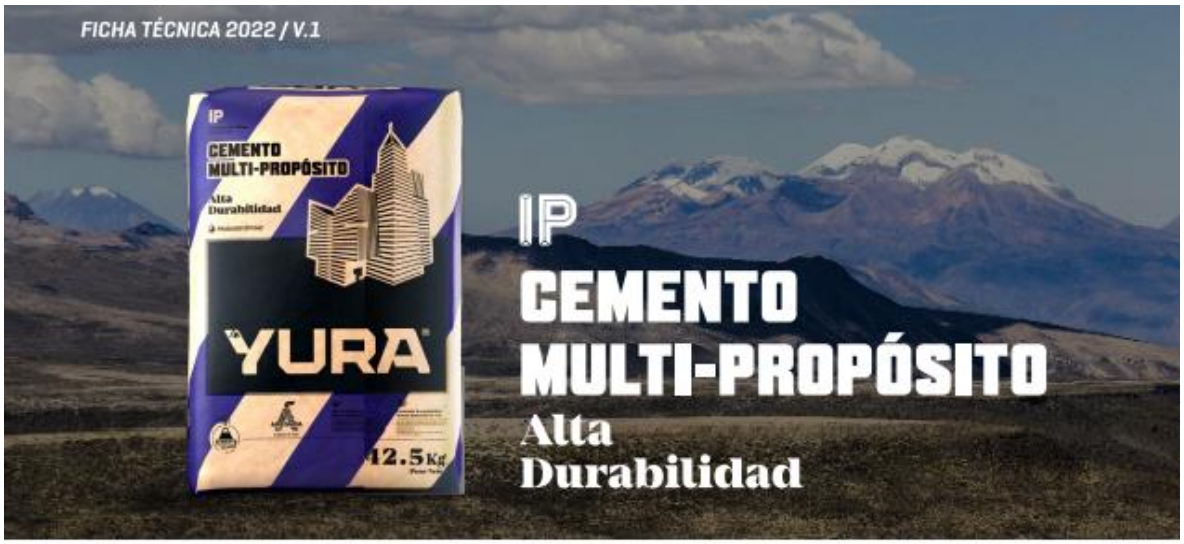
	diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica)?		cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica)
	¿En qué medida las propiedades físicas del concreto en estado fresco afectan en la resistencia del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica)?	Evaluar las propiedades físicas del concreto en estado fresco (slump, temperatura, peso unitario)	Las propiedades físicas del concreto en estado fresco afectan en la resistencia del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica).

· ¿Se afecta la resistencia a la compresión del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 mediante métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado con agregado de la Cantera Sitajara y cemento tipo IP en ensayos para edades de curado de 7, 14 y 28 días?	Evaluar la resistencia a la compresión del concreto utilizando método ACI 211 y método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado, para resistencias 175 kgf/cm2 y 210 kgf/cm2 para edades de curado de 7, 14 y 28 días.	Se afecta la resistencia a la compresión del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) en ensayos para edades de curado de 7, 14 y 28 días.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Técnica: La técnica a utilizar será la observación y experimentación, para diseños de mezcla de resistencia f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2, efectuando la variación en el diseño de mezcla con el uso de la ceniza de biomasa por clasificación, granulometría y dosificación; para ello se elaborarán testigos de concreto que nos permitirán conocer el comportamiento de la resistencia del concreto a los 7,14 y 28 días.
· ¿Se afecta la resistencia a la compresión del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 mediante métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado con la sustitución parcial en	Evaluar la resistencia a la compresión del concreto utilizando método ACI 211 y método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado, para resistencias 175 kgf/cm2, 210 kgf/cm2, con sustitución de 2%,	Se afecta la resistencia a la compresión del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 mediante métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregado con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de	

diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) en ensayos para edades de curado de 7, 14 y 28 días?	5%, 10% y 15% de cemento Yura IP tipo IP y Frontera IP tipo IP, por ceniza de: biomasa para edades de curado de 7, 14 y 28 días.	cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) en ensayos para edades de curado de 7, 14 y 28 días
· ¿Se afecta el costo beneficio del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) frente al concreto convencional?	Determinar el costo-beneficio de concretos elaborado con reemplazo parcial del cemento por ceniza de biomasa, frente a un concreto convencional.	el costo beneficio del concreto en diseños f'c=175 kgf/cm2 y f'c=210 kgf/cm2 con la sustitución parcial en diferentes porcentajes de cemento tipo IP por ceniza de biomasa (Opuntia ficus-indica) afecta frente al concreto convencional

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7 Ficha técnica cemento Yura IP



DESCRIPCIÓN

EL CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO_2, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

DURABILIDAD

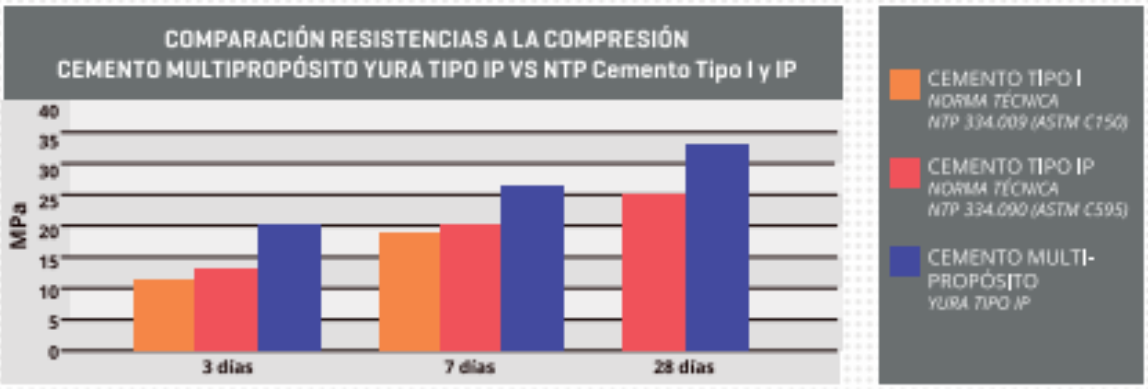
"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS	CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP		REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595		REQUISITOS NORMA NTP 334.009 ASTM C-150 (CEMENTO TIPO I)	
REQUISITOS QUÍMICOS						
MgO (%)			6.00 Máx.			
SO_3 (%)	1.5 a 3.0		4.00 Máx.			
Pérdida por ignición (%)	1.5 a 4.0		5.00 Máx.			
REQUISITOS FÍSICOS						
Peso específico (gr/cm3)	2.75 a 2.85		-			
Expansión en autoclave (%)	0.07 a 0.03		-0.20 a 0.80			
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270		45 a 420			
Contenido de aire	2.5 a 8.0		12 Máx			
Resistencia a la compresión	Kgf/cm2	MPa	Kgf/cm2	MPa	Kgf/cm²	MPa
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 Min	13	122 Min	12Min
7 días	225 a 255	22 a 25	204 Min	20	194 Min	19 Min
28 días	306 a 340	30 a 33.3	255 Min	25	-	-
Resistencia a los sulfatos	%		%			
% Expansión a los 6 meses	< 0.04		0.05 Máx			
% Expansión a 1 año	< 0.05		0.10 Máx			

CEMENTO YURA

COMPARATIVO CON REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NORMAS TÉCNICAS



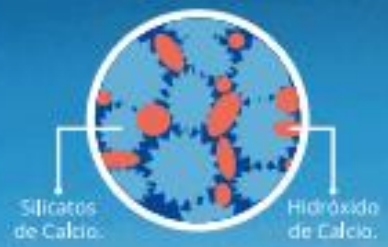
OTRAS PROPIEDADES

1 ALTA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolanas, hacen que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cemento.

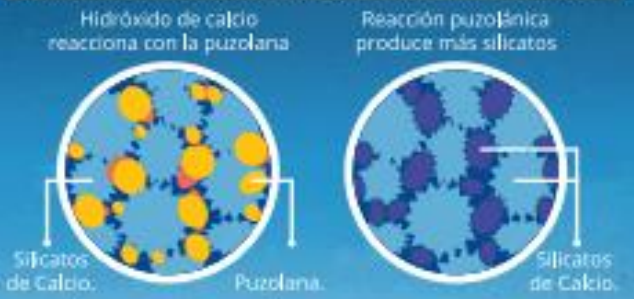
Los silicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

CON CEMENTO TIPO I



El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25 % es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

CON CEMENTO MULTI-PROPÓSITO DE ALTA DURABILIDAD YURA IP



La puzolana que contiene el cemento MULTI-PROPÓSITO YURA IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.



2 RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS Y CLORUROS

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio deshidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP es resistente a los sulfatos, cloruros y al ataque químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.



3 MAYOR IMPERMEABILIDAD

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los silicatos de la puzolana con los hidróxido de calcio producidos en la hidratación del cemento disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace más impermeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

4 REDUCE LA REACCIÓN NOCIVA ÁLCALI – AGREGADO

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali – agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos.

El CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.

5 RECOMENDACIONES DE USO

- Curado adecuado con abundante agua.
- Mantener humectada la superficie para lograr la mayor resistencia y evitar fisuramiento por excesivo secado.
- Tomar precauciones para el adecuado curado en vaciados cuando se presentan bajas temperaturas.
- Asesorarse siempre con un profesional de la construcción/ingeniero civil.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor emisión de gases de efecto invernadero durante su fabricación
- Cemento fabricado con menor emisión de CO_2.


Botas Impermeables


Protección Respiratoria


Guantes Impermeables


Protección Ocular



ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 palet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

Bolsas 25 Kg	Ergonómico. Ideal para proyectos pequeños y pocas áreas de almacenamiento.
Bolsas 42.5 Kg	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
Big Bag 1.0 TM	Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
Big Bag 1.5 TM	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
Granel	Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

NORMA DE PAIS	NORMA	DENOMINACIÓN	
NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 334.090	Cemento Portland Puzolánico	TIPO IP
NORMA CHILENA	NCh 148 0f.68	Cemento Puzolánico	GRADO CORRIENTE
NORMA AMERICANA	ASTM C595	Portland Pozzolan Cement	TYPE IP
NORMA BOLIVIANA	NB-011	Cemento Puzolánico	TIPO P 30
NORMA ECUATORIANA	NTE INEN 490	Cemento Portland Puzolánico	TIPO IP
NORMA BRASILEÑA	NBR 16697	Cimento Portland pozolânico	TIPO CP IV – 25 RS
NORMA COLOMBIANA	NTC 121	Cemento Hidráulico	UG/ARS/BCH/BRA

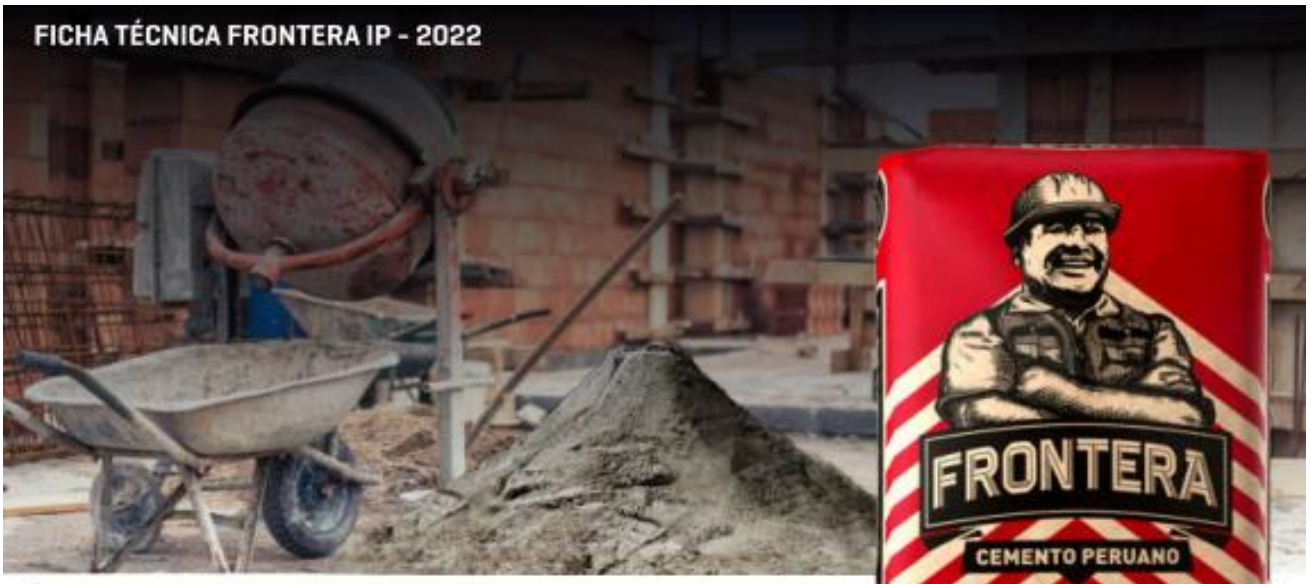
DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 90 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.



Cuidemos juntos el medio ambiente.
Big Bag: Se sugiere desechar como basura común.
Bolsas: Se sugiere reciclar el envase.

Anexo 8 Ficha técnica cemento Frontera IP



CEMENTO PORTLAND TIPO IP

El Cemento Portland Puzolánico FRONTERA IP, ULTRA FUERTE, es un cemento elaborado con Clinker de alta calidad, yeso y adiciones. Su fabricación es realizada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, lo que garantiza un alto estándar de calidad. Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP 334.090 y Norma Americana ASTM C595

Este cemento es Ecoamigable, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO_2, colaborando de esta manera con el medio ambiente, en la disminución de los gases con efecto invernadero. Los componentes especiales del cemento FRONTERA IP, ULTRAFUERTE, otorgan a los concretos y morteros propiedades especiales que lo hacen resistente a los ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.) y a las acciones del intemperismo. Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general.

1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO FRONTERA TIPO IP	Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595
MgO (%)	1.5 a 3.0	6.00 Máx.
SO_3 (%)	1.5 a 3.0	4.00 Máx.
Pérdida por ignición (%)	1.5 a 4.0	5.00 Máx.

REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO FRONTERA IP	Norma NTP 334.090 ASTM C-595
Peso específico (gr/cm³)	2.75 a 2.85	-
Expansión en autoclave (%)	-0.07 a 0.03	-0.20 a 0.80
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270	45 a 420
Contenido de aire	2.5 a 8.0	12 Máx.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Kgf/cm²	MPa	Kgf/cm²	MPa
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 Mín.	13 Mín.
7 días	225 a 255	22 a 25	204 Mín.	20 Mín.
28 días	306 a 340	30 a 33.3	255 Mín.	25 Mín.

RESISTENCIA A LOS SULFATOS	%	%
% Expansión a los 6 meses	< 0.04	0.05 Máx.
% Expansión a 1 año	< 0.05	0.10 Máx.

2 RECOMENDACIONES DE USO

- Curado adecuado con abundante agua
- Mantener humectada la superficie para lograr la mayor resistencia y evitar fisuramiento por excesivo secado
- Tomar precauciones para el adecuado curado en vaceados cuando se presentan bajas temperaturas
- Asesorarse siempre con un profesional de la costrucción/ingeniero civil

3 PROPIEDADES

- Alta resistencia a la compresión
- Resistencia al ataque de sulfatos y cloruros
- Mayor impermeabilidad
- Reduce la reacción nociva álcali - agregado.

4 BENEFICIOS AMBIENTALES

Menor consumo energético.
Cemento fabricado con menor emisión de CO_2.

5 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:


Botas Impermeables


Protección Respiratoria


Guantes Impermeables


Protección Ocular



6 ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones se recomienda:
- Almacenar bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corrientes de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.

7 PRESENTACIONES DISPONIBLES

BOLSA 42.5 KG	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
BIG BAG 1.0 TM	Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
BIG BAG 1.5 TM	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.

8 NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO FRONTERA IP - ULTRA FUERTE, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

PAIS	NORMA		DENOMINACIÓN	
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.090	Cemento Portland Puzolánico	TIPO IP
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 Of68	Cemento Puzolánico	GRADO CORRIENTE

9 DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 90 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

Anexo 9 Técnica - Sika® CEM Plastificante

CONSTRUYENDO CONFIANZA

HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante

Aditivo plastificante y reductor de agua para morteros y hormigones

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce agua del concreto incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales.

USOS

SikaCem® Plastificante es recomendable para:

- Estructuras en general canales, diques, estructuras de fundación, columnas, vigas, tanques elementos prefabricados, losas, etc.)
- Cualquier tipo de estructura, cuando se desee aumentar las resistencias mecánicas o dar mayor fluidez al hormigón.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

En el hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad del hormigón (plastifica), facilitando su colocación y compactación.
- Permite una reducción en la cantidad de agua de amasado en un 15% aproximadamente, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas del hormigón endurecido.
- Aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos.
- Disminuye la exudación.

En el hormigón endurecido:

- Posibilita un incremento de las resistencias mecánicas a la compresión del orden de más del 15%.
- Reduce la contracción.
- Aumenta la adherencia al acero.

CERTIFICADOS / NORMAS

SikaCem® Plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo A y Tipo D

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Base Química	Mezcla de lignosulfonatos y polímeros orgánicos.
Empaques	• Envase PET x 4 L • Balde x 20 L
Apariencia / Color	Líquido marrón oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	En sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados, en lugares frescos y secos, a temperaturas entre + 5°C y + 30°C. Protegido del congelamiento, del calor excesivo y de la radiación solar directa.
Densidad	1.20 +/- 0.02

INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto	Mezclar los materiales componentes del hormigón o mortero con parte del

agua de mezclado, incorpore el contenido del DoyPack de SikaCem® Plastificante al pastón y complete con la menor cantidad de agua hasta lograr la fluidez requerida.
Para asegurar la homogeneidad del hormigón o mortero, se recomienda mezclardurante 3 minutos adicionales luego de incorporar todos los materiales componentes a la mezcladora.
Para mejorar el desempeño de morteros y hormigones se recomienda mantener la dosificación y proporción de los materiales componentes, Utilizar la menor cantidad de agua de mezclado hasta alcanzar la fluidez necesaria para la obra.
Cuidar que se cumplan las correctas condiciones de elaboración, colocación, compactación y curado.
La sobre-dosificación de SikaCem® Plastificante puede causar retardo de fragüe.
El desempeño de los aditivos pueden variar si se modifican los materiales componentes o sus cantidades.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada

- Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
- Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

LIMITACIONES

Temperatura Ambiente +5°C min. / +30°C máx.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

-

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descrip-

-

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Sika Perú
Habilitación Industrial
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6
Lurín, Lima
Tel. (511) 618-6060