UPN
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBÓN MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021.”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Jimmy Noe Garcia Vasquez

Koky Amando Sobrados Moreno

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

https://orcid.org/0000-0001-9018-5763

Trujillo - Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios, mi eterno amigo por ser mi fortaleza constante y mi guía en todo momento para lograr cumplir mis sueños y metas propuestas.

*A mis padres **Alejandro** que en paz descanse por haber sido un pilar fundamental en mi formación, por brindarme la ayuda necesaria, consejos, oportunidades y los recursos para lograrlo; A mi madre **Aidé** por estar siempre a mi lado brindándome ese amor incondicional que ayuda a superar las barreras que se nos presentan.*

*A mi esposa **Mary** por estar siempre en esos momentos difíciles, brindándome su amor, paciencia y comprensión; a mi hijo **Liam** por ser mi fuente de motivación he inspiración para poder salir siempre adelante.*

.

Jimmy Noe García Vásquez

*A **Dios**, por estar siempre conmigo en cada circunstancia de mí vida, por guiarme, iluminarme y fortalecer mi corazón durante todo el periodo de estudio.*

*A mis padres, **Graciela Moreno** y **Amando Sobrados**, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar, felicidad y educación siendo un gran apoyo en todo momento, por sus valores, por sus consejos de motivación constante que me ha permitido ser una buena persona. Gracias desde el fondo de mi corazón por ser los mejores padres del mundo*

*A mis hermanos, **Jhonatan** y **Madit**, por ser el ejemplo, motivo de inspiración, por lo que representan para mí, por el apoyo constante y por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida.*

Koky Amando Sobrados Moreno

AGRADECIMIENTO

*Agradecemos a **Dios** por guiarnos a lo largo de nuestras vidas y culminar con éxito nuestros estudios universitarios, por ser nuestro más grande apoyo, nuestra luz y camino. Por habernos dado la fuerza para seguir adelante en aquellos momentos de dificultad.*

A nuestros padres por todo el apoyo incondicional, por todos sus valores y consejos y por todos los sacrificios que han hecho para poder darnos todo lo mejor sin importar las circunstancia, a nuestros hermanos por el apoyo mutuo, motivación y por estar siempre presentes en cada etapa de nuestra vida.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, por su orientación en el desarrollo de esta investigación, a nuestros profesor y amigos por siempre estar presente durante todo el periodo de nuestra formación universitaria.

Tabla de contenido

DEDICATORIA **2**

AGRADECIMIENTO **4**

INDICE DE TABLAS **6**

INDICE DE FIGURAS **10**

INDICE DE ECUACIONES **15**

RESUMEN **16**

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN **17**

1.1 Realidad problemática 17

1.2 Formulación del problema 44

1.3 Objetivos 44

1.4 Hipótesis 45

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA **46**

CAPITULO III. RESULTADOS **90**

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES **120**

REFERENCIAS **126**

ANEXOS **130**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las variables 47

Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente 47

Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente 48

Tabla 4. Número de especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión 49

Tabla 5. Número de especímenes para el ensayo de resistencia a la flexión..... 49

Tabla 6. Unidad de estudio para cada ensayo..... 50

Tabla 7. Cantidad mínima de muestra de agregado grueso para el análisis granulométrico 55

Tabla 8. Cantidad mínima de la muestra de ensayo para determinar el contenido de humedad 57

Tabla 9. Capacidad mínima del recipiente 59

Tabla 10. Densidad del agua en función a la temperatura..... 60

Tabla 11. Masa mínima de muestra para determinar la densidad relativa y porcentaje de absorción..... 64

Tabla 12. Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no hay datos disponibles de la resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores 68

Tabla 13. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción..... 69

Tabla 14. Requisitos aproximados de contenido de agua de mezcla para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales del agregado..... 69

Tabla 15. Porcentaje aproximado de aire atrapado en concreto sin aire incorporado 70

Tabla 16. Relación agua - material cementante en función a la resistencia a la compresión del concreto..... 70

Tabla 17. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto 71

Tabla 18. Número de capas requeridas por espécimen cilíndrico 75

Tabla 19. Diámetro de varilla y número de varillado por capa a usar en la elaboración de especímenes cilíndricos de prueba 76

Tabla 20. Capacidad del recipiente de medida en función al tamaño máximo nominal del agregado grueso 79

Tabla 21. Método de consolidación del concreto en función de su asentamiento 80

Tabla 22. Número de golpes en función a la capacidad del recipiente de medición 80

Tabla 23. Edad determinada para ensayos de Concreto 82

Tabla 24. Análisis granulométrico del agregado fino 90

Tabla 25. Análisis granulométrico del agregado grueso 91

Tabla 26. Contenido de humedad del agregado fino 92

Tabla 27. Contenido de humedad del agregado grueso 93

Tabla 28. Peso unitario seco suelto del agregado fino 93

Tabla 29. Peso unitario seco suelto del agregado grueso 94

Tabla 30. Peso unitario Compactado del agregado fino 94

Tabla 31. Peso unitario compactado del agregado grueso 95

Tabla 32. Peso específico y absorción del agregado fino 95

Tabla 33. Peso específico y absorción del agregado grueso 96

Tabla 34. Peso específico del polvo de carbón mineral antracita 96

Tabla 35. Características de los agregados 97

Tabla 36. Cantidad de material para cada dosificación de probetas a compresión 98

Tabla 37. Cantidad de material para cada dosificación de probetas a flexión 98

Tabla 38. Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco 99

Tabla 39. Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de curado 100

Tabla 40. Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días de curado 101

Tabla 41. Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado 102

Tabla 42. Análisis de los resultados descriptivos a la resistencia a la compresión a los 7 días de curado..... 104

Tabla 43. Análisis de Normalidad los de probetas a 7 días de curado 104

Tabla 44. Análisis de Homogeneidad de varianzas de probetas a los 7 días de curado 105

Tabla 45. Prueba de hipótesis, Anova para probetas a los 7 días de curado 105

Tabla 46. Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión a los 14 días de curado..... 106

Tabla 47. Análisis de Normalidad para probetas a los 14 días de curado 107

Tabla 48. Análisis de Homogeneidad de varianzas para probetas a los 14 días de curado107

Tabla 49. Prueba de hipótesis ANOVA para probetas a los 14 días de curado..... 108

Tabla 50. Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión a los 28 días de curado..... 109

Tabla 51. Análisis de normalidad para probetas a los 28 días de curado 109

Tabla 52. Análisis de Homogeneidad de varianzas para probetas a los 28 días de curado 110

Tabla 53. Prueba de hipótesis, Anova para probetas a los 28 días de curado 110

Tabla 54. Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días de curado..... 111

Tabla 55. Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la flexión 113

Tabla 56. Análisis de normalidad para probetas a flexión a los 28 días de curado 113

Tabla 57. Análisis de Homogeneidad de varianzas a para probetas a flexión a los 28 días de curado 114

Tabla 58. Prueba de hipótesis, Anova para probetas a flexión a los 28 días de curado 114

Tabla 59. Resumen de resultado de costos de produccion del concreto patron y con adicion 5% y 10 % de carbon mineral antracita 115

Tabla 60. Costo de producción para un m3 de concreto convencional 210 kg/cm2 116

Tabla 61. Costo de producción para un m3 de concreto 210 kg/cm2 con 5% de polvo de carbón mineral antracita 117

Tabla 62. Costo de producción para un M3 de concreto 210 kg/cm2 con 10 % de polvo de carbón mineral antracita 118

Tabla 63. Proporción de mezcla del concreto patrón f'c= 210kg/cm2..... 135

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento de recolección de datos de la investigación 53

Figura 2. Diagrama de un dispositivo adecuado para la prueba de flexión del concreto por el método de carga en el punto medio 85

Figura 3. Curva granulométrica del agregado fino 91

Figura 4. Curva granulométrica del agregado grueso 92

Figura 5. Resultados promedios de la resistencia a la compresión del concreto con diferentes porcentajes de polvo de carbón mineral antracita a 7, 14 y 28 días de curado 103

Figura 6. Comparación de la resistencia a la flexión del concreto con diferentes porcentajes de polvo de carbón mineral antracita a 28 días de curado 112

Figura 7.costo de producción por metro cubico del concreto f'c= 210 kg/cm2 con adición de polvo de carbón mineral antracita 119

Figura 8. Ficha técnica del cemento portland Tipo I 130

Figura 9. Almacén de carbón mineral antracita – Autopista Salaverry km. 545.60 Zona industrial 131

Figura 10. Curva de influencia de la resistencia a la compresión a los 7 días de curado .. 136

Figura 11. Curva de influencia de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado 136

Figura 12. Curva de influencia de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado 137

Figura 13. Curva de influencia de probetas patrón según el tiempo de curado 137

Figura 14. Curva de influencia de probetas con 5% de polvo de carbón mineral antracita 138

Figura 15. Curva de influencia de probetas con 10% de polvo de carbón mineral antracita 138

Figura 16. Curva de influencia de probetas con 15% de polvo de carbón mineral antracita 139

Figura 17. Curva de influencia de probetas con 20% de polvo de carbón mineral antracita 139

Figura 18. Curva de influencia de la resistencia a la flexión a los 28 días de curado 140

Figura 19. Ejecución del ensayo de granulometría del agregado grueso 141

Figura 20. Ejecución del ensayo de granulometría del agregado fino 142

Figura 21. Ejecución del ensayo para determinar el peso unitario compactado de los agregados 143

Figura 22. Ejecución del ensayo para determinar el peso unitario suelto de los agregados 144

Figura 23. Ejecución del ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino 145

Figura 24. Ejecución del ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado grueso 146

Figura 25. Elaboración de especímenes cilíndricos del concreto patrón 147

Figura 26. Elaboración de especímenes cilíndricos del concreto con 5%, 10% ,15 y 20% de polvo de carbón mineral antracita 148

Figura 27.Espécimen cilíndrico de concreto con 5% de polvo de carbón mineral antracita 149

Figura 28. Espécimen cilíndrico de concreto con 10% de polvo de carbón mineral antracita 149

Figura 29.Espécimen cilíndrico de concreto con 15% de polvo de carbón mineral antracita 149

Figura 30.Espécimen cilíndrico de concreto con 20% de polvo de carbón mineral antracita 149

Figura 31. Elaboración de vigas de concreto convencional y concreto con 5%, 10% ,15 y 20% de polvo de carbón mineral antracita 150

Figura 32. Viga de concreto convencional 151

Figura 33. Viga de concreto con 5% de polvo de carbón mineral antracita..... 151

Figura 34. Viga de concreto con 10% de polvo de carbón mineral antracita..... 151

Figura 35. Viga de concreto con 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita 151

Figura 36. Ensayos del concreto en estado fresco para Determinación del asentamiento, temperatura y densidad del concreto convencional y concreto con adición del 5%, 10%,15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita 153

Figura 37. Desencofrado y curado especímenes cilíndricos de concreto convencional y concreto con adición del 5%, 10%,15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita 154

Figura 38. Desencofrado y curado de vigas de concreto convencional y concreto con adición del 5%, 10%,15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita 155

Figura 39. Rotura de especímenes cilíndricos del concreto convencional y concreto con adición del 5%,10%,15% y 20% de adición de polvo de carbón mineral antracita 157

Figura 40. Rotura de vigas del concreto convencional y concreto con adición del 5%,10%,15% y 20% de adición de polvo de carbón mineral antracita. 158

Figura 41. Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas a los 7 días de curado 159

Figura 42. Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas a los 14 días de curado..... 160

Figura 43.Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas a los 28 días de curado 161

Figura 44. Guía de observación de la resistencia a la flexión de probetas a los 28 días de curado 162

Figura 45. Constancia de realización de ensayos de laboratorio..... 163

Figura 46. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (0% polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado) 164

Figura 47. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (5 % polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado) 165

Figura 48. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (10 % polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado) 166

Figura 49. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (15 % polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado) 167

Figura 50. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (20 % polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado). 168

Figura 51. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (0 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado) 169

Figura 52. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (5 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado) 170

Figura 53. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (10 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado) 171

Figura 54.Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (15 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado) 172

Figura 55. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (20 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado) 173

Figura 56. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (0 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado..... 174

Figura 57. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (5 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado) 175

Figura 58. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (10 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado) 176

Figura 59. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (15 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado) 177

Figura 60. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (20 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado) 178

Figura 61. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (0 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)..... 179

Figura 62. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (5 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)..... 180

Figura 63. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (10 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)..... 181

Figura 64. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (15 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)..... 182

Figura 65. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (20 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)..... 183

Figura 66. Certificado de calibración de la prensa para rotura de especímenes de concreto 186

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Módulo de finura 56

Ecuación 2. Porcentaje de humedad del agregado 58

Ecuación 3. Volumen del recipiente 62

Ecuación 4. Peso unitario del agregado suelto o compactado 63

Ecuación 5. Densidad relativa en base al agregado secado al horno 65

Ecuación 6. Densidad del agregado grueso secado al horno 65

Ecuación 7. Porcentaje de absorción del agregado grueso 65

Ecuación 8. Densidad relativa del agregado fino 67

Ecuación 9. Densidad del agregado fino secado al horno 67

Ecuación 10. Porcentaje de absorción del agregado fino 68

Ecuación 11. Cantidad de cemento 71

Ecuación 12. Peso seco de agregado grueso 71

Ecuación 13. Volumen absoluto de los materiales 72

Ecuación 14. Peso seco de agregado fino 72

Ecuación 15. Correlación por humedad de los agregados 73

Ecuación 16. Agua efectiva de la mezcla 73

Ecuación 17. Correlación por absorción de los agregados 73

Ecuación 18. Peso corregido del cemento 73

Ecuación 19. Densidad del concreto 81

Ecuación 20. Resistencia a la compresión 83

Ecuación 21. Rango de velocidad de aplicación de carga 87

Ecuación 22. Módulo de rotura 87

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito determinar la influencia de la sustitución del cemento por porcentajes del 0%, 5%, 10%, 15% y 20%, de polvo de carbón mineral antracita en las propiedades mecánicas de un concreto convencional 210kg/cm2; mejorando las propiedades con un menor costo de producción. El diseño de investigación es experimental puro, muestreo no probabilístico por juicio de experto, recolección de datos mediante técnica de observación, instrumento utilizado fue la guía de observaciones, análisis de datos mediante la inferencia estadística. Se elaboraron 75 especímenes con los porcentajes antes mencionados, donde 60 son probetas a compresión y 15 probetas a flexión a 7, 14 y 28 días de curado. Se determinó que los especímenes con el 5% y 10% de sustitución presentan mayor resistencia a la compresión a los 28 días de curado de 344.17kg/cm2 y 338kg/cm2 respectivamente. La mayor resistencia a la flexión fue con el 5% de sustitución a los 28 días de curado con 53.10kg/cm2. Se concluye que el porcentaje de sustitución más óptima es del 5% y 10% de resistencia a la compresión y flexión, con un costo de producción unitario por m3 de s/ 18.05 menos que el concreto patrón.

Palabras clave: Carbón mineral antracita, Propiedades mecánicas, Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En la actualidad el Perú es un país en vías de desarrollo que busca incrementar su economía y el bienestar social de la población. Para hacerlo realidad se necesita disminuir la contaminación en el ambiente producida por las industrias que en la elaboración de insumos y materiales constituyen un importante agente de contaminación tanto en el Perú como en el mundo. Para disminuir dicho agente se necesita reemplazar los productos industrializados por materiales que se encuentren en el ambiente de forma natural, que permita disminuir el grado de contaminación y a la vez pueda generar un menor costo al momento de reemplazar dichos materiales.

La construcción civil no es ajena a este fenómeno debido a la alta demanda que existe en cuanto al cemento y esto se debe al campo de aplicación que existe en el mundo y que para su elaboración se necesita pasar por un amplio proceso de industrialización que va desde la obtención de la materia prima hasta el envasado. Es por eso que se realizan diferentes trabajos de investigación para disminuir la utilización de dicho material mediante la sustitución parcial y obtener comparaciones en cuanto al comportamiento de diferentes diseños de mezcla. Esto es una realidad problemática que ha sido y debe ser tomada en cuenta para muchos trabajos de investigación como, por ejemplo:

En el Salvador, Alvarado et al. (2016) la realidad problemática observada en su trabajo de investigación estaba relacionado con la producción del cemento portland en cuanto a la gran cantidad de energía que se necesita para llevar a cabo el proceso de industrialización del cemento y todo tipo de emisiones de contaminantes que se dan como consecuencia por

realizar este proceso. Plantean la necesidad de buscar nuevos materiales de construcción que no altere el ambiente y que no se vea incrementado en cuanto al costo y que no perjudiquen las funciones que realiza el cemento. Para su investigación utilizaron Ceniza de bagazo de caña de azúcar que es un desecho relacionado con la industria azucarera y que fue tomado para sustituir el cemento en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de manera parcial por presentar características puzolánicas que puedan modificar las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Después de realizar el trabajo de investigación recomiendan utilizar un porcentaje de sustitución del 5% y 10% de cemento donde obtuvieron mayor resistencia que fue del 3.07% a los 28 días mayor al 100% del concreto convencional.

En Colombia (Durán & Velásquez, 2016) en su trabajo de investigación plantearon que el concreto es uno de los materiales de construcción más empleados en las obras de ingeniería civil y que sumado a ello el desarrollo poblacional hace que incremente considerablemente su uso, así como la producción de este. Es por eso que determinaron que en la actualidad se aprovecha y reutiliza los materiales considerados como desechos, y debido a eso propusieron el reemplazo parcial de un cemento tradicional adicionando en esta ocasión ceniza volante y ceniza bagazo de caña de azúcar. En el diseño de mezcla se observa que el producto final determinado cumple con los requisitos físicos y mecánicos específicos según las normas técnicas colombianas. Para llevar a cabo la ejecución del trabajo de investigación realizaron sustituciones de cemento en porcentajes del 5%, 10%, 15% y 20% de los cuales determinaron que el porcentaje de adición más óptimo para ambas sustituciones fue del 5%. Los investigadores recomiendan realizar nuevos estudios utilizando porcentajes de sustitución del 5% y 10% debido a que obtuvieron mejores resistencias a la compresión.

En España (Lorca, 2014) en su investigación observó una realidad problemática en cuanto a la producción del cemento por la gran cantidad de 〖CO〗_2 y es por ello que se debe disminuir la demanda, y que se deben utilizar subproductos industriales sin utilidad aparente que representa un verdadero reto a los investigadores, para lo cual se busca como alternativa la reutilización de productos considerados como material de desecho y que pueda ser incorporado como un adicional en el diseño de concreto reemplazando parcialmente la cantidad de cemento y que se tenga como finalidad mejorar en muchos casos las propiedades mecánicas y de durabilidad. En su trabajo de investigación utilizó las cenizas volantes debido a que aporta un beneficio económico y ecológico por la reutilización del material. Para la obtención de los resultados realizaron especímenes de 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% con un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días. El mejor resultado obtenido fue con el porcentaje de sustitución del 10% y 20%. El investigador recomienda realizar nuevos ensayos con sustituciones cercanas al 10% y determinar el porcentaje más óptimo para la sustitución del cemento por ceniza volante.

En Nuevo Chimbote, (Mariluz & Ulloa, 2018) plantearon que existe gran demanda en cuanto al consumo del concreto en el mundo y que existe la necesidad de encontrar otro material que pueda medirse o compararse con él en cuanto a su capacidad y volumen. Otro punto que trataron es que los materiales comparados sean productos reciclados que permita disminuir el riesgo de contaminación. Para poder llevar a cabo esta investigación se trató de incorporar sub productos de origen industrial o natural que en este caso el material investigado fue las cenizas volantes de carbón que permitieron evaluar sus propiedades y obtener beneficios económicos y ecológicos. En su trabajo de investigación realizo ensayos con especímenes con dosificaciones del 0%, 5%, 10% y 20% en relación con el peso de

cemento, obteniendo el mejor resultado con el 10% de adición con una resistencia del 241 kg/cm2 a los 28 días. Después de realizar la investigación, recomienda evaluar las propiedades mecánicas con porcentajes mayores al 5%.

En Puno (Quispe, 2018) en su investigación observó el incremento de la demanda de concreto en cuanto al campo de aplicación que posee y que existe un gran interés en buscar materiales cementantes que cumplan con mejorar la resistencia mecánica y propiedades funcionales del concreto y que pueda funcionar como un sustituto parcial del cemento; En este caso en la ciudad de Puno existe gran desecho agroindustrial como es el caso de la ceniza de cáscara de arroz y que por ser un material de desecho y por ende contaminante se busca reutilizarlo de tal manera de disminuir los costos en cuanto al diseño de mezcla y de igual manera reducir el grado de contaminación en cuanto a la reutilización de dicho material. Debido al trabajo de investigación recomienda sustituir ceniza de cascara de arroz hasta un 10% de la cantidad de concreto.

En el Cusco (Patiño & Venegas, 2017) en su trabajo de investigación observaron el incremento de la producción del cemento debido a la gran importancia que tiene en la construcción civil y la necesidad de disminuir dicha producción reemplazando la cantidad de concreto en un determinado diseño de mezcla y sustituirlo por materiales de desecho o de origen natural. Para dar solución a este problema plantearon reemplazar el cemento por cenizas volantes que es parte del problema medioambiental de la zona y que mediante su utilización se puede disminuir el índice de contaminación existente. En sus estudios determinaron la factibilidad del problema y que lleva a bajar el costo de producción del concreto y la no variación en cuanto a las capacidades originarias del diseño de mezcla al

llevar a cabo la sustitución. Nos recomienda valores del 10%y 20% de adicion de ceniza volante.

En Trujillo (Cruz, 2019) llevo a cabo un trabajo de investigación en el cual se busca diseñar un tipo de concreto adicionando cenizas de ladrillos artesanales. Dicho estudio se llevó a cabo con la finalidad de encontrar una reducción en cuanto al costo de diseñar este tipo de mezcla y adicional a ello lo que buscaba era disminuir la contaminación ambiental que se producía al desarrollar la producción de ladrillos artesanales, y encontró que se podía emplear en el diseño de mezcla y reemplazarlo por la cantidad de cemento de tal manera que se podía utilizar un material que era parte de un contaminante en la ciudad. En el trabajo de investigación obtuvo mayor resistencia a la compresión con una adición del 10%. Recomienda hacer nuevos ensayos con porcentajes de adición alrededor del 10%.

En Trujillo (Contreras & Peña, 2017) realizaron su trabajo en el empleo de ceniza volante de carbón (CVC) que es considerado un desecho industrial y que en su investigación fue tomado en cuenta y analizado como una alternativa de adición a una mezcla debido que el concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción. Es por ello que se necesita buscar nuevos tipos de concretos que obtengan igual o mejores desempeños que cumplan con dos objetivos técnicos que es obtener un bajo costo y que se pueda reducir la contaminación. Realizaron adiciones de cenizas volantes con porcentajes del 1.5%, 3%, 4.5% y 6% observaron que hubo aumento de la resistencia a la compresión, pero disminución de la permeabilidad del concreto. Recomiendan seguir realizando ensayos con los porcentajes antes mencionados.

Como primer antecedente**,** Alvarado et al. (2016). En su tesis: "Estudio del empleo de cenizas producidas por ingenios azucareros como sustituto parcial del cemento portland en el diseño de mezclas de concreto"**.** Plantearon como objetivo realizar un estudio que demuestre la influencia de la ceniza de ingenios azucareros en la resistencia mecánica del concreto, al utilizarlo como un sustituto parcial del cemento. Para ello se hizo un diseño de mezcla f´c= 210 kg/cm2 y para el desarrollo del proyecto se realizaron sustituciones parciales de 5%, 10%, 15%, 25% y 30% por ceniza. El cemento empleado es el tipo GU de acuerdo a la Norma ASTM – 1157. Algunas de las conclusiones que llegaron son: las adiciones correspondientes al 5%, 10% y 15% producen un incremento significativo en la resistencia propiamente en comparación con el diseño original. En los ensayos cuyos porcentajes de sustitución fueron de 25% y 30% no se observó asentamiento en la mezcla de concreto, que obliga a aumentar la cantidad de agua de la mezcla para alcanzar una mejor consistencia y una fluidez óptima. Entones por lo antes mencionado se determinó según el estudio realizado que el 10% es el porcentaje óptimo de sustitución de cemento por cenizas de ingenio Chaparrastique obteniendo una ganancia a la resistencia a la compresión del 3.07% a los 28 días sobre la muestra patrón, y el 15% es el porcentaje óptimo de sustitución de cemento por cenizas del ingenio Jiboa obteniendo una ganancia del 1.4% a los 28 días sobre la muestra patrón.

Como segundo antecedente, (Durán & Velásquez, 2016) En su tesis: "Evaluación de la aptitud de concretos, reemplazando parcialmente el cemento portland por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar". Plantearon como objetivo evaluar la aptitud en cuanto la resistencia a la compresión de concretos diseñados reemplazando parcialmente el cemento portland tipo I por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar. Para ello

estudiaron la resistencia a la compresión de un concreto mediante la sustitución parcial del cemento en porcentajes del 5%, 10%, 15% y 20%, para lo cual procedieron a la caracterización de los agregados para determinar si cumplen con las especificaciones de acuerdo a la normatividad vigente. El tiempo de curado que trabajaron fue de 7, 14 y 28 días. De acuerdo a los porcentajes analizados concluyeron que el concreto analizado entre el 5% y 10% de adición de ceniza volante alcanzo una resistencia apropiada y por ende una mejor resistencia en concretos de alta resistencia. En el caso se adición en porcentajes del 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar ofrecen incremento y un rango de confiabilidad en cuanto a la resistencia. En cuanto a la viabilidad económica de los concretos con las adiciones respectivas se determinó que hay un ahorro del 1.41% en comparación al costo del concreto sin adiciones y una reducción en cuanto a la contaminación ambiental que determina la viabilidad del proyecto en cuanto a la disminución de residuos por la empleabilidad.

Como tercer antecedente, (Lorca, 2014)**.** En su tesis: "Efecto de la adición de hidróxido de calcio sobre mezclas con alta sustitución de cemento por ceniza volante"**.** Propusieron el estudio de hormigón de alta resistencia superior a 50 MPa hasta los 100MPa y buscando las mejoras en el ámbito ecológico debido a reducir las emisiones del efecto invernadero producidas por la fabricación del Clinker, y la reutilización de materia prima considerada de desecho. En su trabajo de investigación analizaron las muestras con 10% de sustitución de cemento por ceniza volante debido a estudios previos que determinaron que es el porcentaje más óptimo y 10% o 20% adicional de hidróxido cálcico, para poder darle trabajabilidad (Acuña, 2018) al hormigón empelaron un superplastificante viscocrete 5720 de sika y poder obtener valores de cono de Abrams de 15cm ± 2cm. determinaron que usando el 20% adicional de hidróxido cálcico zonificado incrementa su resistencia entre los 28 a 90

días; se mejoraba la reserva alcalina a largo plazo pero el comportamiento mecánico de las muestras disminuía considerablemente. Dicho esto, se pudo determinar que hubo una mejora en cuanto al ataque de los sulfatos.

Como cuarto antecedente, (Mariluz & Ulloa, 2018)**.** En su tesis: "uso de cenizas volantes de carbón excedentes de la central termoeléctrica ilo21 – Moquegua como adición para mejorar las propiedades del concreto: resistencia a la compresión, absorción, manejabilidad y temperatura". Propusieron una investigación experimental utilizando cenizas volantes de carbón donde se evalúa la incidencia de las cenizas en la resistencia a la compresión. Para ello se realizaron probetas adicionando cenizas en dosificaciones de 5%, 10% y 20% en relación con el peso del cemento utilizado en el diseño de mezcla del patrón. El objetivo planteado fue determinar las propiedades de resistencia a la compresión, absorción, manejabilidad y temperatura de un concreto mediante la adición de ceniza volante de carbón. La hipótesis que manejaron fue que las cenizas mejoran las propiedades mencionadas en el objetivo planteado. Después de desarrollar su proyecto, llegaron a las siguientes conclusiones: que las cenizas volantes de carbón mejoran las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto; las cenizas volantes de carbón de la central termoeléctrica Ilo21 presentan propiedades puzolánicas y poseen un PH altamente alcalino que contribuye a la carbonatación; el porcentaje de adición más favorable fue del 10% y el tiempo de curado fue el de 28 días; la capacidad de succión de capilaridad disminuyen a medida que aumentaron el porcentaje de adición de 5%, 10% y 20% por lo cual se determinó que tienen una relación inversamente proporcional haciendo un concreto más permeable y por ende más durable.

Como quinto antecedente (Acuña, 2018)**,** En su tesis: "Resistencia del concreto f´c= 210 kg/cm2 con sustitución al cemento en 12% por ceniza de ichu". **S**e observó los efectos que tendrá la resistencia a la compresión, así como disminuir el costo al reemplazarlo por ceniza de Ichu que es un material abundante en la zona y que su producción no es tan contaminante y la recolección demanda un bajo costo. El investigador solo trabajo con el 12% de sustitución de ceniza de Ichu sin compararlo con otros porcentajes y poder comparar si es el porcentaje correcto. Al solo trabajar con esta sustitución observo que la resistencia a la compresión axial del concreto disminuyo en un 40.76% de igual manera pudo observar que los componentes de ceniza de Ichu en el análisis químico no son compatibles con la composición química del cemento según ASTM.

Como sexto antecedente, (Castillejo, 2018). En su tesis: "sustitución de 4% de cemento por la combinación de arcilla y cenizas de paja de trigo para un concreto f´c= 210 kg/cm2". Se observa que la mayor resistencia en su trabajo realizado fue a los 28 días, donde la muestra de concreto sin sustitución tuvo un máximo de 225.74 kg/cm2 mientras que la muestra con sustitución de 4% están por debajo de la muestra patrón en un 0.18%. En cuanto a la composición química del material de ceniza de paja de trigo cumple con los parámetros según la norma ASTM-618 para ser considerado como material puzolanico. El rango de activación de la ceniza de paja de trigo considerado para este estudio es 900°C según el análisis térmico diferencial. Otro punto a tomar en cuenta es la relación A/C (Agua – Cemento). La conclusión que llego el investigador es que a este porcentaje considerado que fue del 4% es que los especímenes con sustitución no superan a los especímenes sin sustitución razón por la cual recomienda realizar una muestra patrón y compararlo con

diferentes porcentajes de sustitución y analizar el comportamiento para poder obtener un buen resultado.

Como séptimo antecedente,(Quispe, 2018). En su tesis de investigación: "Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de arroz en la zona altiplánica"**.** Planteo como objetivo principal evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de arroz en la zona del altiplánico; para desarrollar todo esto se debe establecer un porcentaje más óptimo para determinar la incidencia en la resistencia a la compresión. El proyecto de investigación se basó en primer lugar en elaborar 13 especímenes de concreto para un diseño patrón f´c=210 kg/cm2 y 117 especímenes con diferentes porcentajes de sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de arroz. La resistencia a la compresión se dio en base al tiempo de curado que fueron a los 14, 28 y 56 días. Finalmente se concluyó que el concreto f´c=20 kg/cm2 en sus sustituciones de cáscara de arroz fue del 10% y el tiempo óptimo de curado fue el de 28 días, superado este porcentaje se observó que la resistencia a la compresión del concreto disminuye considerablemente. En cuanto al costo de producción de las probetas, se determinó que hubo una disminución de costos de 5.82% en comparación con el concreto patrón diseñado inicialmente por lo cual se determinó una baja en cuanto al costo y al mismo tiempo una disminución en cuanto a la contaminación que demuestra la viabilidad del proyecto.

Como octavo antecedente, (Patiño & Venegas, 2017). En su tesis: "Análisis de las propiedades físico – mecánicas de un concreto elaborado con ceniza volante en porcentajes de 10%, 20%, y 30% en sustitución parcial del cemento"**.** Plantearon como objetivo evaluar el efecto de las propiedades físico - mecánicas que causa la ceniza volante en sustitución

parcial del cemento; así como la hipótesis planteada, siendo esta que la adición de ceniza volante no mantiene las propiedades físico – mecánicas de dicha mezcla patrón. El diseño de mezcla considerado fue para un concreto f´c= 210 kg/cm2 que busca sustituir parcialmente la cantidad de cemento por ceniza volante, los porcentajes que analizaron son del 10%, 20% y 30% en relación de sustitución de acuerdo a la cantidad de cemento, para esto tuvieron que determinar las propiedades propias de los agregados para observar si cumplen con los parámetros especificados en la Norma Técnica Peruana (NTP). La resistencia a la comprensión fue analizada en tiempos de curado de 7, 14 y 28 días respectivamente, estudiaron diferentes propiedades para su respectivo análisis donde algunas de ellas fueron la resistencia de compresión y flexión. El diseño de mezcla fue de acuerdo al ACI 211. Entre sus conclusiones demostraron su hipótesis planteada que fue que la adición de un concreto f´c= 210 kg/cm2 no mantienen sus propiedades físico – mecánicas. Determinaron que el tiempo de fraguado aumenta debido al incremento de la adición de ceniza volante. La resistencia a la flexión se mantiene de acuerdo a la normatividad vigente NTP 339.078, así como la resistencia a la compresión.

Como noveno antecedente, (Pérez, 2018). En su tesis: “influencia de la ceniza volante FLY ASH como sustituto parcial del cemento portland ip en las propiedades del concreto f´c= 210 kg/cm2”. Tuvo como propósito evaluar las propiedades físico- químicas de la ceniza volante para analizar la resistencia a la compresión, así como el costo de producción, para ello fue necesario elaborar muestras patrón en el cual se tendría que analizar concreto que no tenía ceniza volante y compararlo con un concreto que tenía ciertos porcentajes (5%, 10%, 15%, 20%, 25%) como porcentaje de sustitución de la cantidad de cemento portland IP. En dicho trabajo se tomó en cuenta el factor climático por el cual, para el curado, las probetas

fueron colocadas en agua a temperatura ambiente de la zona. Finalmente, al hacer el ensayo respectivo se logró obtener un concreto con un porcentaje de 5% y 10% cuyo tiempo de curado fue de 28 días y que se obtuvo una resistencia superior al concreto elaborado sin ceniza volante.

Asimismo, como antecedente, (Cruz, 2019)**.** En su tesis: "influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto, Trujillo 2019". Su investigación se realizó en la ciudad de Trujillo y consistió en elaborar adoquines tipo II de acuerdo a la normatividad vigente, la finalidad planteada es la reducción de costos de elaboración y disminución de la contaminación ambiental mediante la reutilización de materiales considerados de desecho y que se encuentren disponibles para su uso. Para este trabajo, el autor tuvo como objetivo determinar la influencia de las cenizas de ladrillos artesanales en la compresión de adoquines de concreto, para lo cual trabajo diferentes dosificaciones de acuerdo a la NTP 399.611 y comparar la probeta patrón con cada una de las probetas con su respectivo porcentaje de ceniza de ladrillo artesanal, para poder llevar a cabo todo esto planteó como hipótesis que la aplicación de cenizas de ladrillos artesanales aumentará la resistencia a la compresión. El diseño de mezcla patrón empleado fue de f´c= 340 kg/cm2. En el trabajo de investigación realizado tomo diferentes porcentajes de dosificaciones que fueron de 5%, 10%, 15% 20% y 25%. Concluyó que los adoquines con el 10% de cenizas de ladrillos artesanales presento una mayor resistencia a la compresión alcanzando una resistencia de f´c= 385.29 kg/cm2 y que con las probetas con dosificaciones mayores al 10% tiene una curva descendiente o de disminución en cuanto a la resistencia a la compresión.

Finalmente, (Contreras & Peña, 2017)**.** En su tesis: "análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla". Plantearon como objetivo aumentar la resistencia a la compresión y disminuir la permeabilidad del concreto, para ello desarrollaron un diseño de mezcla f´c= 210 kg/cm2 donde compararon un diseño de mezcla convencional y un diseño con adición de cenizas volantes de carbón; determinaron que, al ir aumentando dosificaciones de cenizas volantes de carbón, se incrementó la resistencia a la compresión mientras que la permeabilidad disminuyó en comparación al concreto patrón. Las dosificaciones empleadas fueron del 1.5%, 3%, 4.5% y 6% en relación a la cantidad de cemento empleado. Por eso se concluyó que existe una mayor capacidad de soporte y que al haber menor penetración de agua en el concreto, produce concretos de baja permeabilidad. Otra relación que pudieron analizar fue que al tener más porcentaje de ceniza volante producía mayor resistencia a la compresión y esta a su vez se daba por el tiempo de curado. Determinaron que el incremento de la resistencia a la compresión se dio tomando dosificaciones que van desde 1.5% al 6% que en este porcentaje genero un incremento significativo en la resistencia a la compresión. Caso contrario sucede con la permeabilidad cuya dosificación óptima está por encima del 6% pero pudieron concluir que las dosificaciones empleadas fueron de gran incidencia en la permeabilidad del concreto.

Asimismo, para complementar una base teórica que permita un buen desarrollo del presente proyecto de investigación, se detallan los principales conceptos que fundamentan información necesaria para entender mejor esta investigación, donde se consideran bases teóricas de las variables identificadas.

Según (Abanto, 2009), el concreto es una composición de cemento, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en las proporciones adecuadas donde al reaccionar químicamente el cemento y el agua unen partículas de los agregados, formando así un material heterogéneo para lograr ciertas características predeterminadas en el concreto.

CONCRETO = CEMENTO +AGREGADOS+ AIRE+ AGUA

Asimismo, (Nilson, 2001), que el concreto es un material similar a una roca creado a través de una mezcla cuidadosamente medida de cemento, agregados (piedra y arena), agua y aire; Luego, la mezcla se solidifica en bloques de la forma y el tamaño deseados. El cuerpo del material está compuesto por agregados finos y gruesos. El cemento y el agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y formar una masa sólida. El concreto tiene una amplia variedad de propiedades que se pueden lograr ajustando con precisión las proporciones de los materiales constituyentes. Se pueden obtener aún más propiedades utilizando cementos especiales (cemento con alta resistencia inicial), áridos especiales (diferentes tipos de áridos ligeros o pesados), aditivos (endurecedores), plastificantes y encapsulantes, micro sílice o cenizas volantes) y métodos de endurecimiento (endurecimiento al vapor). Estas propiedades dependen en gran medida de las proporciones de la mezcla, la forma en que se mezclan los diversos materiales constituyentes y las condiciones de humedad y temperatura en las que se mantiene la mezcla desde que se forma hasta que se solidifica por completo. El proceso de controlar estas condiciones se llama endurecimiento.

Uno de los principales componentes de concreto viene a ser el cemento, según Porrero et al. (2014), El cemento Portland es una cal hidráulica innovadora que se endurece en el aire y el agua sin la cooperación del dióxido de carbono.

De acuerdo a (Abanto, 2009), define que el cemento Portland es un producto cuando se mezcla con agua, o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua para formar una masa sólida. básicamente es un clinker que se produce calentando a alta temperatura una mezcla de cal, aluminio, hierro y sílice en determinadas proporciones.

Asimismo, (Nilson, 2001), define que el cemento Portland es un polvo fino de color gris, compuesto principalmente de silicato de calcio y aluminio. Las materias primas comunes a partir de las cuales se produce son piedra caliza (cal), arcilla y microondas que proporcionan SiO2 y Al2O3. Estos materiales se muelen, mezclan y funden en un horno hasta obtener Clinker, luego se enfrían y se muelen nuevamente para lograr la finura requerida.

Según la norma ASTM C-150 -94 Existen diversos tipos de cemento: TIPO I, uso en general y no tiene propiedades especiales; TIPO II, temperatura de hidratación moderada y cierta resistencia al ataque de los sulfatos; TIPO III, de resistencia temprana y alta calor de hidratación; TIPO IV, calor de hidratación baja y TIPO V, de alta resistencia al ataque de los sulfatos

En la norma ASTM C-595-94, detalla las particularidades de los cementos adicionados, al que, además de los compuestos ya mencionados, contienen la escoria y puzolanas, que cambian el comportamiento del conjunto. Entre ellos se tiene: TIPO IS, cemento al que se le añadido del 25 al 70% en peso de escoria de alto horno; TIPO ISM,

cemento al que se le añadido menos del 25% en peso de escoria de alto horno; TIPO IP, cemento al que se le añadido del 15 al 40% en peso de puzolana y TIPO IPM, cemento al que se le añadido menos del 15% en peso de puzolana. En la actualidad, en el Perú se fabrican los cementos tipo I, tipo II, tipo V, tipo IP y tipo IPM.

Otro de los componentes importantes para la elaboración del concreto son los agregados, según Porrero et al. (2014) estos son fragmentos generalmente pétreos, cuyo objetivo es mejorar la mezcla con diferentes características favorables. Constituyen el 70% y el 85% de peso de la masa en la mezcla del concreto.

De la misma manera, (Gutierrez, 2003), define a los agregados como aquellos que constituyen un factor decisivo en la durabilidad y estabilidad en la construcción civil, pues suponen un volumen muy significativo. Ya que la masa de agregado en concreto hidráulico es de un 65% a 85%, en asfalto es de 92% a 96% y en pavimentos es de 75% a 90%.

Igualmente, (Abanto, 2009), es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento

Asimismo, (Nilson, 2001) describe que los agregados se clasifican tanto el agregado fino, grueso, artificial y agregados pesados, estos forman los elementos inertes del concreto, ya que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua.

En cuanto a la clasificación de los agregados Según la ASTM C33, conforme a los requisitos de esta especificación, tanto la grava, grava triturada, piedra triturada, cemento hidráulico triturado o una combinación de ellos, son elementos que necesariamente tiene que tener el agregado grueso.

Asimismo (Nilson, 2001), menciona que el agregado grueso es la fracción retenida en el tamiz N° 4. Está compuesto por rocas de granito, diorita y sienita. Puede utilizar piedra triturada en chancadora o grava zarandeada de los lechos de los ríos o yacimientos naturales. El tamaño máximo del agregado grueso para concreto reforzado está controlado por la facilidad con que éste debe penetrar en las formaletas y en los espacios entre barras de refuerzo. A estos efectos el agregado no debe ser superior a 1/5 de la distancia entre las paredes del encofrado, ¾ de la distancia libre entre armaduras y 1/3 del espesor de las losas. En cuanto a las arena, no deben contener más del 5% de arcilla y partículas finas ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc. Y según la norma ASTM C-33-93 También establece una serie de condiciones para su gradación.

Por otra parte, Según la ASTM C33: "El agregado fino debe ser arena natural, arena artificial o una combinación de ellas".

Asimismo (Gutierrez, 2003) menciona que "EL Agregado fino o arena viene a ser el material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 Mieras (0.074 mm.)**"**

Por otro parte, de acuerdo a (Nilson, 2001) "Sostiene que los agregados artificiales Son escorias y esquisto expandido y se utiliza con frecuencia para producir concretos ligeros, que son derivados de otros procesos de fabricación".

Finalmente, (Nilson, 2001) "Los agregados pesados Son punzones de acero, baritinas, magnéticas y limonitas y se usan para concretos especiales tales como protección contra los rayos X, rayos gamma, etc"

Otro de los componentes importantes del concreto viene a ser el agua que de acuerdo a (Gutierrez, 2003) describe que el agua en el concreto se puede definir como aquel componente por medio del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de endurecer para formar un sólido único con los agregados. Además de su funcionalidad en el proceso de hidratación, proporciona fluidez a la mezcla mejorando su lubricación y manejabilidad. Otro de los procesos en los que el agua cumple una función indispensable es durante el curado del concreto, pues hace que el cemento se hidrate sin interrupción y por lo tanto garantiza que la mezcla alcance las propiedades potenciales para las cuales fue diseñada.

Asimismo, Según (Abanto, 2009), el agua es un factor esencial en la preparación de la mezcla de concreto, ya que está relacionada con la resistencia, la trabajabilidad y las propiedades de endurecimiento del concreto.

De acuerdo a (Sanchez, 2001), el agua se clasifica en agua de mezclado y agua de curado, donde Agua de mezclado es la cantidad de agua que requiere el concreto para producir una pasta hidratada con una buena fluidez, permitiendo así una excelente lubricación de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico y el agua de curado es el conjunto de condiciones necesarias para que la hidratación de la pasta se produzca de forma continua hasta que el cemento esté totalmente hidratado y el concreto alcance sus propiedades potenciales. Estas condiciones se refieren básicamente a la humedad y la temperatura

Por otro lado, tenemos los que son las propiedades del concreto y cómo reaccionan en estado fresco y en estado endurecido.

Dentro del Concreto en estado fresco se describirá lo que viene a ser trabajabilidad**,** consistencia, plasticidad, la medida de manejabilidad, segregación, exudación, consolidación e hidratación.

Según (Sánchez, 2001), la trabajabilidad es considerada la propiedad del concreto por la cual determina su capacidad para ser colocado y fraguado correctamente y acabado sin segregación perjudicial.

Asimismo (Abanto, 2009), define que la trabajabilidad es la disposición del concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabados, durante estos procesos se debe evitar segregación y exudación.

Por otra parte, tenemos lo que es la consistencia, de acuerdo a (Sánchez, 2001), Se refiere a su fluidez, es decir, la dureza (seca) o blandura (líquida) de la mezcla de concreto cuando se encuentra en estado plástico, se dice que es el grado de humedad de la mezcla.

Por otro lado, (Sánchez, 2001) define que la consistencia, es una densidad de concreto tal que se pueda vaciar fácilmente, pero para permitir que el concreto fresco cambie lentamente su forma, se retira el molde. Por tal motivo. No pueden considerarse mezclas de carácter dúctil, ni demasiado secas ni muy líquidas.

De acuerdo a (Sánchez, 2001), No se conoce ningún método directo para determinar la manejabilidad de una mezcla de concreto. Existen métodos que miden otras propiedades del concreto que se pueden relacionar con su trabajabilidad, Entre los métodos más simples se encuentran el ensayo de asentamiento, para medir la consistencia o fluidez de una mezcla fresca de concreto con tamaño máximo de agregado grueso inferior a dos pulgadas. El ensayo se hace siguiendo la Norma Técnica Peruana NTC 396. Se usa como método para controlar

la cantidad de agua cuando ésta no se dosifica, sino que se estima en la elaboración de las mezclas especialmente cuando no se hace corrección por humedad de los agregados; también puede reflejar cambios en la granulometría de los agregados, o en las propiedades del cemento; en general es un método de control de calidad del concreto fresco. Si al hacer el ensayo del cono de Abrams la mezcla se desmorona indica que el concreto no tiene una adecuada plasticidad por lo que el ensayo es una medida indirecta de la manejabilidad del concreto fresco. Existen otros procedimientos entre los cuales mencionaremos el de la esfera de Kelly, la prueba de remoldeo de Powers y la prueba del Factor de compactación.

Por otro lado, (Sánchez, 2001), define a la segregación como la separación de materiales que forman una mezcla heterogénea (como es el concreto), de forma que su distribución deja de ser uniforme por falta de adherencia. La diferencia en el tamaño de las partículas y su distribución granulométrica, así como la densidad de los componentes y su proporción dentro de la mezcla, son los causantes principales de segregación del concreto.

Por otra parte, (Sánchez, 2001), define que la exudación o sangrado, se da cuando en la superficie de la mezcla recién verdito o durante el fraguado aparece una parte de agua. Por esta razón, se piensa que es una forma especial de separación o deposición de partículas, que no pueden retener toda el agua cuando se asientan. De igual forma (Gutierrez, 2003), describe que la exudación puede crear problemas en el concreto; cuando la velocidad de evaporación es menor que la velocidad de exudación, se forma una película de agua que aumenta la relación agua/cemento en la superficie y posteriormente esta zona queda porosa y de baja resistencia al desgaste; pero si la velocidad de evaporación es mayor que la velocidad de exudación se pueden producir grietas de contracción.

En cuanto a la Consolidación, según (Kosmatka et al., 2004), es la vibración mueve las partículas del concreto recién mezclado, reduce el rozamiento (fricción) entre ellas y les da la movilidad de un fluido denso. La acción vibratoria permite el uso de mezclas más rígidas con mayores proporciones de agregado grueso y menores proporciones de agregados finos. Si el agregado es bien graduado, cuanto mayor es su tamaño máximo, menor es el volumen para llenarse por la pasta y menor es el área superficial para ser cubierta por la pasta, así menos agua y cemento son necesarios. El concreto con la granulometría óptima del agregado es más fácil de consolidarse y colocarse La consolidación del agregado grueso, bien como de mezclas más rígidas mejoran la calidad y la economía. Por otro lado, la mala consolidación puede resultar en un concreto poroso y débil con poca durabilidad. (Kosmatka et al., 2004)

Con respecto a la Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento la calidad de unión (adhesión, adherencia) de la pasta de cemento portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación, las propiedades ingenieriles del concreto, (fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional) principalmente dependen del gel del hidrato de silicato de calcio. Es la médula del concreto.

Cuando el concreto fragua, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, mismos que no tienen resistencia alguna. La resistencia está en la parte sólida de la pasta, en su mayoría en el hidrato de silicato de calcio y en las fases cristalinas. Entre menos porosa sea la pasta de cemento, mucho más resistente es el concreto. Por lo tanto, cuando se mezcle el concreto no se debe usar una cantidad mayor de agua que la absolutamente necesaria para fabricar un concreto plástico y trabajable. Aun entonces, el agua empleada es usualmente mayor que la que se requiere para

la completa hidratación del cemento. La relación mínima agua/cemento (en peso) para la hidratación total es aproximadamente de 0.22 a 0.25.

El conocimiento de la cantidad de calor liberado a medida que el cemento se hidrata puede ser útil para planear la construcción. En invierno, el calor de hidratación ayudará a proteger el concreto contra el daño provocado por temperaturas de congelación. Sin embargo, el calor puede ser nocivo en estructuras masivas, tales como presas, porque puede producir esfuerzos indeseables al enfriarse luego de endurecer. El cemento Pórtland tipo 1 libera un poco más de la mitad de su calor total de hidratación en tres días. El cemento tipo 3, de alta resistencia temprana, libera aproximadamente el mismo porcentaje de su calor en mucho menos de tres días. El cemento tipo 2, un cemento de calor moderado, libera menos calor total que los otros y deben pasar más de tres días para que se libere únicamente la mitad de ese calor. El cemento tipo 4, cemento Pórtland de bajo calor de hidratación, se debe de tomar en consideración donde sea de importancia fundamental contar con un bajo calor de hidratación.

Por ello, (Kosmatka et al., 2004), menciona que es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque la velocidad determina el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que conceda tiempo al transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido. El yeso, que es adicionado en el molino de cemento durante la molienda del Clinker, actúa como regulador de la velocidad inicial de hidratación del cemento Pórtland. Otros factores que influyen en la velocidad de hidratación incluyen la finura de molienda, los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales en el momento del mezclado.

Como se mencionó anteriormente para conocer las propiedades del concreto se debe evaluar cuando se encuentra en su forma endurecido ya que podremos evaluar la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

Según (Kosmatka et al., 2004) La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. La resistencia a los 7 días generalmente se estima en un 75% de la resistencia a los 28 días y las resistencias a los 56 y 90 días es aproximadamente un 10% y un 15% mayor que la resistencia a los 28 días. La resistencia a compresión que el concreto logra, f´c es función de la relación agua-cemento (o relación agua-materiales cementantes), de cuanto la hidratación ha progresado, del curado, de las condiciones ambientales y de la edad del concreto.

Para alcanzar una máxima resistencia a la comprensión tenemos que tener en cuenta factores que le afectan, por ello (Gutierrez, 2003), menciona que las características del cemento empleado en la mezcla de concreto tienen una gran incidencia en la resistencia del concreto, pues es el elemento más activo de la mezcla. Aunque todos los cementos tienen una buena calidad el incremento de la resistencia con la edad no es el mismo, algunos cementos aumentan su resistencia más rápidamente a edades tempranas. La cantidad de cemento en la mezcla, es decir su proporción, es decisiva en la resistencia, a medida que se aumenta la cantidad de cementos aumenta la resistencia, sin embargo, mezclas en un alto contenido de cemento (por encima de 470 kg por m3 de concreto) tienen un retroceso en su resistencia especialmente cuando tienen tamaños máximos muy grandes. Además, se presenta una contracción en la pasta de cemento al pasar del estado plástico al estado endurecido.

Por otro lado, (Sánchez, 2001), menciona que la relación agua-cemento (A/C) es el factor más importante en la resistencia del concreto. Una determinada relación agua-cemento produce distintas resistencias de acuerdo al tipo de agregado utilizado y al tipo de cemento.

De la misma manera (Gutiérrez, 2003), nos dice que la calidad de los agregados es un factor determinante de la resistencia del concreto, las propiedades de los agregados que más influyen en ella son: tamaño máximo del agregado grueso, la granulometría, materiales bien gradados, producen una mayor densidad, La forma y la textura de los agregados que especialmente inciden en la resistencia a la flexión y la resistencia y rigidez de las partículas del agregado.

El ensayo a de resistencia a la compresión, Según (INACAL, 2015), la norma técnica peruana **(NTP 339.034 2015),** establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas de concreto cilíndricos de 150 mm x 300 mm y de 100 mm x 200 mm, donde se aplicara sobre ellas una carga axial en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra.

Por otro lado, al igual que en otros materiales, la determinación del módulo de elasticidad del concreto es muy importante para el diseño estructural.

El valor del módulo de elasticidad no es una constante y es un valor que depende: El tipo de agregado, la dosificación utilizada, el contenido del aire, la velocidad de aplicación de la carga en el ensayo y la humedad de la muestra en el momento de hacer el ensayo

Para encontrar el módulo de elasticidad se grafica el esfuerzo contra la deformación unitaria en una curva esfuerzo-deformación del ensayo de compresión, y el módulo de elasticidad es la relación entre el esfuerzo en el campo elástico y su respectiva deformación

unitaria. Se determina con la pendiente de la secante trazada desde el origen hasta el punto de la curva en el cual hay una resistencia fe = 0.45 F'c siendo fe la máxima resistencia en el ensayo de compresión.

Los concretos de peso normal tienen un módulo de elasticidad estimado para cálculos como $13.000\sqrt{f'c}$ dependiendo de la resistencia.

La relación de poisson, en el concreto de peso normal está comprendida entre 0.15 y 0.25 y depende del tipo de agregado, de la edad y humedad del concreto.

El ensayo a la Resistencia a la flexión**,** (INACAL, 2012), la Norma Técnica Peruana **(NTP 339.079)** establece el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas y ensayadas con cargas en el centro del tramo, las probetas se realizarán de acuerdo con el método del ensayo indicado NTP 339.033 y NTP 339.183. también especifica que los especímenes a realizar contaran con una luz libre entre apoyos equivalente a tres veces su altura con una tolerancia de 2%.

Continuando con los fundamentos de bases teóricos de las variables identificadas tenemos lo que es el carbón de tipo mineral, según (Evangelista, 2007) es una roca sedimentaria originada por la acumulación, enterramiento y transformación con enriquecimiento en carbono de restos de materia vegetal. Las principales acumulaciones proceden del período Carbonífero de la Era Primaria. El carbón es de color pardo a negro, de aspecto mate y a veces brillante, ligero y de escasa dureza. Su composición y propiedades dependen de las condiciones fisicoquímicas en las que se produce la transformación. Los yacimientos de carbón se encuentran muy repartidos en la corteza terrestre a lo ancho de todo el mundo.

De acuerdo con (Evangelista, 2007) Existen dos formas bastante simples y generalizadas de caracterización de los carbones, basadas en dos tipos de análisis, dentro de estos tenemos lo que es **análisis elemental.** es el análisis que se realiza bajo el punto de vista químico y proporciona su composición elemental: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y otras impurezas. También tenemos el análisis inmediato. este análisis proporciona los siguientes datos del tipo de carbón en cuestión, dentro de este tenemos lo que es: humedad, materias volátiles, carbonó fijo, cenizas y poder calorífico.

El poder calorífico inferior es el que mejor representa las condiciones energéticas de un carbón y, por lo tanto, su valor como combustible.

Según (Rodríguez, 2009), el carbón se formó en épocas geológicas remotas hace millones de años, a partir de la vegetación existente. Los grandes depósitos de carbón se comenzaron a generar en el período Carbonífero (hace 350-280 millones de años, aproximadamente). Este proceso de formación de carbón continuó durante el periodo Pérmico (280-225 años atrás, aproximadamente) y "más recientemente" en el Cretácico (unos 100 millones de años atrás). Hay también carbones más jóvenes formados en la Era Terciaria (hace pocas decenas de millones de años). (Rodríguez, 2009)

Según su grado de carbonificación creciente (Rodríguez, 2009) distingue diferentes tipos generales de carbones: El primer tipo de carbón es la Turba que es el tipo de carbón que se forma en la primera etapa de la transformación de materia vegetal en zonas pantanosas en un ambiente pobre de oxígeno. Es el carbón con menor contenido en carbono y menor poder calorífico en la combustión.

Por otra parte, tenemos el carbón es el lignito que es un tipo de carbón muy abundante que posee mayor poder calorífico que la turba, un color negro o pardo (de menor rango que el negro) y una estructura leñosa o fibrosa. Tiene una elevada humedad y materia volátil y al lignito negro se le denomina también "carbón sub-bituminoso". Es de formación más reciente que la hulla y la antracita y su poder calorífico en la venta no suele pasar de las 4.000 kcal/kg.

Asimismo, tenemos la hulla un carbón que tiene un contenido en carbono alto (entre el 75% y el 90%), bastantes volátiles y un poder calorífico muy superior al del lignito (casi el doble). se le denomina también "carbón bituminoso". puede utilizarse en la combustión y en la industria siderúrgica. este tipo de carbón dio origen a la carboquímica

Finalmente tenemos el carbón antracita que es un carbón de alto rango, negro, duro y brillante, a veces con irisaciones, que se forma en la última fase de la carbogénesis. contiene más del 90 % de carbono y del 5 al 8 % de materias volátiles; arde con llama corta casi sin humo y su poder calorífico suele estar entre 23 y 38 mj/kg. (Evangelista, 2007)

En la actualidad dado la cantidad de obras que se vienen realizando tanto en la región de la libertad como en todo el Perú, es necesario, diseñar nuevos tipos de mezclas que incidan en el material no frecuentes como es el caso del polvo del carbón mineral antracita. En este caso en particular, se desea promover la adición y la utilización de un diferente tipo de aditivo, que al parecer tiene un futuro prometedor, debido a los porcentajes tomadas en cuenta para la mejora de un concreto tradicional sin modificar las propiedades mecánicas de esta mezcla, casi igual o mayor a las presentadas por las muestras patrón. Es por ello que como se ha venido tratando la presente investigación, se busca mejorar las propiedades mecánicas del concretos para lo cual se requiere el uso de distintos tipos de aditivos para mejorar su composición, reacción y adherencia de tal modo que se obtenga un concreto de mayor

calidad; es así como surge la posibilidad de la utilización de polvo de carbón mineral antracita como sustituto parcial del cemento en diferentes dosificaciones. Por otro lado, es necesario recalcar que este proyecto de investigación servirá para los futuros tesistas en la investigación sobre el análisis de las propiedades mecánicas de un concreto al sustituir parcialmente el cemento por carbón mineral antracita ya que con investigaciones previas se puede lograr nuevas ideas para mejorar la calidad de nuestro concreto y contribuir con la disminución de contaminación del medio ambiente.

1.2 Formulación del problema

¿De qué manera influye la sustitución parcial del cemento por porcentajes de polvo de carbón mineral antracita en las propiedades mecánicas de un concreto convencional en Trujillo en el año 2021?

1.3 Objetivos

Objetivo general

Determinar la influencia de la sustitución del cemento por porcentajes de polvo de carbón mineral antracita en las propiedades mecánicas de un concreto convencional en Trujillo en el año 2021.

Objetivos especificos

- ✓ Desarrollar el diseño de mezcla mediante el método ACI 211.1 para un concreto convencional sin sustitución y con sustitución de polvo de carbón mineral antracita
- ✓ Evaluar la resistencia la compresión y flexión de los diseños de mezcla convencional f'c=210 kg/cm2 con sustitución y con sustitución en 5%, 10%, 15% y 20%.

- ✓ Determinar el costo de producción de insumos por m3 de concreto con polvo de carbón mineral antracita sustituyendo parcialmente el cemento.

1.4 Hipótesis

Hipótesis general

La aplicación en porcentajes de polvo de carbón mineral antracita como sustitución del cemento al diseño de la mezcla del concreto convencional, aumentará y mejorará las propiedades mecánicas del concreto.

Hipótesis especificas

- ✓ La aplicación de polvo de carbón mineral antracita en un 5%,10%,15% y 20% como sustitución del cemento en el diseño de la mezcla del concreto convencional f'c=210, aumentará la resistencia a la compresión de acuerdo al diseño de mezcla propuesto para la elaboración de los especímenes de concreto.
- ✓ La aplicación de polvo de carbón mineral antracita en un 5%,10%,15% y 20% como sustitución del cemento en el diseño de la mezcla del concreto convencional f'c=210, aumentará la resistencia a la flexión de acuerdo al diseño de mezcla propuesto para la elaboración de los especímenes de concreto.
- ✓ El costo de producción por m3 del concreto con sustitución del cemento por polvo de carbón mineral antracita resultara ser más económica que el concreto convencional.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

En la presente tesis el tipo de investigación según el propósito, es una investigación aplicada. Según (Behar, 2008), una investigación aplicada es el estudio y la aplicación de la investigación a problemas específicos, bajo circunstancias y características específicas, hacia la aplicación inmediata y no hacia el desarrollo teórico y la preocupación por el mejoramiento de los sujetos involucrados en el proceso de investigación. Es por ello que en esta investigación con el uso de polvo de carbón mineral antracita como adictivo buscamos conocer los efectos en las propiedades mecánicas (compresión y flexión) del concreto mediante ensayos de laboratorio, para generar conocimiento y la información generada sea útil y aplicada como nuevo material de construcción.

Por otro lado, el enfoque considerado para este estudio es cuantitativa, teniendo en cuenta que, según Hernández Sampieri et al. (2014), la investigación cuantitativa utiliza la recopilación de datos para probar hipótesis basadas en mediciones numéricas y análisis estadístico para crear patrones de comportamiento y probar teorías. Es por ello que se utilizó este enfoque, ya que fue en la presente investigación se recolectara datos mediante la observación y cálculos de las pruebas del laboratorio de la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del concreto, se utilizara una medición numérica y análisis estadístico, para probar hipótesis y conocer el comportamiento del concreto con adición de polvo de carbón mineral antracita en sus diferentes porcentajes.

Asimismo, el presente proyecto es de tipo experimental y según su categoría su diseño es experimental puro, teniendo en cuenta que, según Hernández Sampieri et al. (2014), el diseño experimental puro es una situación de control en la que una o más variables

independientes (causas) se usan intencionalmente para analizar las consecuencias de dichos cambios en una o más variables dependientes (efectos).

Con respecto a las variables se identificó y se clasifico 2 variables, variable independiente: Polvo de carbón mineral antracita; y variable dependiente: Propiedades mecánicas

Tabla 1.

Clasificación de las variables

Variables	Clasificación				
	Relación	**Naturaleza**	**Escala de medición**	**Dimensión**	**Forma de medición**
P. carbón mineral antracita	Independiente	cuantitativa continua	Razón	Adimensional	Directa
Propiedades mecánicas	Dependiente	cuantitativa continua	Razón	Multidimensional	Indirecta

Tabla 2.

Operacionalización de la variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Polvo de carbón mineral antracita	Es un carbón de alto rango, negro, duro y brillante, a veces con irisaciones, que se forma en la última fase de la carbogénesis. Contiene más del 90 % de carbono y del 5 al 8 % de materias volátiles, su poder calorífico suele estar entre 23 y 38 MJ/kg. (Evangelista, 2007)	Porcentaje de sustitución de cemento por polvo de carbón mineral antracita en un diseño de mezcla de concreto convencional	Porcentaje de polvo de carbón mineral antracita con respecto al peso (kg) del cemento	5% CMA 10% CMA 15% CMA 20% CMA

Tabla 3.

Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición	instrumento
Propiedades mecánicas	Son propiedades del material relacionadas con su capacidad de transmitir y resistir fuerzas o deformaciones, generalmente se determinan mediante ensayos aplicados a probetas (Nilson, 2001)	Consiste en hallar el cálculo de la resistencia a compresión aplicando una carga de compresión axial a muestras de probetas cilíndricas ensayadas en el laboratorio de concreto. (NTP. 339. 034, 2015).	**Resistencia a la compresión**	Caracterización de agregados	TMN del Agregado Grueso, %h, Pe, %Abs, PUSC	Guía de observación
				Diseño de mezclas	Peso Seco, Peso SSS, Peso Húmedo	
				Rotura de probetas a 3, 7 y 28 días	f'c = 210kg/cm2	
		Consiste en hallar el cálculo de la resistencia a flexión aplicando una carga en el centro del tramo de la viga hasta que ocurra la falla. (NTP. 339.079, 2012).	**Resistencia a la flexión**	Caracterización de agregados	TMN del Agregado Grueso, %h, Pe, %Abs, PUSC	
				Diseño de mezclas	Peso Seco, Peso SSS, Peso Húmedo	
				Ensayo de módulo de rotura en vigas a los 28 días	Mr=kg/cm2	

En cuanto a la población de la presente investigación, serán todas las probetas de concreto tanto cilíndricas y rectangulares con sustitución del cemento por polvo de carbón mineral antracita que serán avaluadas a la resistencia de compresión y flexión.

Por otro lado, la muestra será no probabilística por juicio de experto. Para la elaboración de los especímenes nos basamos Según NTP 339.183, que especifica que para la elaboración y curado de especímenes de concreto se requiere usualmente de 3 a más

especímenes para cada edad o condición de prueba, es por ello que tomando en referencia la norma técnica se elaboraron y ensayaron 75 unidades de especímenes de concreto f'c=210 kg/cm2 sustituyendo el cemento por polvo de carbón mineral antracita en porcentajes de 0% 5%, 10%,15% y 20, donde 60 especímenes de concreto fueron para ensayo a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días y 15 especímenes de concreto para ensayo a flexión a la edad de 28 días

Tabla 4.

Número de especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión

Ensayo	Polvo de carbón mineral antracita %	Numero de especímenes/ Edad			Parcial
		7 días	14 días	28 días	
Resistencia a la compresión	0	3	3	6	12
	5	3	3	6	12
	10	3	3	6	12
	15	3	3	6	12
	20	3	3	6	12
TOTAL					60

Tabla 5.

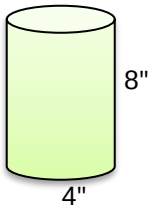
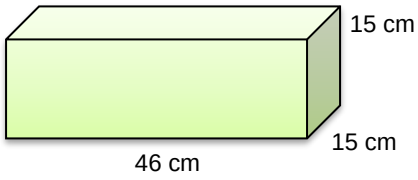
Número de especímenes para el ensayo de resistencia a la flexión

Ensayo	Polvo de carbón mineral antracita %	Numero de especímenes/ Edad
		28 días
Resistencia a la flexión	0	3
	5	3
	10	3
	15	3
	20	3
TOTAL		15

Con respecto a la unidad de estudio, serán Probetas de 4 x 8 pulgadas cilíndricas de concreto y probetas de 6 x 6 pulgadas (15 x 15 x 46 cm) rectangulares de concreto con polvo de carbón mineral antracita, sometida a pruebas de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, para las variaciones de diseño de mezclas según el porcentaje de sustitución del cemento.

Tabla 6.

Unidad de estudio para cada ensayo

Ensayo	Unidad de estudio
Resistencia de la compresión del concreto	
Resistencia a la flexión del concreto	

Por otro lado, en este proyecto de investigación como Técnicas de recolección de datos se utilizará la técnica de la observación para la recolección de datos, mediante esto se va a seleccionar, ver y registrar para luego analizar las resistencias máximas encontradas en un concreto convencional y con sustitución del cemento por polvo de carbón mineral antracita, considerando el cumplimiento de las normativas NTP en los ensayos a realizar.

Asimismo, como instrumento de recolección de datos a utilizar es la guía de observación que será validada por el ingeniero **ALBERTO RUBEN VÁSQUEZ DÍAZ**

experto en el tema de tecnología del concreto, mediante el uso de este instrumento se registrarán los datos más importantes para posteriormente ser analizados.

Con respecto a la técnica de análisis de datos se hizo mediante el método inferencia estadística porque la investigación es de tipo experimental, se realizará diseño de mezcla con diferentes porcentajes de polvo de carbón mineral antracita, mediante este método se determinará el valor del parámetro de la población a partir de la información

Asimismo, el instrumento que se utilizará es la prueba de ANOVA, ya que nos ayudará a analizar las diferencias entre las cinco poblaciones de muestra independientes, con el tamaño de muestra obtenida, cuyos resultados o datos obtenidos de la hoja de observaciones serán medibles en escala ordinal, para ello primero se realizará la prueba de Shapiro-Wilk, para comprobar si cumple con el criterio de Normalidad, luego se utilizara la prueba de Levene, para comprobar si cumple con la igualdad de varianzas, finalmente se realizará la prueba de hipótesis mediante el ANOVA de un factor. Para el análisis de datos del presente proyecto de investigación se utilizará el software estadístico SPSS (Satistical Package For The Social Sciences). Se considerará dos hipótesis para dicha prueba: hipótesis nula (Ho): Indica que hay igualdad entre los valores de los resultados que serán comparados; e hipótesis alterna (H1): Indica que hay variación entre los valores de los resultados que serán comparados.

Por otro lado, en cuanto al procedimiento para el análisis de datos se realizará de acuerdo con las hipótesis específicas descritas en las anteriores tablas, en la cual se establece afirmaciones para la hipótesis nula (Ho) y la hipótesis alterna (H1), luego se determinará el porcentaje de error y el nivel de confianza, posteriormente se debe cumplir con los

parámetros para poder calcular el P-Valor (Valor de la prueba), los cuales son: La normalidad que se comprobará que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente, para ello se utilizará la prueba de Shapiro- Wilk, porque el tamaño de la muestra es quince para el tiempo de curado de 7 y 14 días y treinta para el tiempo de curado de 28 días, que son menores a cincuenta, para ello se determinará si presenta normalidad o no de la siguiente manera: P-Valor ≥ 0.05, se acepta Ho, los datos provienen de una distribución normal y P-Valor < 0.05, se acepta H1, los datos no provienen de una distribución normal

Asimismo, para la Igualdad de varianza para esto se utilizará la prueba de Levene, para ello se determinará si presenta o no igualdad de varianza de la siguiente manera.

P-Valor ≥ 0.05, se acepta Ho, las varianzas presentan igualdad

P-Valor < 0.05, se acepta H1, presenta diferencias significativas entre varianzas.

Finalmente se calcula el P-Valor con la prueba ANOVA DE UN FACTOR para muestras independientes y se toma la decisión estadística, para ello se determinará con el siguiente criterio: Si la probabilidad obtenida P-Valor ≥ 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho); Si la probabilidad obtenida P-Valor < 0.05, se acepta la hipótesis alterna (H1)

Procedimientos de recolección de datos

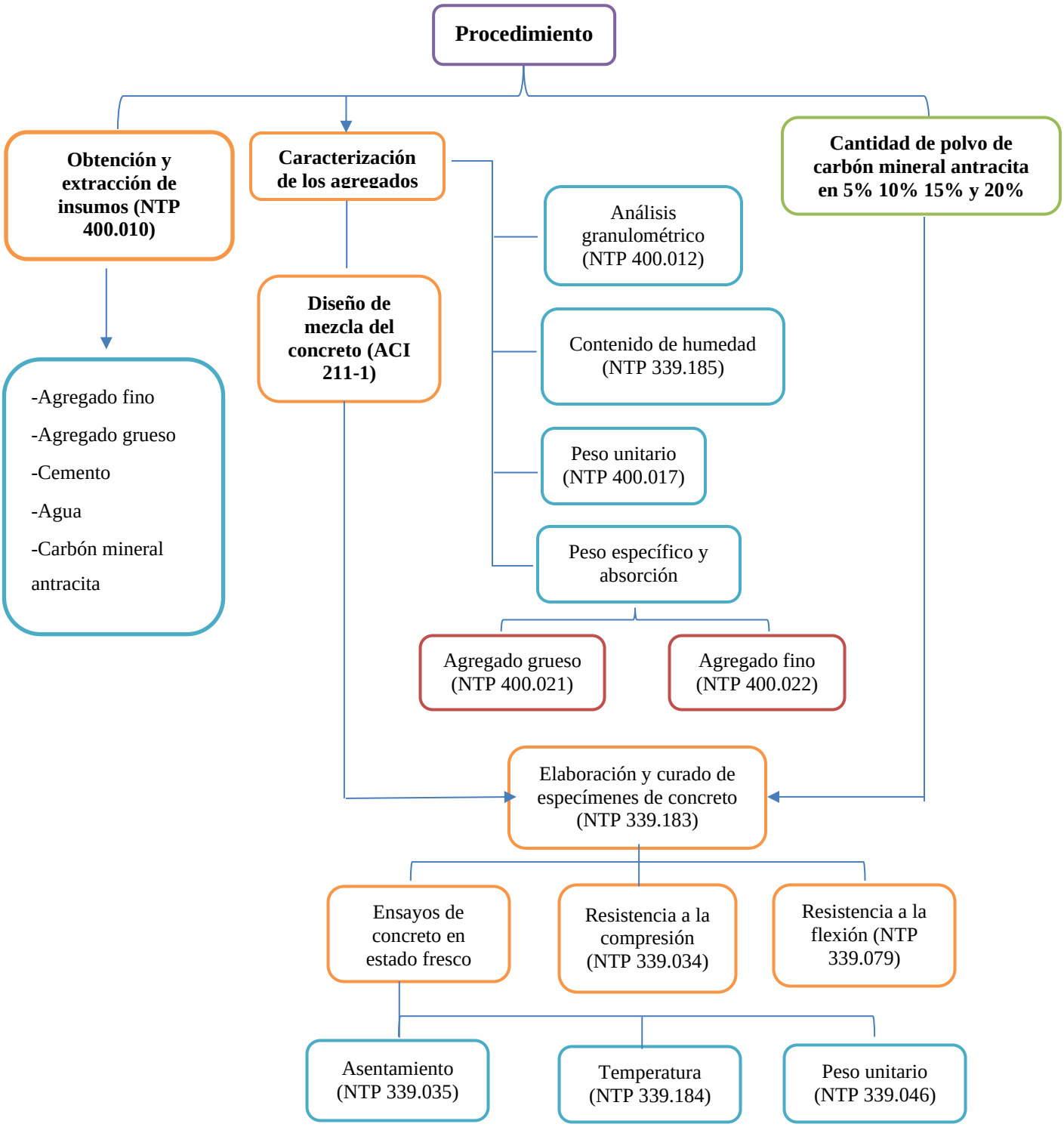


Figura 1. Procedimiento de recolección de datos de la investigación

Fuente: Elaboración propia, 2021

En cuanto el procedimiento de recolección de datos, para la obtención de insumos, para la extracción y preparación de muestras fue de acuerdo a la norma técnica (NTP 400.010), los agregados grueso y fino se obtuvieron de cantera quebrada el león, el milagro, huanchaco, Trujillo; el cemento utilizado es Pacasmayo Portland Tipo I con especificaciones requeridas (ver anexo 1); el agua que se utilizada fue potable de acuerdo a los requerimientos de la NTP 339.088.; el polvo de carbón mineral antracita se obtuvo del almacén que está ubicado en la autopista Salaverry km. 545.60 zona industrial que se encuentra en el distrito de Salaverry provincia Trujillo – la libertad (ver anexo 2).

Por otro lado, se realizó la caracterización de los agregados por medio de ensayos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas, tales como: granulometría, contenido de humedad, peso unitario, peso específico y porcentaje de absorción.

EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NTP 400.012, 2013), el método consiste en pasar una muestra seca de agregado por una serie de tamices colocados progresivamente de mayor a menor abertura con el fin de determinar la distribución del tamaño de las partículas.

a) Materiales, equipos y herramientas

- ***Agregado grueso:*** La cantidad de muestra de agregado grueso fue de acuerdo con lo indicado en la Tabla 7.
- ***Agregado fino:*** La cantidad mínima de muestra de agregado fino es de 500 g luego del secado.
- **Balanza**: Con aproximación y exacta de 0.1 g para agregado fino y 0.5 g para agregado grueso.
- **Tamices**: Debe cumplir con lo establecido en la NTP 350.001.

- **Horno**: Con medidas adecuadas capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ºC ± 5 ºC.

Tabla 7.

Cantidad mínima de muestra de agregado grueso para el análisis granulométrico

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de la muestra de ensayo
mm	**pulg**	**kg**
9,5	3/8	1
12,5	1/2	2
19,0	3/4	5
25,0	1	10
37,5	1 ½	15
50,0	2	20
63,0	2 ½	35
75,0	3	60
90,0	3 ½	100
100,0	4	150
125,0	5	300

Fuente: NTP 400.012, 2013

b) Procedimiento

- Se redujo la muestra a tamaño de ensayo utilizando el método del cuarteo establecido en la NTP 400.043 (2015), que consiste en colocar la muestra sobre una superficie rígida, nivelada y limpia. Se debe colocar el material en un apilamiento cónico, luego se presiona la formación cónica con una pala o cuchara metálica hasta lograr un diámetro y espesor idóneo, se divide en 4 partes iguales y se retira los cuartos opuestos diagonalmente. Se repite el proceso con el material remanente hasta reducir la muestra hasta el tamaño deseado.

- Se secó la muestra de agregado en el horno hasta peso constante.
- Se seleccionó los tamaños de tamices adecuados.
- Se encajó los tamices en orden de abertura decreciente y se colocó la muestra de ensayo sobre el tamiz superior.
- Luego se agitó los tamices manualmente por un periodo suficiente.
- Finalmente, se pesó el contenido retenido en cada tamiz.

c) Cálculo

- Se hizo el cálculo del porcentaje que pasa y los porcentajes retenidos totales sobre cada tamiz, aproximando al 0.1 % de la masa seca inicial de la muestra.

- El módulo de fineza se obtuvo dividiendo la sumatoria del porcentaje acumulado retenido de material de cada tamiz (Nº 100, Nº 50, Nº 30, Nº 16, Nº 8, Nº 4, 3/8, 3/4 y mayores) entre 100.

Módulo de Finura (MF)

$$MF = \frac{\Sigma\%\ Peso\ Reternido\ Acumulado\ desde\ malla\ Nº\ 4\ hasta\ Nº 100}{100}$$

***Ecuación 1**. Módulo de finura*

Asimismo, se realizó el **CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS POR SECADO (NTP 339.185, 2013),** Esta norma establece los lineamientos para determinar el porcentaje total de humedad evaporable por secado de una muestra de agregado.

a) Materiales, equipos y herramientas

- ***Agregado:*** La cantidad de muestra representativa de agregado fue determinada de acuerdo con la *Tabla 8*.
- ***Balanza:*** Con sensibilidad al 0.1 % del peso de la prueba
- ***Horno:*** Capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ºC ± 5 ºC alrededor de la muestra.
- ***Recipiente:*** Un envase con capacidad suficiente para contener la muestra sin derramarse y que no sea afectado por el calor.
- ***Revolvedor:*** Espátula o cuchara de metal de tamaño conveniente**.**

Tabla 8.

Cantidad mínima de la muestra de ensayo para determinar el contenido de humedad

Tamaño máximo nominal de agregado		**Masa mínima de la muestra de agregado**
mm	**pulg**	**kg**
4,75	0,187 (Nº 4)	0,5
9,50	3/8	1,5
12,50	1/2	2,0
19,00	3/4	3,0
25,00	1	4,0
37,50	1 ½	6,0
50,00	2	8,0
63,00	2 ½	10,0
75,00	3	13,0
90,00	3 ½	16,0
100,00	4	25,0
150,00	6	50,0

Fuente: NTP 339.185 ,2013

b) Procedimiento

- Se determinó el volumen de la muestra representativa.

- Luego se secó la muestra en el recipiente a través del horno, teniendo cuidado de evitar pérdida de partículas.
- La masa de la muestra se determinó cuando la aplicación de calor causó pérdida adicional de masa menor al 0.1%.

c) Cálculo

El contenido de humedad total evaporable se calculó con la fórmula siguiente:

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

Ecuación 2*. Porcentaje de humedad del agregado*

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje
W = Masa de la muestra húmeda srcinal en gramos
D = Masa de la muestra seca en gramos

De igual manera se realizó **PESO UNITARIO DE AGREGADOS (NTP 400.017, 2011), e**ste método de ensayo cubre la determinación del peso unitario compactado o suelto y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en la mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se nos servirá para nuestro método de diseño de mezclas de concreto.

a) Materiales, equipos y herramientas

- **Agregado*:*** la muestra tubo un tamaño aproximado de 125 % a 200 % la cantidad requerida para llenar el recipiente.
- **Balanza**: Una balanza con aproximación a 0,05kg y que permita leer con una exactitud de 0,1% del peso de loa muestra.

- **Barra compactadora**: Recta, de acero liso de 5/8" (16 mm) de diámetro y un aproximado de 600 mm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- **Recipiente de medida:** Cilíndricos, metálicos, preferiblemente con asas. Estancos con tapa y fondo firmes y parejos, con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígido para mantener su forma en condiciones severas de uso. Los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura será menor del 80% ni mayor que 150% del diámetro. La capacidad dependerá del agregado de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla 9.
- **Pala de mano**: una pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.
- **Equipo de calibración**: Una pala de vidrio de por lo menos 6 mm (1/4 pulg) de espesor y 25 mm(1pulg) mayor del diámetro del recipiente a calibrar

Tabla 9.

Capacidad mínima del recipiente

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	**pulg**	**L**	**m^3**
12.5	1/2	2.8	0.0028
25.0	1	9.3	0.0093
37.5	1 ½	14	0.0140
75.0	3	28	0.0280
100.0	4	70	0.0700
125.0	5	100	0.1000

Fuente: NTP 400.017, 201

b) Procedimiento:

✓ **Muestras de ensayo**

- Una extracción y preparación de la muestra se hará de acuerdo con la norma NTP 400.010.
- La muestra de ensayo será de aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar la medida y será manipulada evitando su segregación. Secar el agregado a peso constante en un horno preferiblemente a 110 °C ± 5 °C.

c) Calibración del recipiente

- Llenar a la medida con agua a temperatura ambiente y cubra con la placa de vidrio de tal manera de eliminar las burbujas y el exceso de agua.
- Primero determinar el peso del agua en la medida.
- Medir la temperatura del agua y determinar su densidad.
- Calcular el volumen "V" de la medida dividiendo el peso del agua requerida para llenar la medida entre su densidad, calcular el factor del recipiente (1/v) dividiendo la densidad del agua entre el paso requerido para llenar el recipiente de medida.
- Los recipientes de medida deberán ser calibrados por lo menos una vez al año o cuando exista para dudar de la exactitud de la calibración.

Tabla 10.

Densidad del agua en función a la temperatura

Temperatura	Densidad del agua
ºC	**Kg/m3**
15,6	999,01
18,3	998,54
21,1	997,97
23,0	997,54
23,9	997,32
26,7	996,59
29,4	995,83

Fuente: NTP 400.017, 2001

d) **Calibración de la medida**

El procedimiento para la determinación de peso unitario suelto se usará sólo cuando sea indicado específicamente. De otro modo, el peso unitario compactado será determinado por el procedimiento de apisonado para agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1 ½ pulg) o menos; o por el procedimiento de percusión para agregados con tamaño máximo nominal entre 37, 5 mm y 150 mm (1 ½ pulg a 6 pulg).

e) **Procedimiento de apisonado**

- Para el procedimiento de apisonado se llena un tercio y se hace la nivelación de la superficie con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta los dos tercios de la medida y de nuevo se repite con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.
- Al realizar la compactación de la primera capa, se sugiere no golpear el fondo. Al compactar las últimas dos capas, solo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.
- Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente solo y se registra los pesos con una aproximación de 0,005 kg (0,1 lb).
- Para determinar el peso suelto, se llena el recipiente con una pala o cuchara hasta rebalsar, vaciando el agregado desde una altura no mayor de 5 cm (2”) por encima de la parte superior del recipiente. El agregado que sobra es eliminado con regla.

f) **Método de percusión**

- El recipiente de medida se llena en tres capas aproximadamente iguales. Cada capa se compacta colocando el recipiente con el agregado sobre un piso firme, se inclina hasta que el borde opuesto a la base de apoyo diste unos 5 cm del piso, partículas del agregado se acomodan de modo compacto. Cada capa se compacta, dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita, 25 veces cada extremo. El agregado sobrante se elimina con una regla.
- Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

g) **Determinación del peso suelto**

- Procedimiento con pala: el recipiente de medida se llena con una pala o cuchara hasta rebalsar, vaciando el agregado desde una altura no mayor de 5cm (2") por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se elimina con una regla.
- Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

Expresión de resultados:

- **Volumen del recipiente**

$$V = \frac{W - T}{D} \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Ecuación 3*. Volumen del recipiente*

V = Volumen del recipiente (m3).
W = Masa de agua más recipiente (kg)
T = Masa del recipiente (kg).

D = Densidad del agua para la temperatura medida. Kg/m3.

- **Peso unitario suelto o compactado:**

$$M = \frac{G - T}{V} \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Ecuación 4. *Peso unitario del agregado suelto o compactado*

Donde:

M = Peso unitario del agregado en (kg/m3).

G = Peso del recipiente de medida más el agregado (kg).

T = Masa del recipiente (kg).

V = Volumen del recipiente (m3).

Asimismo, se realizó el ensayo de la **DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE ACUERDO A LA NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP 400.021, 2013)**

a) Materiales, equipos y herramientas

- ***Agregado:*** La masa mínima de agregado grueso se determinó de acuerdo con la Tabla 11. Se rechazó todo el material que pasa por el tamiz de 4.75 mm (Nº 4).
- ***Balanza:*** Una balanza con precisión de 0.5 g o 0.05 % de la masa de la muestra, equipada con un aparato adecuado que permita colgar el recipiente de la muestra en el agua desde el centro de la plataforma de la balanza.
- ***Canasta de alambre:*** El recipiente debe estar construido, de manera que, evite la retención de aire cuando es sumergido en agua.
- ***Tanque de agua:*** Un recipiente a prueba de fugas, para sumergir el recipiente de la muestra, mientras está suspendida debajo de la balanza.
- ***Tamices:*** Un tamiz de 4.75 mm (Nº 4) u otros tamaños según sea necesario.

- ***Estufa:*** De suficiente tamaño, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ºC ± 5 ºC.

Tabla 11.

Masa mínima de muestra para determinar la densidad relativa y porcentaje de absorción

Tamaño máximo muestra de ensayo		**Masa mínima de nominal**
mm	**pulg**	**Kg**
12,5	1/2 o menor	2
19,0	3/4	3
25,0	1	4
37,5	1 ½	5
50,0	2	8
63,0	2 ½	12
75,0	3	18
90,0	3 ½	25
100,0	4	40
125,0	5	75

Fuente: NTP 400.021, 2013

b) **Procedimiento**

- Se secó la muestra de ensayo en la estufa.
- Se dejó enfriar el agregado hasta una temperatura cómoda de manipular.
- Luego, el agregado grueso fue sumergido en agua a temperatura ambiente, por un período de 24 h ± 4 h.
- Posteriormente se retiró la muestra del agua y se hizo rodar sobre un paño grande para eliminar las partículas visibles de agua.

- Se determinó la masa de la muestra en condición saturada de superficie seca.
- Inmediatamente después, se colocó la muestra en la canasta de alambre y fue suspendido desde la balanza en el tanque de agua.
- Luego se determinó la masa aparente de la muestra en agua a 23 ºC ± 2 ºC de temperatura.
- Finalmente se secó la muestra de ensayo en la estufa y se determinó su masa.

c) Cálculos

- Densidad relativa (peso específico relativo) en base al agregado secado al horno

$$Dr_{Ag} = \frac{A}{(B - C)}$$

Ecuación 5. *Densidad relativa en base al agregado secado al horno*

- En base al agregado secado al horno

$$D_{Ag} = Dw * Dr_{Ag}$$

Ecuación 6*. Densidad del agregado grueso secado al horno*

- Absorción (% Abs)

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

Ecuación 7. *Porcentaje de absorción del agregado grueso*

Donde:

Dr_{Ag} = Densidad relativa del agregado grueso, adimensional

D_{Ag}= Densidad del agregado grueso, kg/m3

A = masa de la muestra seca al horno, g

B = masa de la muestra saturada de superficie seca, g

C = masa aparente de la muestra saturada en agua, g

Dw = Densidad del agua a 23 ºC (997.54 kg/m3)

De igual manera se realizó el ensayo de la **DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP 400.022, 2013)**

a) Aparatos

- ***Balanza:*** Una balanza con capacidad para más de 1 kg, sensible a 0.1 g y una precisión del 0.1 % de la masa de la muestra.
- ***Fiola:*** Un matraz aforado de vidrio, de cuello largo y angosto, con capacidad de 500 cm3.
- ***Molde metálico:*** Un molde metálico en forma de cono, con dimensiones interiores de 40 mm ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm ± 3 mm de altura.
- ***Barra compactadora de metal:*** Con una masa de 340 g ± 15 g y una cara plana de compactación circular de 25 mm ± 3 mm de diámetro.
- ***Horno y Estufa:*** De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ºC ± 5 ºC.

b) Preparación de la muestra

- Se secó a masa constante la muestra de ensayo en la estufa.
- El agregado fino fue sumergido en agua a temperatura ambiente durante 24 h ± 4 h.
- Luego se decantó cuidadosamente el exceso de agua para evitar la pérdida de finos.
- Se extendió el agregado sobre una superficie plana y fue secado con la estufa hasta condición de saturada superficialmente seca.

- Posteriormente, se colocó el molde metálico sobre su base mayor en una superficie plana no absorbente, luego se llenó el molde a tope de muestra saturada superficialmente seca.

- En seguida se apisonó ligeramente el agregado fino con 25 golpes con la barra compactadora, luego se levantó el molde verticalmente. La caída ligera del material moldeado indicó que se ha llegado al estado saturado de superficie seca.

c) Procedimiento gravimétrico

- Se llenó parcialmente con agua el matraz aforado.
- Luego se introdujo 500 g de agregado fino saturado superficialmente seco.
- Se adicionó agua hasta aproximadamente el 90 % de la capacidad del frasco.
- Se hizo rodar el matraz con el fin de eliminar las burbujas de aire, luego se llevó el nivel de agua hasta 500 cm3.
- Se determinó la masa total de la fiola, la muestra de agregado y el agua.
- Posteriormente se retiró el agregado fino del matraz aforado y fue secado a masa constante en el horno.
- Finalmente se determinó la masa del matraz lleno con agua hasta 500 cm3 a 23 ºC ± 2 ºC de temperatura.

d) Cálculos

- Densidad relativa en base al agregado secado al horno

$$Dr_{Af} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

Ecuación 8. *Densidad relativa del agregado fino*

- Densidad en base al agregado secado al horno

$$D_{Af} = Dw * Dr_{Af}$$

Ecuación 9. *Densidad del agregado fino secado al horno*

- Absorción (% Abs)

$$\%Abs = \frac{(S - A)}{A} = 100$$

***Ecuación 10**. Porcentaje de absorción del agregado fino*

Donde:

Dr_{Af} = Densidad relativa del agregado fino, adimensional

D_{Af} = Densidad del agregado fino, kg/m3

A = masa de la muestra seca al horno, g

B = masa del matraz lleno con agua hasta 500 cm3, g

C = masa del matraz lleno con la muestra y el agua, g

S= masa de la muestra saturada superficialmente seca, g

Dw = Densidad del agua a 23 ºC (997.54 kg/m3)

Por otra parte, para la dosificación del concreto se realizó mediante el **DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO POR EL MÉTODO (ACI 211)**, incluye las tablas. Los pasos corresponden a los indicados en dicha norma.

✓ **Cálculo de la resistencia a la compresión promedio requerida (f'cr)**

Tabla 12.

Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no hay datos disponibles de la resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores

Resistencia especificada a la compresión (f'c), kg/cm^2	Resistencia promedio requerida a la compresión (f'cr), kg/cm^2
Menos de 210	f'c + 70
210 - 350	f'c + 84
Mayor de 350	1.10f'c + 50

Fuente: ACI Comité 318, 2008

- ✓ **Selección del asentamiento**

Tabla 13.

Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de construcción	Asentamiento (pulg)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3	1
Cimentación simple, cajones y muros de subestructura	3	1
Vigas y muros reforzados	4	1
Columnas de edificios	4	1
Pavimentos y losas	3	1
Concreto masivo	2	1

Fuente: ACI Comité 211, 2002

- ✓ **Cálculo del volumen unitario de agua**

Tabla 14.

Requisitos aproximados de contenido de agua de mezcla para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales del agregado

Agua, kg/m3 de concreto para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y asentamientos indicados								
Asentamiento	3/8”	1/2"	3/4"	1”	1 ½”	2”	3”	6”
Concreto sin aire incorporado								
1” a 2”	207	199	190	179	166	154	130	113
3” a 4”	228	216	205	193	181	169	145	124
6” a 7”	243	228	216	202	190	178	160	----
Concreto con aire incorporado								
1” a 2”	181	175	168	160	150	142	122	107
3” a 4”	202	193	184	175	165	157	133	119
6” a 7”	216	205	197	184	174	166	154	----

Fuente: ACI Comité 211, 2002

✓ **Cálculo del contenido de aire atrapado**

Tabla 15.

Porcentaje aproximado de aire atrapado en concreto sin aire incorporado

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
pulg	**%**
3/8	3.0
1/2	2.5
3/4	2.0
1	1.5
1 ½	1.0
2	0.5
3	0.3
6	0.2

Fuente: ACI Comité 211, 2002

✓ **Determinar la relación agua-cemento (a/c)**

Tabla 16.

Relación agua - material cementante en función a la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'cr) (kg/cm2)	Relación agua cemento, en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	0.28
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: ACI Comité 211, 2002

✓ **Cálculo del contenido de cemento**

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

Ecuación 11. *Cantidad de cemento*

Donde:

C = Contenido de cemento, kg/m^3

a = Contenido de agua de mezcla, Kg/m^3

a/c= Relación agua - material cementante

✓ **Determinar el volumen de agregado grueso**

Tabla 17.

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado grueso, pulg	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finura del agregado fino			
	2.40	**2.60**	**2.80**	**3.00**
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI Comité 211, 2002

✓ **Peso seco y compactado de agregado grueso**

$$Ps_{Ag} = M * F_{Ag}$$

Ecuación 12. *Peso seco de agregado grueso*

Donde:

Ps_{Ag} = Peso seco de agregado grueso, kg/m3

M = Densidad de masa compactada del agregado grueso, kg/m3

F_{Ag}= Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, adimensional

- ✓ **Cálculo de volumen absoluto de los materiales por $\mathbf{m^3}$**

$$V_{Abs}\,\frac{Ps}{D}$$

Ecuación 13*. Volumen absoluto de los materiales*

Donde:

V_{Abs}= Volumen absoluto, $\mathbf{m^3}$

Ps = peso seco, kg

D = Densidad, kg/$\mathbf{m^3}$

El volumen de aire atrapado se calcula dividiendo el porcentaje obtenido en la Tabla 15 entre 100.

- ✓ **Cálculo del peso seco de agregado fino**

$$Ps_{Af} = D_{Af} * V_{Abs.Af}$$

Ecuación 14. *Peso seco de agregado fino*

Donde:

$\boldsymbol{Ps_{Af}}$= Peso seco de agregado fino, kg

$\boldsymbol{D_{Af}}$ = Densidad del agregado fino, kg/m3

$\boldsymbol{V_{Abs.Af}}$ =Volumen absoluto del agregado fino, m3

✓ **Correlación por humedad de los agregados**

$$Ag.(fino\ o\ grueso) = peso\ seco\left(\frac{\%humedad}{100} + 1\right)$$

Ecuación 15*. Correlación por humedad de los agregados*

✓ **Correlación por absorción y cálculo de agua efectiva**

$$Ag.(fino\ o\ grueso) = peso\ seco\left(\frac{\%humedad - \%Absorcion}{100} + 1\right)$$

Ecuación 16*. Correlación por absorción de los agregados*

$$Agua\ efectiva = Agua\ de\ diseño - Agua\ libre$$

Ecuación 17*. Agua efectiva de la mezcla*

Donde el agua libre es la sumatoria de la correlación por absorción de agregados

✓ **Reajuste del peso de cemento**

$$C_r = \frac{Agua\ efectiva}{a/c}$$

Ecuación 18. *Peso corregido del cemento*

Donde:

C_r = Peso corregido de cemento (kg)

a/c= Relación agua - cemento

En cuanto al polvo de carbón mineral antracita sustituirá al cemento en 5% 10% 15% y 20%, además será tamizado por la malla N° 16

Por otra parte, para la elaboración y **CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO (NTP 339.183, 2013),** la norma establece el procedimiento para la elaboración y curado de testigos de concreto bajo condiciones de laboratorio.

a) Aparatos y herramientas

- **Moldes cilíndricos*:*** Deben ser de acero, fierro fundido u otro material no absorbente, que no reacciones con el cemento Portland.
- **Varilla de compactación*:*** Deberá ser de acero, recta y lisa con el extremo de compactación semiesférico. Puede emplearse dos tamaños de varilla, la varilla larga es de 16 mm (5/8") de diámetro y 600 mm (24") de largo aproximadamente, y la varilla corta es de 10 mm (3/8") de diámetro y 300 mm (12") de largo aproximadamente.
- **Martillo de goma*:*** Debe pesar 0.6 kg ± 0.20 kg.
- **Recipiente de muestreo y mezclado*:*** Debe ser plano, con capacidad y profundidad necesaria para facilitar la descarga de la tanda completa desde la mezcladora y permitir el remezclado con cucharón o lampa.
- **Mezcladora de concreto*:*** Deberá ser accionada a motor y constar de tambor giratorio.

b) Mezclado del concreto tradicional

- Primero fue añadido el agregado grueso y una parte del agua de mezcla antes del inicio de rotación de la mezcladora.
- Con la mezcladora en funcionamiento se adicionó el agregado fino, el cemento y el agua.
- Luego de tener todos los ingredientes en la mezcladora, se mezcló por 3 minutos seguido de 3 minutos de reposo y por último 2 minutos más de mezclado.
- Se remezcló en el recipiente con cucharón hasta que se vea uniforme para eliminar la segregación.

c) Elaboración de especímenes cilíndricos

- **Tamaño del espécimen*:*** El diámetro del espécimen fue tres veces mayor que el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Además, tuvo una longitud que es dos veces el diámetro.
- **Lugar de moldeo*:*** Los testigos fueron moldeados cerca del lugar donde se almacenaron por 24 horas.
- **Moldeo*:*** Se colocó la mezcla en los moldes con un cucharón. Es recomendable mover el cucharón alrededor del borde superior del molde durante la descarga para evitar la segregación.
- **Número de capas:** La cantidad de capas recomendadas por espécimen cilíndrico se determinó mediante la Tabla 18

Tabla 18.

Número de capas requeridas por espécimen cilíndrico

Tamaño de espécimen, mm (pulg)	Modo de consolidación	Número de capas de aproximadamente igual profundidad
75 a 100 (3 o 4)	Varillado	2
150 (6)	Varillado	3
225 (9)	Varillado	4
Más de 225 (9)	Varillado	2

Fuente: NTP 339.183, 2013

- **Varillado*:*** Se compactó cada capa con el extremo semiesférico de la varilla usando la cantidad de golpes y tamaño de la varilla establecidos en la *Tabla 19*. Los golpes fueron

distribuidos de manera uniforme permitiendo que la varilla penetre la capa anterior aproximadamente 25 mm (1”). Luego de varillar cada capa, se golpeó suavemente los lados del molde con el martillo de goma de 10 a 15 veces.

- **Acabado*:*** Se enrasó la superficie con la varilla de compactación después de la consolidación

Tabla 19.

Diámetro de varilla y número de varillado por capa a usar en la elaboración de especímenes cilíndricos de prueba

Diámetro del cilindro, mm (pulg)	Diámetro de la varilla, mm (pulg)	Número de golpes por capa
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75

Fuente: NTP 339.183, 2013

d) Curado

- Se desmoldó los especímenes después de 24 h ± 8 h luego del vaciado.
- Después del desmolde, los especímenes fueron sumergidos en agua durante periodos requeridos.

En cuanto para el ensayo en el **concreto en estado fresco, se realizó la medición del asentamiento del concreto (NTP 339.035, 2009),** esta norma establece el procedimiento para medir el asentamiento del concreto, tanto en campo como en el laboratorio.

a) Aparatos

- **Molde*:*** Debe ser de metal no acatable con el cemento con un espesor mínimo de 1.5 mm. Tendrá forma cónica con un diámetro en la base inferior de 200 mm (8”), un diámetro superior de 100 mm (4”) y 300 mm (12”) de altura.
- **Barra compactadora:** Debe ser de acero liso, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, con el extremo de compactación semiesférico de 16 mm de diámetro.
- **Dispositivo de medida:** Una regla o un instrumento similar rígido o semirrígido con una longitud no menor de 300 mm.
- **Cucharón:** De forma y tamaño conveniente para colocar la muestra en el molde cónico sin derramar.

b) Procedimiento

- El molde fue humedecido y colocado sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda.
- Luego se llenó el molde en 3 capas de aproximadamente igual volumen usando el cucharón. El vaciado se hizo moviendo el cucharón alrededor del borde de la base superior para minimizar la segregación.
- Se apisonó con la barra compactadora con 25 golpes por cada capa en espiral. La primera capa fue compactada en todo su espesor, las capas restantes a través de todo su espesor penetrando ligeramente en la capa inferior inmediata.
- Antes de compactar la última capa, se llenó el molde por exceso. Luego del apisonado se procedió a enrasar con la barra de compactación sobre el borde superior del molde.

- Se mantuvo firmemente el molde sobre la superficie y se eliminó el concreto sobrante alrededor del molde.
- Luego se levantó cuidadosamente el molde en dirección vertical a una altura de 300 mm en 5 s ± 2 s. La operación completa se debe hacer sin interrupciones en 2.5 min como máximo.
- Inmediatamente se midió el asentamiento con el dispositivo de medida, tomando como referencia la altura del molde cónico

Asimismo, se realizó el ensayo de Temperatura de mezcla de **concreto (NTP 339.184, 2013),** Esta norma establece los lineamientos para determinar la temperatura del concreto en estado fresco.

a) Aparatos

- **Dispositivo para medición de temperatura:** Debe ser capaz de medir la temperatura con una precisión de ± 0.5 ºC, con un diseño que permita la inmersión de 75 mm o más.
- **Recipiente:** Con amplitud suficiente que permita obtener al menos 75 mm de concreto en todas las direcciones alrededor del dispositivo de medición.

b) Procedimiento

- Se introdujo el dispositivo de medida un mínimo de 75 mm en la mezcla de concreto fresco.
- Luego se presionó levemente la superficie del concreto alrededor del dispositivo de medición para prevenir que la temperatura ambiente afecte la lectura.
- Se dejó sumergido el dispositivo por un periodo mínimo de 2 minutos, pero no más de 5 minutos.

- Por último, se registró la temperatura sin retirar el dispositivo de medición del concreto, con una precisión de ± 0.5 ºC.

De la misma manera se realizó el ensayo de **DENSIDAD (PESO UNITARIO) DEL CONCRETO (NTP 339.046, 2008),** Esta norma establece el procedimiento para determinar la densidad del concreto en estado fresco.

a) Aparatos

- **Balanza:** Con una precisión de 0.3 % de la carga de ensayo.
- **Barra compactadora:** De acero, recta de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud aproximadamente, con el extremo de compactación semiesférico de 16 mm de diámetro.
- **Recipiente de medida:** Cilíndrico de acero. La capacidad mínima del recipiente fue determinada mediante la Tabla 20.

Tabla 20.

Capacidad del recipiente de medida en función al tamaño máximo nominal del agregado grueso

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Capacidad del recipiente de medición	
pulg	**mm**	**pie3**	**L**
1	25.0	0.2	6
1 ½	37.5	0.4	11
2	50.0	0.5	14
3	75.0	1.0	28
4 ½	112.0	2.5	70
6	150.0	3.5	100

Fuente: NTP 339.046, 2008

- **Mazo:** Un mazo con cabeza de cuero o caucho de 600 ± 200 g para usar con recipientes con capacidad de 14 L o menos, y un mazo de 1000 ± 200 g para usar con recipientes de mayor capacidad.

- **Cuchara:** De tamaño conveniente para evitar derramar la muestra de concreto durante su colocación en el recipiente de medida.

b) Procedimiento

- Se seleccionó el método de consolidación de acuerdo con la Tabla 21.

Tabla 21.

Método de consolidación del concreto en función de su asentamiento

Asentamiento	Método de consolidación del concreto
< 25 mm	Consolidación por vibrado
25 mm a 75 mm	Consolidación por apisonado o vibrado
> 75 mm	Consolidación por apisonado

Fuente: NTP 339.046, 2008

- Luego se vertió concreto en el recipiente de medida en 3 capas de aproximadamente igual volumen.

- Posteriormente se apisonó uniformemente cada capa con la barra compactadora, el número de golpes se determinó de acuerdo con la *Tabla 22*

Tabla 22.

Número de golpes en función a la capacidad del recipiente de medición

Capacidad del recipiente de medición	Número de golpes por capa
14 L o menos	25
28 L	50
Más de 28 L	1 golpe por cada 15 cm2 de superficie

Fuente: NTP 339.046, 2008

- Se apisonó la primera capa a través de todo su espesor sin golpear fuerte el fondo del recipiente.

- Para la segunda y tercera capa, la barra de compactación debe penetrar aproximadamente 25 mm en la capa inferior inmediata.
- Se golpeó de 10 a 15 veces los lados del recipiente con el mazo después del apisonado de cada capa.
- El recipiente no debe contener un exceso sustancial o falta de concreto en la última capa. Se considera óptimo un exceso de concreto de aproximadamente 3 mm sobre el borde superior del recipiente de medición.
- Se alisó suavemente con la barra compactadora después del apisonado, la superficie del concreto del borde superior del recipiente.
- Después del acabado, se limpió el concreto adherido en las paredes exteriores del recipiente de medida y luego se registró la masa del concreto más el recipiente.

c) Cálculo

La densidad (peso unitario) del concreto se calcula como sigue:

$$D_c = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Ecuación 19*. Densidad del concreto*

Donde:

Dc = Densidad del concreto, kg/m3
Mc = Masa del recipiente más el concreto, kg
Mm = Masa del recipiente de medida, kg
Vm = Volumen del recipiente de medida, m3

Por otro lado, se realizó el ensayo de **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO. (NTP 339.034, 2015),** Esta norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. Se aplica en concretos que tienen una masa unitaria mayor a 800 kg/m3.

a) Aparatos:

Máquina de ensayo: La máquina de ensayo será de capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad adecuada y continua, la maquina deberá ser operada por energía (no manual) y aplicar la carga continua sin intermitencia ni detenimiento. Si tiene una sola velocidad de carga.

b) Procedimiento:

- Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechos tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.
- Las probetas serán protegidos de perdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Las probetas serán ensayadas en condición húmeda.
- Todas las probetas de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturadas dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Tabla 23.

Edad determinada para ensayos de Concreto

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24h	± 0.5h o 2.1%
3d	± 2h o 2.8%
7d	± 6h o 3.6%
28d	± 20h o 3.0%
90d	± 48h o 2.2%

Fuente: NTP 339.034, 2015

- Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo, el bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal. Limpiar las áreas de contacto

de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo y colocar la probeta sobre el bloque inferior de rotura. Cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.

- Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.
- Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido.

c) Cálculo

- Calcular la resistencia a la compresión del espécimen por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada.
- Para calcular la resistencia a la compresión se aplica a siguiente fórmula:

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

***Ecuación 20**. Resistencia a la compresión*

Donde:

f'c = Resistencia a la compresión (kg/cm2)

P = Carga máxima alcanzada (kg).

A= Promedio de las áreas brutas superior de rotura aplicada indicada por la máquina (kg).

Asimismo, se realizó el ensayo de **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO DEL TRAMO (NTP 339.079, 2012)**

a) Aparatos

- **Máquina de ensayo**, la máquina de ensayo se ajustará a los requisitos de las secciones sobre la base de la verificación, correcciones e intervalo de tiempo entre verificaciones establecidas en la ASTM E4. Las máquinas de ensayo no están permitidas, cuando funcionan con bombas que no suministren una carga continúa hasta la falla y de un solo recorrido de pistón. Son autorizados el uso de motobombas o bombas manuales de desplazamiento positivo con volumen suficiente en un movimiento continuó para completar el ensayo sin necesidad de reabastecimiento y debiendo ser capaces de aplicar cargas a una velocidad uniforme, sin golpes, ni interrupciones.
- **Aparato de carga, e**l mecanismo por el cual son aplicadas las fuerzas al espécimen deberá emplear un bloque de aplicación de carga y dos bloques de soporte del espécimen. La carga deberá aplicarse perpendicularmente a la cara superior de la viga de manera tal que se evite toda excentricidad. En la Figura 1 se muestra un dispositivo adecuado
- Todos los aparatos para la determinación de la resistencia a la flexión con carga en el centro del tramo, deben ser similares al presentado en la Figura 1 y deberán mantener constante la distancia entre apoyos y la posición del bloque central de carga, con respecto a los bloques de soporte con una tolerancia de ± 1,0 mm.
- La dirección de las reacciones deberá ser paralelas a la dirección de la carga aplicada en todo momento mientras se realice la prueba y la relación entre la distancia horizontal desde el punto de aplicación de la carga a su reacción más cercana a la altura de la viga será de 1,5 ± 2%.

- Los bloques de carga y de apoyo no tendrán más de 65 mm de altura, medida desde el centro o eje del pivote y deberán abarcar todo el ancho de la viga. Cada superficie de apoyo en contacto con la viga no se apartará de un plano por más de 0,05 mm, tendrá forma cilíndrica y su eje deberá coincidir con el del rodillo o con el centro de la rótula esférica, según sea el caso.
- El ángulo definido por la superficie curva de cada bloque deberá tener por lo menos 45°. Los bloques de carga y de apoyo deberán mantenerse en posición vertical y en contacto con el rodillo o rótula esférica por medio de tornillos con resortes que los mantengan en contacto. El rodillo en el centro del bloque de aplicación de la carga puede omitirse cuando se utiliza un bloque esférico asentado con rótula.

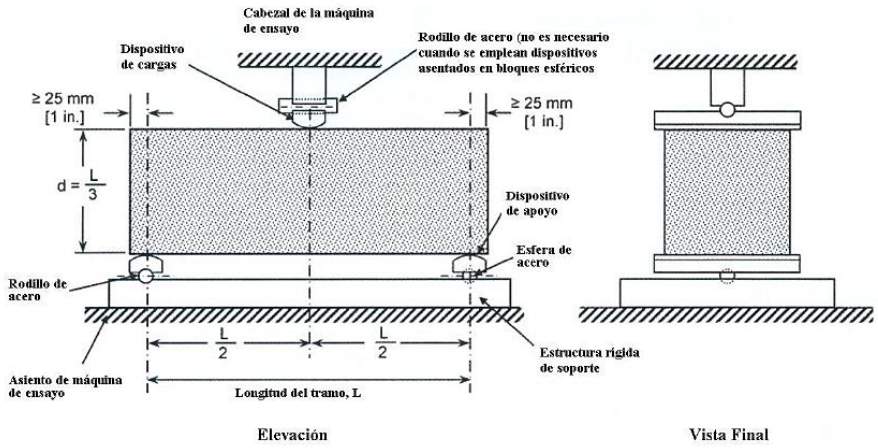


Figura 2. Diagrama de un dispositivo adecuado para la prueba de flexión del concreto por el método de carga en el punto medio

Fuente: (NTP 339.079, 2012)

b) Procedimiento

- Las pruebas de flexión en probetas curadas con humedad se deben realizar tan pronto como sea posible después de retirarlas de la cámara de curado. Las vigas con superficie seca arrojan resultados menores en mediciones del módulo de rotura.

- Se rota la probeta hacia un lado desde la posición de moldeado y se centra sobre los bloques de soporte. Centre el sistema de carga en relación con la fuerza aplicada. Ponga el bloque de aplicación de carga en contacto con la superficie de la muestra en el centro y aplique una carga entre el 3 % y el 6 % de la carga máxima estimada.
- Usando medidores de espesores tipo lámina de 0,10 mm y 0,40 mm, determinar si existe algún vacío entre la muestra y el bloque de aplicación de la carga o los bloques de soporte que sea mayor o menor que cada uno de los medidores de espesor en una longitud de 25 mm o más. Usando medidores de espesores tipo lámina de 0,10 mm y 0,40 mm, determinar si existe algún vacío entre la muestra y el bloque de aplicación de la carga o los bloques de soporte que sea mayor o menor que cada uno de los medidores de espesor en una longitud de 25 mm o más. Si no se obtuviese un contacto total entre la viga y las placas de aplicación de la carga o de apoyo será necesario lijar con tiras de cuero para eliminar toda diferencia de más de 0,10 mm. Las tiras de cuero deberán ser uniformes de 6 mm de espesor, de 25 a 50 mm de ancho y se extenderán a todo el contorno de la viga. Las irregularidades de más de 0,40 mm deberán ser eliminadas mediante un proceso de esmerilado. El pulimento de las superficies laterales se debe disminuir tanto como sea posible, ya que puede cambiar las propiedades físicas de la viga. El refrentado se deberá hacer de conformidad con las secciones pertinentes de la NTP 339.037.
- Cargar la viga de forma continua y sin impactos. Aplicar la carga a una velocidad constante hasta el punto de rotura. Aplicar la carga a una velocidad que incremente el esfuerzo en la fibra extrema, entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min. El rango de velocidad de aplicación de la carga se calcula con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{2Sbd^2}{3L}$$

***Ecuación 21**. rango de velocidad de aplicación de carga*

Donde:

r = es el rango de velocidad de aplicación de carga, en N/min

S = tasa de incremento de la tensión máxima en la cara de tracción, en MPa/min,

b = Ancho promedio de la viga conforme fue orientada para el ensayo, mm,

d = altura promedio de la viga conforme fue orientada para el ensayo, mm,

L = longitud del tramo, en mm

c) Mediciones del espécimen después del ensayo

Se Para determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra para su aplicación en el cálculo del módulo de ruptura, tomar las mediciones a través de una de las caras fracturadas después de la prueba. El ancho y la altura se miden en la muestra, conforme fue orientada o dispuesta para el ensayo. Para cada dimensión, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal. Tomar un total de tres medidas a lo largo de cada seccion (una en cada extremo y al centro), para determinar el ancho promedio y altura promedio. Tomar todas las medidas con una precisión de 1 mm. Si la fractura ocurre en una sección de refrentado, se incluye la medida del espesor de la capa.

d) Expresión de resultados

Cálculos

Se calcula el módulo de rotura de la siguiente manera:

$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

***Ecuación 22**. Módulo de rotura*

Donde:

M_r = módulo de rotura, MPa

P = máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, N

L= longitud del tramo, mm

b = ancho promedio del espécimen en el punto de fractura, mm.

h = altura promedio del espécimen, en el punto de fractura mm.

e) Precisión y Desviación

Precisión, se ha observado que el coeficiente de variación de los resultados de la prueba depende del nivel de resistencia de las vigas. Cuando se trate de un mismo operador, en un mismo laboratorio, el coeficiente de variación se ha establecido en 4,4 %. Luego los resultados de dos ensayos realizados adecuadamente por el mismo operador sobre vigas hechas a partir de la muestra del mismo lote, se espera que no diferirán en más de 12 %.

Cuando se trate de varios laboratorios, el coeficiente de variación se ha establecido en 5,3 %. Luego los resultados de dos laboratorios diferentes sobre vigas hechas de la muestra de un mismo lote, se espera que no diferirán entre sí en más de 15 %.

Desviación, en la presente norma no se establece la desviación mientras no sea aceptado un procedimiento normalizado para determinarla.

Por último, en el caso de los aspectos éticos, se tuvo como primera consideración el beneficio de esta investigación ya que fomentará estudios de temas similares, sirviendo como antecedente previo para ellos. Como segunda consideración, para el estudio la no manipulación de datos, es decir, se garantiza que no se adulteró ni manipulo ningún valor extraído del laboratorio, la información fue recopilada tal cual reflejan en las fichas de recolección de datos mostradas en los anexos. Como tercera consideración, la investigación

consta de información actualizada y veraz, ya que cumple con la normativa bibliográfica solicitada, así mismo se realizó una profunda revisión e investigación en fuentes confiables para la recolección de información y datos, respetando la autoría de cada una de las fuentes de información en las citas y referencias de esta investigación. Como cuarta consideración, se asegura la transparencia y veracidad de los resultados obtenidos en el laboratorio Quiality Control Exprés S.A.C, puesto que, se mostró los resultados sin alterar ningún dato. Finalmente, la autonomía ya que el presente estudio de investigación será analizado mediante un software para descartar todo tipo de plagio antes de su publicación.

CAPITULO III. RESULTADOS

En este presente capítulo se presenta los resultados de la caracterización de la materia prima, a los cuales se les realizó ensayos de análisis granulométrico, contenido de humedad, peso específico, peso unitario y absorción, que posteriormente serán utilizadas para la elaboración de la mezcla de las probetas (cilíndricas y rectangulares), con sustitución del cemento por polvo de carbón mineral antracita, también se presenta los ensayos al concreto en estado fresco. Así mismo los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del concreto.

Tabla 24.

Análisis granulométrico del agregado fino

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO

Tipo de agregado:	Agregado Fino				**NTP 400.037**	**Mf min:**	2.3
Procedencia:	Cantera "Quebrada el León"					**Mf máx.:**	3.1
Peso seco inicial:	1220					**Módulo de Fineza:**	3.02

Tamiz	**Abertura (mm)**	**Peso Reten. (gr)**	**% Reten. Parcial**	**% Reten. Acum.**	**% Que Pasa**	**NTP 400.037**	
						Mínimo	**Máximo**
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100.0
N° 4	4.750	40.8	3.4	3.4	96.6	95.0	100.0
N° 8	2.360	117.2	9.6	13.0	87.0	80.0	100.0
N° 16	1.180	279.8	23.0	36.0	64.0	50.0	85.0
N° 30	0.600	390.5	32.1	68.1	31.9	25.0	60.0
N° 50	0.300	220.3	18.1	86.2	13.8	5.0	30.0
N° 100	0.150	112.0	9.2	95.4	4.6	0.0	10.0
N° 200	0.075	44.9	3.7	99.1	0.9	0.0	5.0
Fondo		11.3	0.9	100.0	0.0		

Nota: Se presentan los resultados de los análisis granulométricos del agregado fino, que se realizó según la norma (NTP 400.012) que servirá para el diseño de mezcla.

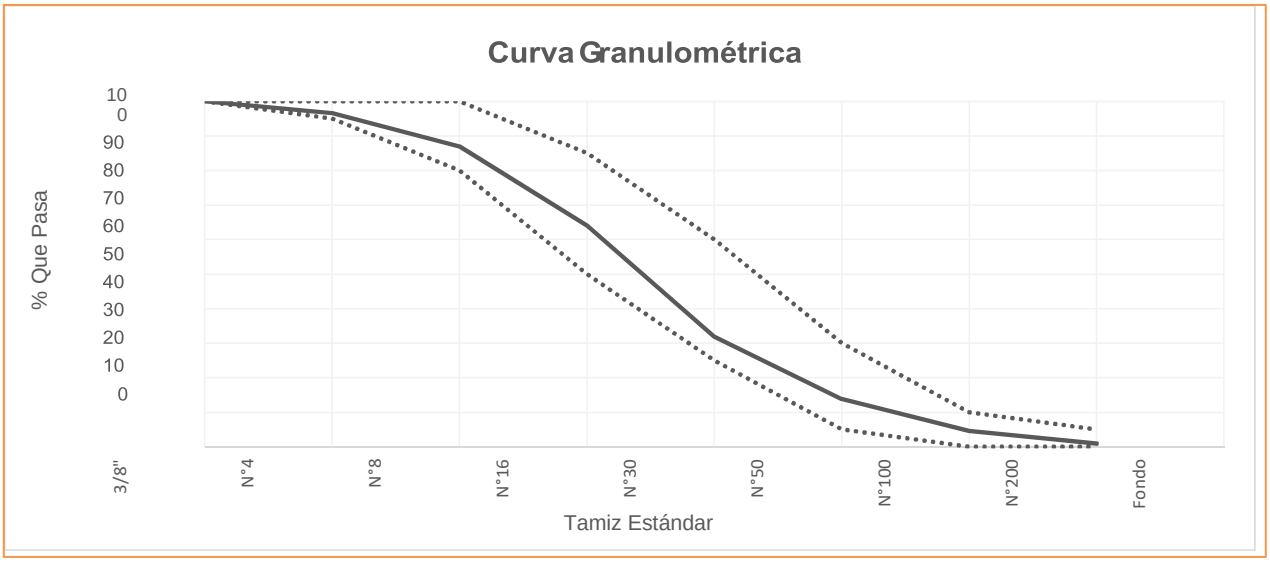


Figura 3. Curva granulométrica del agregado fino

Tabla 25.

Análisis granulométrico del agregado grueso

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)							
Tipo de agregado:	Agregado Fino			**Tamaño máx. Nominal (TMN)**		3/4"	
Procedencia:	Cantera "Quebrada el León"			**Tamaño Máximo (TM)**		1"	
Tamiz	**Abertura (mm)**	**Peso Reten. (gr)**	**% Reten. Parcial**	**% Reten. Acum.**	**% Que Pasa**	**NTP 400.037**	
						Mínimo	**Máximo**
1½"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	249.0	4.5	4.5	95.5	90.0	100.0
1/2"	12.50	2405.0	43.5	48.0	52.0	0.0	0.0
3/8"	9.50	1479.0	26.8	74.8	25.2	20.0	55.0
N° 4	4.75	1317.0	23.8	98.6	1.4	0.0	10.0
N° 8	2.36	74.0	1.3	99.9	0.1	0.0	5.0
N° 16	1.18	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Fondo		4.0	0.1	100.0	0.0		

Nota: se presentan los resultados de los análisis granulométricos del agregado grueso, que se realizó según la norma (NTP 400.012) que servirá para el diseño de mezcla.

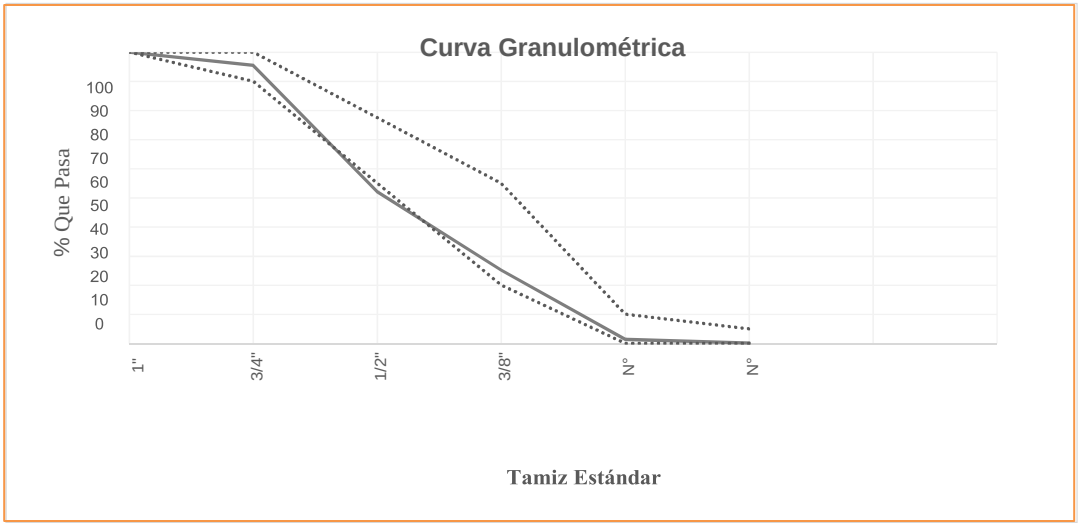


Figura 4. Curva granulométrica del agregado grueso

Tabla 26.

Contenido de humedad del agregado fino

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
N° Muestra	**Peso muestra húmeda (gr)**	**Peso muestra seca (gr)**	**Contenido de Humedad (%)**	**Humedad prom. (%)**
1	1025.6	1018.1	0.7	
2	1012.2	1006.6	0.6	**0.7**
3	1017.3	1010.2	0.7	

Nota: Se presenta el contenido de humedad del agregado fino que se realizó según la (NTP 339.185), el contenido de humedad promedio para las 3 muestras es de 0.7%

Tabla 27.

Contenido de humedad del agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO				
N° Muestra	**Peso muestra húmeda (gr)**	**Peso muestra seca (gr)**	**Contenido de Humedad (%)**	**Humedad prom. (%)**
1	3174	3155	0.6	
2	3032	3017	0.5	**0.6**
3	3125	3106	0.6	

Nota: Se presenta el contenido de humedad del agregado grueso que se realizó según la (NTP 339.185), el contenido de humedad promedio para las 3 muestras es de 0.6%

Tabla 28.

Peso unitario seco suelto del agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO			
Descripción	**N° de muestra**		
	1	**2**	**3**
Peso de la muestra en estado suelto (kg)	11.214	11.257	11.294
Peso de recipiente (kg)	3.527	3.527	3.527
Peso recipiente + muestra suelta (kg)	14.741	14.784	14.821
Volumen del recipiente (m3)	0.0071	0.0071	0.0071
Peso unitario suelto (kg/m3)	1.591	1.591	1.602
Promedio Peso unitario suelto (kg/m3)		1.597	

Nota: Se indica la cantidad de agregado fino y resultado del peso unitario suelto promedio que fue de 1.597 kg/m3.

Tabla 29.

Peso unitario seco suelto del agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO			
Descripción	N° de muestra		
	1	**2**	**3**
Peso de muestra en estado suelto (kg)	10.074	9.926	10.041
Peso de recipiente (kg)	3.527	3.527	3.527
Peso recipiente + muestra suelta (kg)	13.601	13.453	13.568
Volumen del recipiente (m3)	0.0071	0.0071	0.0071
Peso unitario suelto (kg/m3)	1.429	1.408	1.424
Promedio Peso unitario suelto (kg/m3)		1.420	

Nota: Se indica la cantidad de agregado fino y resultado del peso unitario suelto promedio que fue de 1.420 kg/m3.

Tabla 30.

Peso unitario Compactado del agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTAD0 DEL AGREGADO FINO			
Descripción	N° de muestra		
	1	**2**	**3**
Peso de la muestra en estado compactado (kg)	12.277	12.265	12.318
Peso de recipiente (kg)	3.527	3.527	3.527
Peso recipiente + muestra apisonada (kg)	15.804	15.792	15.845
Volumen del recipiente (m3)	0.0071	0.0071	0.0071
Peso unitario compactado (kg/m3)	1.741	1.740	1.747
Promedio Peso unitario compactado (kg/m3)		1.743	

Nota: Se indica el peso unitario compactado de agregado fino realizado según la norma (NTP 400.017), con un valor promedio de 1.743 kg/m3.

Tabla 31.

Peso unitario compactado del agregado grueso

PESO UNITARIO COMPACTADA DEL AGREGADO			
Descripción	N° de muestra		
	1	**2**	**3**
Peso de muestra en estado compactado (kg)	11.119	11.162	11.176
Peso de recipiente (kg)	3.527	3.527	3.527
Peso recipiente + muestra apisonada (kg)	14.646	14.689	14.703
Volumen del recipiente (m3)	0.0071	0.0071	0.0071
Peso unitario compactado (kg/m3)	1.577	1.583	1.585
Promedio Peso unitario compactado (kg/m3)		1.582	

Nota: Se indica el peso unitario compactado de agregado grueso realizado según la norma (NTP 400.017) con un valor promedio de 1.582kg/m3.

Tabla 32.

Peso específico y absorción del agregado fino

PESO ESPECIFICO Y ABSORSION DE LOS AGREGADOS			
Descripción	**N° de muestra**		
	1	**2**	**3**
Peso de la muestra secada en horno al aire (gr)	545.30	552.00	552.10
Peso del pignometro lleno de agua (gr)	669.20	669.20	669.20
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	1014.10	1017.90	1017.78
Peso de la muestra en estado SSS	551.30	559.40	559.25
Peso específico base seca (gr/cm3)	2.64	2.62	2.62
Promedio (gr/cm3)		**2.63**	
Peso específico base SSS (gr/cm3)	2.67	2.65	2.65
Promedio (gr/cm3)		**2.66**	
Absorción (%)	1.10	1.30	1.19
Promedio (gr/cm3)		**1.20**	

Nota: Se presentan los resultados del peso específico y absorción del agregado fino, que fueron realizados según la norma (NTP 400.022)

Tabla 33.

Peso específico y absorción del agregado grueso

PESO ESPECIFICO Y ABSORSION DEL AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCION	**N° MUESTRA**		
	1	**2**	**3**
Peso de la muestra secada en horno al aire (gr)	3069.00	3161.00	3070.00
Peso de la muestra en estado SSS al aire (gr)	3105.00	3189.00	3108.00
Peso de la muestra saturada en agua (gr)	1963.00	2021.00	1964.00
Peso específico masa seca (gr/cm3)	2.69	2.71	2.70
Promedio (gr/cm3)		**2.70**	
Peso específico masa SSS (gr/cm3)	2.72	2.73	2.73
Promedio (gr/cm3)		**2.73**	
Absorción (%)	1.20	0.90	1.20
Promedio (gr/cm3)		**1.10**	

Nota: Se presentan los resultados del peso específico y absorción del agregado grueso, que fueron realizados según la norma (NTP 400.021)

Tabla 34.

Peso específico del polvo de carbón mineral antracita

PESO ESPECIFICO DEL POLVO DE CARBON MINERAL			
Descripción	**N° de muestra**		
	1	**2**	**3**
Peso de la muestra (gr)	518.5	502.3	507.7
Peso del pignometro lleno de agua (gr)	669.2	669.2	669.2
Peso del pignometro lleno de muestra y agua (gr)	880.8	864.6	873.3
Volumen de agua desplazada del pignometro(cm3)	306.9	306.9	303.6
Peso especifico	1.69	1.64	1.67
Promedio		**1.67**	

Nota: Se presenta el resultado del peso específico del polvo mineral antracita de acuerdo a lo presentado en el cuadro y realizado según la norma técnica peruana (NTP 400.022)

Asi mismo se presenta el Diseño de mezcla (ACI 211) (Anexo N° 3)

✓ **Datos**

- cemento Portland Tipo I con las especificaciones técnicas del ASTM C150
- f'c=210 kg/cm2
-Contenido de aire 2%
-Slump 3" a 4"

✓ **Agregados**

- Las características de los agregados finos y gruesos son los siguientes (**ver tabla 35**)

Tabla 35.

Características de los agregados

Descripción	A. Fino	A. Grueso
Módulo de finura	3.02	6.78
Tamaño máximo	-	1"
Tamaño M. nominal	-	3/4"
Contenido de Humedad (%)	0.7	0.6
Absorción (%)	1.2	1.1
Peso específico de la masa seca (kg/cm3)	2.630	2.700
peso específico de la masa SSS (kg/cm3)	2.660	2.730
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1.597	1.420
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1.743	1.582

Nota: Se presenta el resumen de los resultados obtenidos para el agregado fino y grueso, que fueron realizados según lo establecido en la norma técnica peruana

Para el diseño se elaboración de 12 probetas cilíndricas de concreto (tanda de producción) por cada dosificación, según el ACI 211 se obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla 36)

Tabla 36.

Cantidad de material para cada dosificación de probetas a compresión

Descripción	Porcentaje de adición de carbón mineral antracita				
	0%	5%	10%	15%	20%
Carbón mineral Antracita (kg)	0	0.513	1.025	1.538	2.05
cemento tipo I (kg)	10.25	9.738	9.225	8.713	8.20
agua (L)	5.984	5.981	5.981	5.975	5.975
Arena (kg)	22.247	22.247	22.247	22.247	22.247
Piedra (kg)	26.737	26.737	26.737	26.737	26.737
P. Unitario (kg/m3)	**65.22**	**65.22**	**65.22**	**65.22**	**65.22**

Nota: Se indican las cantidades de materiales a utilizar de acuerdo a los porcentajes indicados para el análisis respectivo de las probetas sometidas a compresión.

Asimismo, Para la elaboración de 3 probetas rectangulares de concreto (tanda de producción) por cada dosificación, según el ACI 211 se obtuvieron los siguientes resultados (**ver tabla 37**)

Tabla 37.

Cantidad de material para cada dosificación de probetas a flexión

Descripción	Porcentaje de adición de carbón mineral antracita				
	0%	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**
Carbón mineral Antracita (kg)	0	0.769	1.538	2.306	3.075
cemento tipo I (kg)	15.375	14.606	13.838	13.069	12.30
agua (L)	8.975	8.971	8.971	8.967	8.963
Arena (kg)	33.926	33.926	33.926	33.926	33.926
Piedra (kg)	40.106	40.106	40.106	40.106	40.106
aire	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
P. Unitario (kg/m3)	**98.402**	**98.398**	**98.399**	**98.394**	**98.39**

Nota: Se indican las cantidades de materiales a utilizar de acuerdo a los porcentajes indicados para el análisis respectivo de las probetas sometidas a flexión.

Tabla 38.

Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco

Descripción	Asentamiento (pulg)	Temperatura (°C)	Peso unitario (kg/m3)
C. patrón	4 3/4	22.0	**2340.00**
C. 5 % de carbón antracita	4 1/2	22.5	**2328.00**
C. 10 % de carbón antracita	4 3/4	22.0	**2319.00**
C. 15 % de carbón antracita	5 1/4	21.5	**2298.00**
C.20 % de carbón antracita	4 1/4	23.5	**2292.00**

Nota: Se presenta el asentamiento respectivo presentado por la sustitución de carbón mineral antracita de acuerdo a los porcentajes establecidos como estudio.

Por otro lado, para la resistencia a la compresión de concreto en especímenes cilíndricos (NTP 339.034), Se realizaron 60 ensayos a la compresión con distintas dosificaciones (0%, 5%, 10, 15% y 20%) y a los distintos días de curado (7, 14 y 28) tal como se muestra en las siguientes tablas de resultados 40, 41 y 42

Tabla 39.

Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de curado

% de sustitución de Carbón Mineral	Descripción	N° probetas	Diámetro promedio (cm)	Área (cm2)	carga (kg)	f'c a la compresión (kg/cm2)	f'c promedio (kg/cm2)	% f'c con respecto a 210 (kg/cm2)
0%	Patrón	**P**1	10.1	80.12	21199	265	**263.33**	125%
		P2	10.1	80.12	20898	261		
		P3	10.1	80.12	21191	264		
5%	P. Carbón Mineral	CM**5**-1	10.1	80.12	22348	279	**280.00**	133%
		CM**5**-2	10.1	80.12	22285	278		
		CM**5**-3	10.1	80.12	22662	283		
10%	P. Carbón Mineral	CM**10**-1	10.1	80.12	21098	263	**263.00**	125%
		CM**10**-2	10.1	80.12	21114	264		
		CM**10**-3	10.1	80.12	21010	262		
15%	P. Carbón Mineral	CM**15**-1	10.1	80.12	17523	219	**219.67**	105%
		CM**15**-2	10.1	80.12	17269	216		
		CM**15**-3	10.1	80.12	17926	224		
20%	Carbón Mineral	CM**20**-1	10.1	80.12	16432	205	**208.33**	99%
		CM**20**-2	10.1	80.12	16985	212		
		CM**20**-3	10.1	80.12	16657	208		

Nota: Se presentan los resultados obtenidos de las probetas sometidas a compresión con un tiempo de curado de 07 días, en el cual se observa que, de los porcentajes de sustitución establecidos, se obtiene un mejor resultado con el 5% de sustitución en comparación con la muestra patrón. Todo lo contrario, sucede con el 20% de sustitución que es el más desfavorable, de acuerdo a los resultados obtenidos.

Tabla 40.

Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días de curado

% de sustitución de Carbón Mineral	Descripción	N° probetas	Diámetro promedio (cm)	Área (cm2)	carga (kg)	f'c a la compresión (kg/cm2)	f'c promedio (kg/cm2)	% f'c con respecto a 210 (kg/cm2)
0%	Patrón	**P**1	10.1	80.12	23687	296	**295.67**	141%
		P2	10.1	80.12	23594	294		
		P3	10.1	80.12	23817	297		
5%	Carbón Mineral	CM**5**-1	10.1	80.12	24461	305	**307.67**	147%
		CM**5**-2	10.1	80.12	24587	307		
		CM**5**-3	10.1	80.12	24890	311		
10%	Carbón Mineral	CM**10**-1	10.1	80.12	23878	298	**297.00**	141%
		CM**10**-2	10.1	80.12	23702	296		
		CM**10**-3	10.1	80.12	23774	297		
15%	Carbón Mineral	CM**15**-1	10.1	80.12	21748	271	**271.00**	129%
		CM**15**-2	10.1	80.12	21810	272		
		CM**15**-3	10.1	80.12	21671	270		
20%	Carbón Mineral	CM**15**-1	10.1	80.12	20493	256	**254.33**	121%
		CM**15**-2	10.1	80.12	20389	254		
		CM**15**-3	10.1	80.12	20296	253		

Nota: Se presentan los resultados obtenidos de las probetas sometidas a compresión con un tiempo de curado de 14 días, en el cual se observa que, de los porcentajes de sustitución establecidos, se obtiene un mejor resultado con el 5% de sustitución en comparación con la muestra patrón. Todo lo contrario, sucede con el 20% de sustitución que es el más desfavorable, de acuerdo a los resultados obtenidos.

Tabla 41.

Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado

% de sustitución de Carbón Mineral	Descripción	N° probetas	Diámetro promedio (cm)	Área (cm2)	carga (kg)	f'c a la compresión (kg/cm2)	f'c promedio (kg/cm2)	% f'c con respecto a 210 (kg/cm2)
0%	Patrón	**P**1	10.1	80.12	27108	338	**337.17**	160%
		P2	10.1	80.12	27029	337		
		P3	10.1	80.12	27009	337		
		P4	10.1	80.12	26898	336		
		P5	10.1	80.12	26990	337		
		P6	10.1	80.12	27087	338		
5%	Carbón Mineral	CM**5**-1	10.1	80.12	27592	344	**344.17**	164%
		CM**5**-2	10.1	80.12	27712	346		
		CM**5**-3	10.1	80.12	27546	344		
		CM**5**-4	10.1	80.12	27520	343		
		CM**5**-5	10.1	80.12	27536	344		
		CM**5**-6	10.1	80.12	27528	344		
10%	Carbón Mineral	CM**10**-1	10.1	80.12	27250	340	**338.00**	161%
		CM**10**-2	10.1	80.12	26990	337		
		CM**10**-3	10.1	80.12	27179	339		
		CM**10**-4	10.1	80.12	27174	339		
		CM**10**-5	10.1	80.12	26908	336		
		CM**10**-6	10.1	80.12	27022	337		
15%	Carbón Mineral	CM**15**-1	10.1	80.12	23225	290	**290.67**	138%
		CM**15**-2	10.1	80.12	23198	290		
		CM**15**-3	10.1	80.12	23398	292		
		CM**15**-4	10.1	80.12	23245	290		
		CM**15**-5	10.1	80.12	23346	291		
		CM**15**-6	10.1	80.12	23287	291		
20%	Carbón Mineral	CM**20**-1	10.1	80.12	22049	275	**273.50**	130%
		CM**20**-2	10.1	80.12	22068	275		
		CM**20**-3	10.1	80.12	21756	272		
		CM**20**-4	10.1	80.12	21989	274		
		CM**20**-5	10.1	80.12	21898	273		
		CM**20**-6	10.1	80.12	21810	272		

Nota: Se presentan los resultados obtenidos de las probetas sometidas a compresión con un tiempo de curado de 28 días, en el cual se observa que, de los porcentajes de sustitución establecidos, se obtiene un mejor resultado con el 5% de sustitución en comparación con la muestra patrón. Todo lo contrario, sucede con el 20% de sustitución que es el más desfavorable, de acuerdo a los resultados obtenidos.

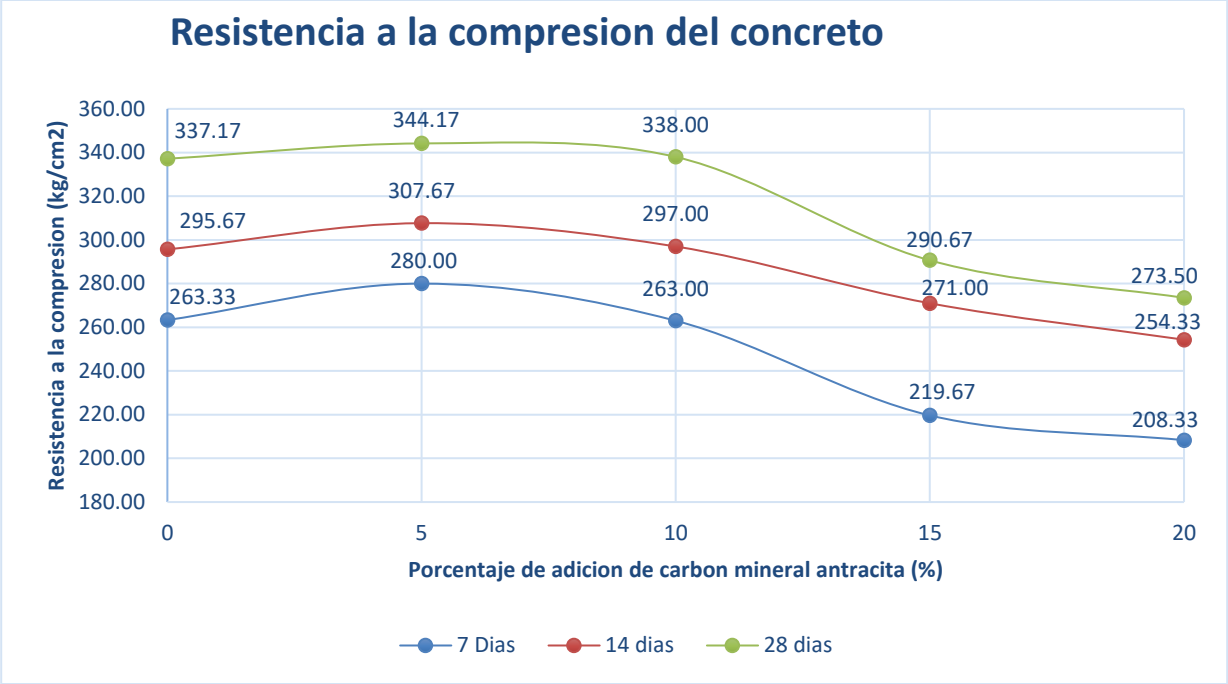


Figura 5. Resultados promedios de la resistencia a la compresión del concreto con diferentes porcentajes de polvo de carbón mineral antracita a 7, 14 y 28 días de curado.

Con respecto a la prueba de hipótesis se realizó a probetas ensayadas a los 7 días de curado, la aplicación de polvo de carbón mineral antracita como sustituto del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 210 kg/cm2.

Hipótesis nula (Ho): No existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita.

Hipótesis nula (H1): Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita.

Tabla 42.

Análisis de los resultados descriptivos a la resistencia a la compresión a los 7 días de curado

Descripción	Media	Desviación Estándar	Varianza	95% de intervalo de confianza para la media		mínimo	máximo
				límite inferior	límite superior		
Probetas patrón	263.33	2.08	4.33	258.16	268.50	261.00	265.00
Probetas con 5% de carbón Antracita	280.00	2.65	7.00	273.43	286.57	278.00	283.00
Probetas con 10% de carbón Antracita	263.00	1.00	1.00	260.52	265.48	262.00	264.00
Probetas con 15% de carbón Antracita	219.67	4.04	16.33	209.63	229.71	216.00	224.00
Probetas con 20% de carbón Antracita	208.33	3.51	12.333	199.61	217.06	205.00	212.00

Nota: Se presenta el análisis de los resultados descriptivos a la resistencia a la compresión a los 07 días de curado, en el cual se evidencia la síntesis de la información de cada muestra de concreto.

Se hace el Análisis de los resultados obtenidos, para corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente entre los grupos.

Tabla 43.

Análisis de Normalidad los de probetas a 7 días de curado

Shapiro- wilk				
Descripción	**Estadístico**	**N° Probetas**	**Significancia**	**Análisis**
Probetas patrón	0.923	3.000	0.463	presenta normalidad
Probetas con **5%** de carbón Antracita	0.893	3.000	0.363	presenta normalidad
Probetas con **10%** de carbón Antracita	1.000	3.000	1.000	presenta normalidad
Probetas con **15%** de carbón Antracita	0.980	3.000	0.726	presenta normalidad
Probetas con **20%** de carbón Antracita	0.993	3.000	0.843	presenta normalidad

Nota: Se presenta las probetas a 7 días de curado, observamos que el GL=3, que es menor a 50, por lo tanto, se utiliza la prueba de shapiro-Wilk, así mismo la significancia P-valor > 0.05, se determina que la distribución de los especímenes es normal, por lo tanto, la hipótesis será paramétrica.

Se hace el análisis de prueba de homogeneidad de varianzas aplicando el estadístico de Levene para la comparación de los resultados obtenidos de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas.

Tabla 44.

Análisis de Homogeneidad de varianzas de probetas a los 7 días de curado

Descripción	Estadístico de Levene	Significancia	Análisis
Se basa en la media	1.189	0.373	Presenta homogeneidad

Nota: Se observa que la significancia P- valor > 0.05, por lo tanto, las muestras presentan homogeneidad

Se realiza la prueba de hipótesis aplicando **ANOVA**

Tabla 45.

Prueba de hipótesis, Anova para probetas a los 7 días de curado

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	sig.
Se basa en la media	11561.733	2890.433	352.492	0.001

Nota: Según los datos obtenidos en la tabla 45, donde la significancia P-valor < 0.05 se acepta la variable alterna H1.

Se concluye que como el valor de significancia es menor que 0.05 Se acepta la variable alterna (H1), Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, y 20% de carbón mineral antracita

Asimismo, se realiza la Prueba de hipótesis a probetas ensayadas a los 14 días de curado, la aplicación de polvo de carbón mineral antracita como sustituto del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 210 kg/cm2.

Hipótesis nula (Ho): No existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita.

Hipótesis nula (H1): Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita.

Tabla 46.

Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión a los 14 días de curado

Descripción	Media	Desviación Estándar	Varianza	95% de intervalo de confianza para la media		mínimo	máximo
				límite inferior	límite superior		
Probetas patrón	295.67	1.53	2.33	291.87	299.46	294.00	297.00
Probetas con **5**% de carbón Antracita	307.67	3.06	9.33	300.08	315.26	305.00	311.00
Probetas con **10%** de carbón Antracita	297.00	1.00	1.00	294.52	299.48	296.00	298.00
Probetas con **15%** de carbón Antracita	271.00	1.00	1.00	268.52	273.48	270.00	272.00
Probetas con **20%** de carbón Antracita	254.33	1.53	2.33	250.54	258.13	253.00	256.00

Nota: Se presenta el análisis de los resultados descriptivos a la resistencia a la compresión a los 14 días de curado, en el cual se evidencia la síntesis de la información de cada muestra de concreto

Se realiza el análisis de los resultados obtenidos, para corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente entre los grupos.

Tabla 47.

Análisis de Normalidad para probetas a los 14 días de curado

	Shapiro-Wilk			
Descripción	**Estadístico**	**N° Probetas**	**Significancia**	**Análisis**
Probetas patrón	0.964	3.000	0.637	presenta normalidad
Probetas con **5%** de carbón Antracita	0.964	3.000	0.637	presenta normalidad
Probetas con **10%** de carbón Antracita	1.000	3.000	1.000	presenta normalidad
Probetas con **15%** de carbón Antracita	1.000	3.000	1.000	presenta normalidad
Probetas con **20%** de carbón Antracita	0.964	3.000	0.637	presenta normalidad

Nota: Observamos que el GL=3, que es menor a 50, por lo tanto, se utiliza la prueba de shapiro-Wilk, así mismo la significancia P-valor > 0.05, se determina que la distribución de los especímenes es normal, por lo tanto, la hipótesis será paramétrica.

Se realiza el análisis de prueba de homogeneidad de varianzas aplicando el estadístico de Levene para la comparación de los resultados obtenidos de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas.

Tabla 48.

Análisis de Homogeneidad de varianzas para probetas a los 14 días de curado

Descripción	**Estadístico de Levene**	**Significancia**	**Análisis**
Se basa en la media	1.708	0.224	Presenta homogeneidad

Nota: Se observa que la significancia P- valor > 0.05, por lo tanto, las muestras presentan homogeneidad

Se realiza la prueba de hipótesis aplicando **ANOVA**

Tabla 49.

Prueba de hipótesis ANOVA para probetas a los 14 días de curado

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	sig.
Se basa en la media	5723.733	1434.667	447.167	0.001

Nota: Observamos la significancia P-valor < 0.05 se acepta la variable alterna H1.

Se concluye que Como el valor de significancia es menor que 0.05 Se acepta la variable alterna (H1), Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Finalmente se realiza la Prueba de hipótesis a probetas ensayadas a los 28 días de curado, La aplicación de polvo de carbón mineral antracita como sustituto del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 210 kg/cm2.

Hipótesis nula (Ho): No existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita.

Hipótesis nula (H1): Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita.

Tabla 50.

Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión a los 28 días de curado

Descripción	Media	Desviación Estándar	Varianza	95% de intervalo de confianza para la media		mínimo	máximo
				límite inferior	límite superior		
Probetas patrón	337.17	0.75	0.57	336.38	337.96	336.00	338.00
Probetas con **5%** de carbón Antracita	344.17	0.98	0.97	343.13	345.20	343.00	346.00
Probetas con **10%** de carbón Antracita	338.00	1.55	2.40	336.37	339.63	336.00	340.00
Probetas con **15%** de carbón Antracita	290.67	0.82	0.67	289.81	291.52	290.00	292.00
Probetas con **20%** de carbón Antracita	273.50	1.38	1.90	272.05	274.95	272.00	275.00

Nota: Se presenta el análisis de los resultados descriptivos a la resistencia a la compresión a los 28 días de curado, en el cual se evidencia la síntesis de la información de cada muestra de concreto

Se realiza el Análisis de los resultados obtenidos, para corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente entre los grupos.

Tabla 51.

Análisis de normalidad para probetas a los 28 días de curado

	Shapiro - Wilk			
Descripción	**Estadístico**	**N° Probetas**	**Significancia**	**Análisis**
Probetas patrón	0.923	6.000	0.463	presenta normalidad
Probetas con 5% de carbón Antracita	0.893	6.000	0.363	presenta normalidad
Probetas con 10% de carbón Antracita	1.000	6.000	1.000	presenta normalidad
Probetas con 15% de carbón Antracita	0.980	6.000	0.726	presenta normalidad
Probetas con 20% de carbón Antracita	0.993	6.000	0.843	presenta normalidad

Nota: Observamos que el GL=6, que es menor a 50, por lo tanto, se utiliza la prueba de shapiro-Wilk, así mismo la significancia P-valor > 0.05, se determina que la distribución de los especímenes es normal, por lo tanto, la hipótesis será paramétrica.

Se realiza el Análisis de prueba de homogeneidad de varianzas aplicando el estadístico de Levene para la comparación de los resultados obtenidos de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas.

Tabla 52.

Análisis de Homogeneidad de varianzas para probetas a los 28 días de curado

Descripción	Estadístico de Levene	Significancia	Análisis
Se basa en la media	2.768	0.062	Presenta homogeneidad

Nota: Se observa que la significancia P- valor > 0.05, por lo tanto, las muestras presentan homogeneidad

Se realiza la prueba de hipótesis aplicando **ANOVA**

Tabla 53.

Prueba de hipótesis, Anova para probetas a los 28 días de curado

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	sig.
Se basa en la media	11561.733	2890.433	352.492	0.001

Nota: Se observa la significancia P-valor < 0.05 se acepta la variable alterna H1.

Se concluye que como el valor de significancia es menor que 0.05 Se acepta la variable alterna (H1), Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Por otra parte, se realizó el ensayo de la resistencia a la flexión del concreto en vigas (NTP 339.079), donde se realizaron 15 ensayos a flexión con distintas dosificaciones y a los distintos días de curado tal como se muestra en la siguiente tabla 54.

Tabla 54.

Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días de curado

% de sust. de Carbón Mineral	Descripción	N° probetas	Ancho (cm)	Largo (cm)	Atura (cm)	carga (kg)	f'c a la flexión (kg/cm2)	f'c promedio (kg/cm2)
0%	Patrón	P1	15	52	15.5	4315	54.0	**52.6**
		P2	15	52	15.5	3990	51.6	
		P3	15	52	15.5	4125	52.3	
5%	Carbón Mineral	CM**5**-1	15	52	15.5	4355	54.9	**53.1**
		CM**5**-2	15	52	15.5	4106	52.4	
		CM**5**-3	15	52	15.5	4057	52.1	
10%	Carbón Mineral	CM**10**-1	15	52	15.5	3628	46.9	**46.8**
		CM**10**-2	15	52	15.5	3611	45.8	
		CM**10**-3	15	52	15.5	3816	47.8	
15%	Carbón Mineral	CM**15**-1	15	52	15.5	3487	44.2	**44.2**
		CM**15**-2	15	52	15.5	3396	43.9	
		CM**15**-3	15	52	15.5	3491	44.6	
20%	Carbón Mineral	CM**20**-1	15	52	15.5	3392	43.0	**43.6**
		CM**20**-2	15	52	15.5	3559	44.8	
		CM**20**-3	15	52	15.5	3346	43.0	

Nota: Se presentan los resultados obtenidos de las probetas sometidas a flexión con un tiempo de curado de 28 días, en el cual se observa que, de los porcentajes de sustitución establecidos, se obtiene un mejor resultado con el 5% de sustitución en comparación con la muestra patrón. Todo lo contrario, sucede con el 20% de sustitución que es el más desfavorable, de acuerdo a los resultados obtenidos.

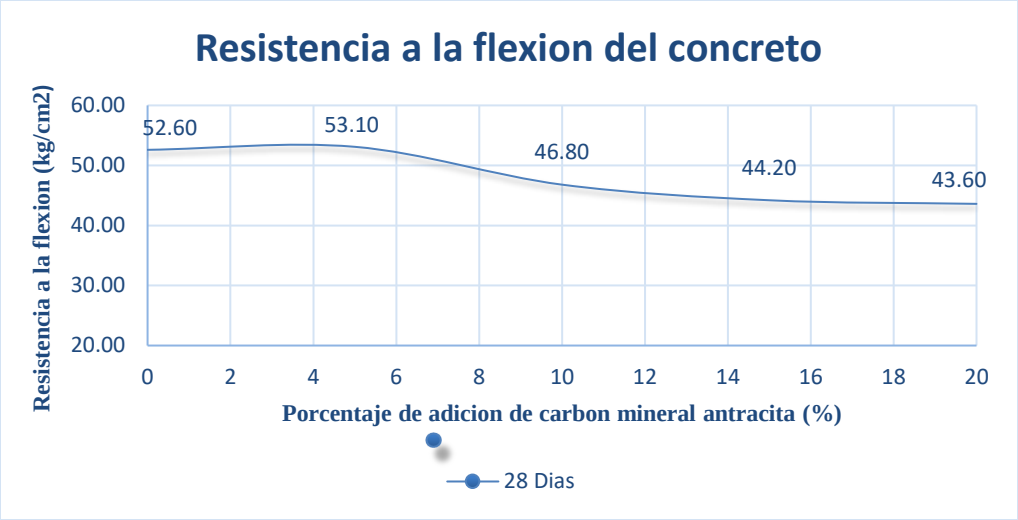


Figura 6. Comparación de la resistencia a la flexión del concreto con diferentes porcentajes de polvo de carbón mineral antracita a 28 días de curado

Asimismo, se realizó la Prueba de hipótesis a probetas ensayadas a los 28 días de curado, donde la aplicación de polvo de carbón mineral antracita como sustituto del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 210 kg/cm2.

Hipótesis nula (Ho): No existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la flexión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita.

Hipótesis nula (H1): Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la flexión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita.

Tabla 55.

Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la flexión

Descripción	Media	Desviación Estándar	Varianza	95% de intervalo de confianza para la media		mínimo	máximo
				límite inferior	límite superior		
Probetas patrón	52.63	1.23	1.52	49.57	55.70	51.60	54.00
Probetas con 5% de carbón Antracita	53.13	1.54	2.36	49.31	56.95	52.10	54.90
Probetas con 10% de carbón Antracita	46.83	1.00	1.00	44.35	49.32	45.80	47.80
Probetas con 15% de carbón Antracita	44.23	0.35	0.12	43.36	45.11	43.90	44.60
Probetas con 20% de carbón Antracita	43.60	1.04	1.08	41.02	46.18	43.00	44.80

Nota: Se presenta el análisis de los resultados descriptivos a la resistencia a la flexión a los 28 días de curado, en el cual se evidencia la síntesis de la información de cada muestra de concreto

Se realizo el análisis de los resultados obtenidos, para corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente entre los grupos.

Tabla 56.

Análisis de normalidad para probetas a flexión a los 28 días de curado

	Shapiro - Wilk			
Descripción	Estadístico	N° Probetas	Significancia	Análisis
Probetas patrón	0.945	3.000	0.549	presenta normalidad
Probetas con **5%** de carbón Antracita	0.829	3.000	0.187	presenta normalidad
Probetas con **10%** de carbón Antracita	0.997	3.000	0.890	presenta normalidad
Probetas con **15%** de carbón Antracita	0.993	3.000	0.843	presenta normalidad
Probetas con **20%** de carbón Antracita	0.750	3.000	0.000	no presenta normalidad

Nota: Observamos que el GL=3, que es menor a 50, por lo tanto, se utiliza la prueba de shapiro-Wilk, así mismo la significancia P-valor > 0.05, se determina que la distribución de los especímenes es normal, por lo tanto, la hipótesis será paramétrica.

Se realizo el análisis de prueba de homogeneidad de varianzas aplicando el estadístico de Levene para la comparación de los resultados obtenidos de resistencia a la flexión en vigas

Tabla 57.

Análisis de Homogeneidad de varianzas a para probetas a flexión a los 28 días de curado

Descripción	Estadístico de Levene	Significancia	Análisis
Se basa en la media	1.751	0.215	Presenta homogeneidad

Nota: Se observa que la significancia P- valor > 0.05, por lo tanto, las muestras presentan homogeneidad

Se realizo la prueba de hipótesis aplicando **ANOVA**

Tabla 58.

Prueba de hipótesis, Anova para probetas a flexión a los 28 días de curado

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	sig.
Se basa en la media	248.071	62.018	50.89	0.001

Nota: Observamos que la significancia P-valor < 0.05 se acepta la variable alterna H1.

Se concluye que como el valor de significancia es menor que 0.05 Se acepta la variable alterna (H1), Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la flexión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Finalmente, se realizó la Prueba de hipótesis al costo de producción por m3 del concreto con sustitución del cemento por polvo de carbón mineral antracita

Hipótesis nula (Ho): El costo de producción por m3 de concreto con sustitución del cemento por polvo de carbón mineral antracita no resultara ser más económica al diseño de mezcla del concreto patrón.

Hipótesis nula (H1): El costo de producción por m3 de concreto con sustitución del cemento por polvo de carbón mineral antracita resultara ser más económica al diseño de mezcla del concreto patrón.

Tabla 59.

Resumen de resultado de costos de producción del concreto patrón y con adición 5% y 10 % de carbón mineral antracita

Ítem	Descripción	Und	Precio
1	concreto F´C = 210 Kg/cm2 - Patrón	M3	559.36
2	concreto F´C = 210 Kg/cm2 + 5% CMA	M3	550.21
3	concreto F´C = 210 Kg/cm2 + 10% CMA	M3	541.31

Nota: Se observa el concreto patrón se obtuvo un costo de producción de S/. 559.36 soles y para el concreto con mayor porcentaje de fibra añadido que es de 10%, obtuvo un costo de producción de S/. 541.00 soles

Para el calcular el análisis de costo de producción de diseño de mezcla tanto como para el concreto patrón y el concreto con adición de polvo de carbón mineral antracita, se utilizó el libro de costos y presupuestos de CAPECO, el costo de la mano de obra se obtuvo de tabla salarial de construcción año 2021/2022, para el precio de insumos se cotizo de en distribuciones Olano SAC.

Tabla 60.

Costo de producción para un m3 de concreto convencional 210 kg/cm2

PRODUCCION PARA UN METRO CUBICO DE CONCRETO 210 kg/cm2 SIN ADICION DE POLVO CARBON MINERAL ANTRACITA						
Partida	**CONCRETO f'c=210 kg/cm2**					
Rendimiento	**m3/DIA**	MO.	**10.0000**		Costo unitario D.:m3	**559.36**
Descripción Recurso		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra					
CAPATAZ		hh	0.2000	0.1600	20.74	3.32
OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	19.63	31.41
OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	15.52	24.83
PEÓN		hh	10.0000	8.0000	14.04	112.32
						171.88
	Materiales					
PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		0.5300	60.00	31.80
ARENA GRUESA		m3		0.5200	50.00	26.00
AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.2050	6.20	1.27
CEMENTO PORTLAND TIPO I		bol		9.7300	25.00	243.25
						302.32
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	171.88	5.16
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.8000	50.00	40.00
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3		hm	1.0000	0.8000	50.00	40.00
						85.16

Nota: Se observa el costo de producción para un m3 de concreto convencional 210 kg/cm2 de s/559.36

Tabla 61.

Costo de producción para un m3 de concreto 210 kg/cm2 con 5% de polvo de carbón mineral antracita

PRODUCCION PARA UN METRO CUBICO DE CONCRETO 210 kg/cm2 CON 5% DE POLVO CARBON MINERAL ANTRACITA						
Partida	**CONCRETO f'c=210 kg/cm2**					
Rendimiento	**m3/DIA**	MO.	**10.0000**	Costo unitario D.: m3		**550.21**
Descripción Recurso		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra					
CAPATAZ		hh	0.2000	0.1600	20.74	3.32
OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	19.63	31.41
OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	15.52	24.83
PEON		hh	10.0000	8.0000	14.04	112.32
						171.88
	Materiales					
PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		0.5300	60.00	31.80
ARENA GRUESA		m3		0.5200	50.00	26.00
AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.2050	6.20	1.27
CEMENTO PORTLAND TIPO I		bol		9.2400	25.00	231.00
POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA		kg		20.6800	0.15	3.10
						293.17
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	171.88	5.16
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.8000	50.00	40.00
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3		hm	1.0000	0.8000	50.00	40.00
						85.16

Nota: Se observa el costo de producción para un m3 de concreto 210 kg/cm2 con 5% de polvo de carbón mineral antracita de S/.550.21

Tabla 62.

Costo de producción para un M3 de concreto 210 kg/cm2 con 10 % de polvo de carbón mineral antracita

PRODUCCION PARA UN METRO CUBICO DE CONCRETO 210 kg/cm2 CON 5% DE POLVO CARBON MINERAL ANTRACITA						
Partida	**CONCRETO f'c=210 kg/cm2**					
Rendimiento	**m3/DIA**	MO.	**10.0000**	Costo unitario D.: m3		**541.31**
Descripción Recurso		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra					
CAPATAZ		hh	0.2000	0.1600	20.74	3.32
OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	19.63	31.41
OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	15.52	24.83
PEON		hh	10.0000	8.0000	14.04	112.32
						171.88
	Materiales					
PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		0.5300	60.00	31.80
ARENA GRUESA		m3		0.5200	50.00	26.00
AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.2050	6.20	1.27
CEMENTO PORTLAND TIPO I		bol		8.7600	25.00	219.00
POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA		kg		41.3530	0.15	6.20
						284.27
	Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	171.88	5.16
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	1.0000	0.8000	50.00	40.00
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3		hm	1.0000	0.8000	50.00	40.00
						85.16

Nota: Se observa el Costo de producción para un m3 de concreto 210 kg/cm2 con 5% de polvo de carbón mineral antracita de S/.541.31

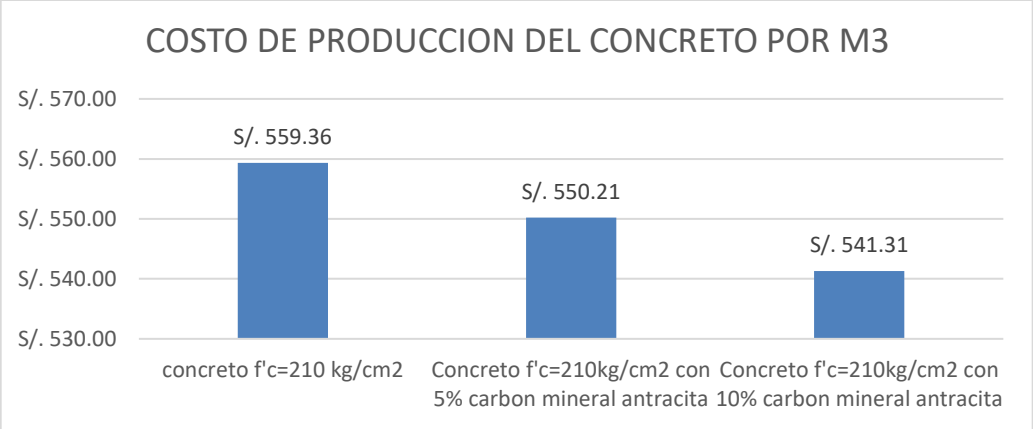


Figura 7.costo de producción por metro cubico del concreto f'c= 210 kg/cm2 con adición de polvo de carbón mineral antracita

En figura 7, en los Análisis de los costos de producción por m3 del concreto, se observa el costo unitario de producción por m3 del concreto patrón, 5% y 10% de adición de polvo de carbón mineral antracita, siendo este ultimo la dosificación más optima ya que tiene un costo de s/.18.05 menos que el concreto patrón. Es decir que el concreto con 10% de adición de carbón mineral antracita resulta más rentable en un 3.23% de ahorro

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

En la presente investigación los análisis de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, los datos obtenidos a los 28 días de la muestra patrón (0% de sustitución) es de f´c= 337.17 kg/cm2 y con un porcentaje de sustitución del 5% se obtuvo f´c= 344.17 kg/cm2, al 10% de sustitución f´c=338.00 kg/cm2, al 15% de sustitución f´c= 290.67 kg/cm2 y con un 20% de sustitución 273.50 kg/cm2 respectivamente. Se puede observar que se obtiene una mejor resistencia a la comprensión cuando se realiza una sustitución del 5% de cemento por polvo mineral antracita; cuando se realiza una sustitución del 10% de cemento obtenemos una resistencia a la compresión igual o similar a la muestra patrón, mientras que en sustituciones del 15% y 20% se observa que la resistencia disminuye. Es por ello que el porcentaje de sustitución adecuada esta entre el 5% - 10% de cemento por polvo mineral antracita en el cual se obtiene una resistencia a la compresión mayor o igual a la muestra patrón.

De acuerdo a la comparación con el trabajo de Durán & Velásquez (2016), donde realizaron estudios con los porcentajes de sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de cemento por ceniza volante obtuvieron mejores resultados en los porcentajes del 5% y 10% donde obtuvieron resultados del 109.16% y 95.71% respectivamente, en comparación al 100% que corresponde a la muestra patrón y que existe un margen de error del 5% cumplen para ambos porcentajes antes mencionados. En cuanto a la menor resistencia obtenida que fue con el porcentaje de sustitución del 15% y 20% donde se obtuvieron valores muy por debajo de la muestra patrón. Por lo tanto, se concluye que hubo similitud en cuanto a los resultados obtenidos en los porcentajes de sustitución y que los resultados más óptimos fueron con los porcentajes del 5% y 10%.

En comparación con el trabajo de Alvarado et al. (2016) donde realizaron sustituciones del 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de cemento por ceniza de ingenio chaparrastique y ceniza de ingenio Jiboa, donde determinaron que las sustituciones más satisfactorias fueron del 5% y 10% mientras que en las sustituciones del 25% y 30% no se observa asentamiento en la mezcla. De acuerdo a los estudios realizados por los investigadores, el porcentaje más óptimos de 5% y 10% obtuvieron una resistencia a la compresión mayor a la muestra patrón en un 3.07% a los 28 días de curado. Se puede concluir que los porcentajes del 5% y 10% en comparación con el trabajo que hemos realizado, son los más favorables para la sustitución.

Con el trabajo de Mariluz & Ulloa (2018) donde realizaron trabajos de adición de ceniza volante en porcentajes del 5%, 10% y 20% en relación al cemento, donde después de haber realizado el estudio respectivo determinaron que el porcentaje más óptimo de sustitución fue del 10% de adición a los 28 días de curado, debido a que presento mayor resistencia a la compresión con un 241 kg/cm3 mientras que en porcentaje del 5% de adición aumenta la trabajabilidad del concreto. En comparación con el trabajo realizado se puede observar que el porcentaje del 5% y 10% son los más óptimos para obtener mayor resistencia a la compresión.

Por otra parte , en la investigación los análisis de los resultados de los ensayos de Resistencia a la flexión, se muestra los resultados promedios de resistencia a la flexión de las probetas ensayadas con cada porcentaje de sustitución de cemento por polvo de carbón mineral antracita, así como las probetas patrón (0 % de adición), a la edad de curado de 28 días, con respecto a las variaciones de la adición de carbón mineral antracita, muestran un aumento en la resistencia a la flexión al 5% de adición de polvo de carbón mineral antracita

y a partir del 10%, 15% y 20 de adición de carbón disminuye su resistencia con respecto a la probeta patrón, disminuye su resistencia porque al quitar más cemento y agregarle carbón mineral antracita en su reemplazó su trabajabilidad aumenta.

Como implicancia de la investigación, tenemos que al ser de tipo experimental para el proceso de obtención de resultados en cuando a la resistencia a la compresión se basó en NTP 339.034 y NTP 339.079 para la resistencia a la flexión. En la figura 5 se observa que la sustitución de cemento por polvo de carbón mineral antracita en porcentajes de 5% y 10% a 7,14 y 28 días de curado presento una mejora en cuanto a la resistencia de la compresión promedio. En cuanto a la resistencia a flexión en la figura 6 observamos como el polvo de carbón mineral antracita adicionado en un porcentaje de 5% supero la resistencia a la compresión promedio a los 28 días de curado.

En la presente investigación, el concreto modificado logró obtener mejores resultados que el concreto patrón en cuando a la resistencia a la compresión y flexión, la cual podría usarse en diferentes rubros de la construcción ya sea en columnas, vigas, muros, losas, etc

El carbón mineral antracita es un material que tiene buenas características físicas y químicas que no ha sido explorado al 100%, la cual fomenta una la investigación académica para descubrir diferentes métodos y aplicaciones del carbón en el concreto en base a estudios y normas.

Asimismo, la presente investigación fomenta la ejecución de experimentos científicos a fin de aprobar y afirmar las diversas hipótesis planteadas, creando de esta manera nuevos métodos y procedimientos con porcentajes óptimos, dando cabida a una futura elaboración industrial de materiales en base al carbón mineral antracita como adictivo.

Por otro lado, la principal limitación que se tuvo fue la pandemia COVID 19, ya que en la presente investigación se aplicó la metodología de investigación experimental en el año 2021, año donde la epidemia se había extendido por todo el mundo y se encontraba en un colapso sanitario a causa del incremento de fallecidos por el COVID 19, La Organización Mundial de la Salud (OMS) decreto que una de las mejores medidas de protección era el distanciamiento para evitar el contagio, sin embargo se tuvo que tomar todas las medidas necesarias de protección sanitaria, para evitar contagiarse cuando se realizaban los ensayos de concreto, en un laboratorio particular.

Asimismo, otra limitación fue el acceso para obtener el insumo del material carbón mineral antracita, ya que debido al mal estado de las vías de acceso a la cantera que se ubican en la parte sierra (Huamachuco) conlleva que el traslado no garantice seguridad.

Conclusiones

Se determinó que el polvo de carbón mineral antracita influencia en las propiedades mecánicas de un concreto con respecto a la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

Asimismo, se realizó un diseño de mezcla de acuerdo al método ACI 211, para un concreto convencional y para un concreto con adición de polvo de carbón mineral antracita con 5%, 10%, 15% y 20% obteniendo una dosificación más optima con el 5% y 10% de adición de polvo de carbón mineral antracita

Por otro lado, en los ensayos de resistencia a la compresión del concreto, a los 28 días de curado se observó que los testigos de concreto con el 5% y 10% de polvo de carbón mineral antracita presento una resistencia de 344. 17 kg/cm2 y 338 kg/cm2 mientras que el

los testigos sin adición de polvo de carbón mineral antracita presentaron una resistencia de 337.17 kg/cm2. Por lo tanto, en cuanto a resistencia a la compresión, los testigos de concreto con 5% y 10% resulta ser más conveniente que los testigos sin adición, debido a que logra alcanzar mejores resultados. A partir de esto se determinó que si el porcentaje de adición de polvo de carbón mineral antracita aumenta la resistencia disminuye considerablemente.

De igual manera, En los ensayos de resistencia a la flexión del concreto, a los 28 días de curado se observó que los testigos de concreto con el 5% de polvo de carbón mineral antracita presento una resistencia de 53.10 kg/cm2 mientras que el los testigos sin adición de polvo de carbón mineral antracita presentaron una resistencia de 52.60 kg/cm2. Por lo tanto, en cuanto a resistencia a la flexión, los testigos de concreto con 5% resulta ser más conveniente que los testigos sin adición, debido a que logra alcanzar mejores resultados. A partir de esto se determinó que si el porcentaje de adición de polvo de carbón mineral antracita aumenta la resistencia disminuye considerablemente.

Por otra parte, Se determinó que el costo de producción de insumos por m3 de concreto con adicción polvo de carbón mineral antracita al 5% tiene ahorro de 3.23% de con respecto a la elaboración de un 1m3 de concreto sin polvo carbón mineral antracita.

Finalmente se concluye que tomando en cuenta las variables analizadas en esta investigación, se precisa que el concreto con adición de polvo de carbón mineral antracita en 5% tanto en resistencia a la compresión y flexión y 10% en la resistencia a la compresión, es la mejor opción debido a que presenta mejor comportamiento en cuanto a resistencias. Además, resulta ser más económico que el concreto sin adición de polvo de carbón mineral antracita.

Recomendaciones

Se recomienda que se realicen testigos de concreto con diferentes adictivos de concreto para porcentajes mayores al 10% de polvo de carbón mineral antracita para ser evaluados en su resistencia a la compresión y flexión

Se recomienda a futuros tesistas realizar ensayos de durabilidad y absorción del concreto con adición del 5% 10%, 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita.

Se recomienda utilizar diferentes tipos de cemento para la realización de los testigos de concreto con polvo mineral antracita, para ser evaluados a la resistencia a la compresión y flexión.

Se recomienda a futuros tesistas utilizar carbón mineral antracita como sustituto tanto del agregado fino o grueso en diferentes porcentajes y así evaluar su resistencia a la compresión y flexión.

Se recomienda para futuros trabajos de investigación realizar ensayos de sustitución de porcentajes que estén alrededor del 5% y 10%.

REFERENCIAS

Alvarado, A. J., Andrade, P. J., & Hernández, Z. H. (2016). *Estudio del empleo de cenizas producidas en ingenios azucareros como sustituto parcial del cemento portland en el diseño de mezclas de concreto.* San Miguel,El Salvador.

Abanto, F. (2009). *Tecnologia del concreto: teoria y problemas. Lima*: San Marcos E.I.R.L

Behar, D. (2008). *Metodologia de la investigacion.* Bolivia: Shalom

Contreras, C. K., & Peña, V. J. (2017). *Análisis de la resitencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla.* Trujillo.

Cruz, G. H. (2019). *Influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquínes de concreto.* Trujillo.

Durán, H. N., & Velásquez, A. N. (2016). *Evaluación de la aptitud de concretos, reemplazando parcialmente el cemento portland por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azucar.* Ocaña, Colombia.

Evangelista, C. M. (2007). *El carbon el recorrido de los minerales.* Madrid, España: Domènech e-learning multimedia, S.A.

Gonzales Betanzos, F., Escoto Ponce de León, M. d., & Chávez Lopez, J. K. (2017). *Estadística aplicada en Psicología y Ciencias de la salud.* Mexico: El Manual Moderno.

Gutierrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construccion.* Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista lucio, P. (2014). *Metodologia de la investigacion.* MCGRAW-HILL.

INACAL. (2011). *Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.* Lima, Perú.

INACAL. (2011). *NTP 400.010 AGREGADOS Extracción y preparación de las muestras.* Lima, Perú.

INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 339.185. AGREGADOS Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.* Lima, Peru.

INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.* Lima, Perú.

INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.* Lima, Perú.

INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* Lima, Perú.

INACAL. (2014). *Norma Técnica Peruana 400.019. AGREGADOS Método 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.* Lima, Perú.

INACAL. (2014). *Norma Técnica Peruana 400.037. AGREGADOS Especificaciones Normalizadas para agregados en concreto.* Lima, Perú.

INACAL. (2015). *Norma Técnica Peruana 339.034. CONCRETO Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.* Lima, Peru.

INACAL. (2012). *NTP 339.079. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del.* Lima, Perú.

Lorca, A. p. (2014). *Efecto de la adición de Hidróxido Cálcico sobre mezclas con alta sustitución de cemento por ceniza volante.* Valencia, España.

Mariluz, P. M., & Ulloa, P. J. (2018). *Uso de las cenizas volantes de carbón excedentes de la central termoelectrica Ilo21- Moquegua como adición para mejorar las propiedades del concreto: Resistencia a la compresión, absorción, manejabilidad y temperatura.* Nuevo Chimbote.

MTC. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, geologia, Geotecnia y Pavimentos.* Lima, Peru.

MTC. (2017). *Manual de Ensayo de Materiales. Agregados.* Lima, Peru.

Nilson, A. H. (2001). *Diseño de estructuras de concreto* . Colombia: Quebecor World Bogotá S.A. .

Patiño, M. C., & Venegas, A. E. (2017). *Análisis de las propiedades físico- mecánicas de un concreto elaborado con ceniza volante en porcentajes de 10%, 20% y 30% en sustitución parcial del cemento.* Cusco.

Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco., G. (2014). *Manual del concreto estructural.* Caracas, Venezuela: PAG Marketing Soluciones.

Quispe, V. Y. (2018). *Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la zona altiplánica.* Puno.

Sanchez, D. (2001). *Tecnologia del concreto y del mortero*. Santafe de Bogota, Colombia: Blandar Editores.

Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, Jussara Tanesi Jussara. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto.* Skokie, Illinois, EE.UU: Portland Cement Association.

ANEXOS

Anexo N° 1: Ficha técnica del cemento portland tipo I

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000

PACASMAYO

Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001 División Cementos

G-CC-F-04
Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm2/g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm2)	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm2)	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm2)	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.
(*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

Figura 8. Ficha técnica del cemento portland Tipo I

Fuente: Cemento Pacasmayo S.A.A, 2017

Anexo N° 2: Almacén de carbón mineral antracita

Figura 9. Almacén de carbón mineral antracita – Autopista Salaverry km. 545.60 Zona industrial

Anexo N° 3: Diseño de mezcla del concreto tradicional por el método ACI 211. Se realizo el diseño de mezcla para un f'c 210kg/cm2 con cemento Portland tipo I

- ✓ La densidad del cemento es de 3110 g/ml (ver anexo N° 1)
- ✓ Las características de los agregados están en la tabla **36**

a) Resistencia a la compresión promedio requerida (f'cr)

$f'cr = f'c + 84$ **(ver *Tabla 13*)**

$f'cr = 294\ kg/cm2$

b) Selección del asentamiento

Se considera un asentamiento plástico. Es decir, de 3" a 4" **(ver *Tabla 14*)**

c) Volumen unitario de agua

$a = 205\ kg/m3$ **(ver *Tabla 15*)**

d) Contenido de aire atrapado

Aire atrapado = 2% **(ver *Tabla 16*)**

e) Relación agua cemento

f'cr	**a/c**
300	0.55
294	X
250	0.62

$X = 0.56$ **(ver *Tabla 17*)**

f) Contenido de cemento

$C = 205 / 0.56$

$C = 366.07\ kg/m3$

g) Volumen del agregado grueso

MF	**FAg**
3.00	0.6
3.02	X

$X = 0.60$ **(ver *Tabla 18*)**

h) Peso seco y compactado del agregado grueso

$M = 1582\ kg/m3$

$Fag = 0.60$

$PsAg = 1582 \times 0.60$

$PsAg = 949.20\ kg/m3$

i) Volumen absoluto de los materiales por m3

Cemento

$Cemento = 366.07/(3110)$

$Cemento = 0.118\ m3$

Agregado grueso

$A.grueso = 949.20/2700$

$A.grueso = 0.352\ m3$

Agua

$Agua = 205/1000$

$Agua = 0.205\ m3$

Aire

$Aire = 2\% = 2/100$

$Aire = 0.020\ m3$

Cemento	=	0.118 m3
A. grueso	=	0.352 m3
Agua	=	0.205 m3
Aire	=	0.020 m3
Σ	=	0.695 m3

j) Peso seco del agregado fino

$\text{Vabs. Af} = 1 - 0.695$

$\text{Vabs. Af} = 0.305 \text{ m3}$

$\text{PsAf} = 2630 \times 0.305$

$\text{PsAf} = 802.15 \text{ kg}$

k) Correlación por Humedad

$\text{AF} = 802.15\ [(0.7/100) + 1]$

$\text{AF} = 807.77$

$\text{AG} = 949.20\ [(0.7/100) + 1]$

$\text{AG} = 954.90 \text{ kg}$

l) Correlación por absorción y cálculo de agua efectiva

$\text{AF} = 802.15\ [(0.7 - 1.2)/100]$

$\text{AF} = -4.00 \text{ kg}$

$\text{AG} = 949.20\ [(0.6 - 1.1)/100]$

$\text{AG} = -4.70 \text{ kg}$

$\text{Agua libre} = -4.00 + (-4.70)$

$\text{Agua libre} = -8.70$

$$\text{Agua efectiva} = 205 - (-8.70)$$

$$\text{Agua efectiva} = 213.70 \text{ kg}$$

Comprobación de resultados

Agregado fino

$$\text{AF} = 802.15\ [(1.2/100) + 1]$$

$$\text{AF} = 811.78 \text{ kg/m3}$$

Agregado grueso

$$\text{AG} = 949.20\ [(1.1/100) + 1]$$

$$\text{AG} = 959.64 \text{ kg/m3}$$

Tabla 63. *Proporción de mezcla del concreto patrón f'c= 210kg/cm2*

Material	Peso húmedo (kg/m3)	Peso SSS (kg/m3)	Tanda de prueba (kg)
Cemento	366.07	366.07	10.250
A. fino	807.77	811.78	22.618
A. grueso	954.90	959.64	26.737
Agua	213.70	205.00	5.984
PUC	**2,342.44**	**2,342.49**	**65.22**

Anexo N° 4: Resultados de resistencia a la compresión de especímenes de concreto

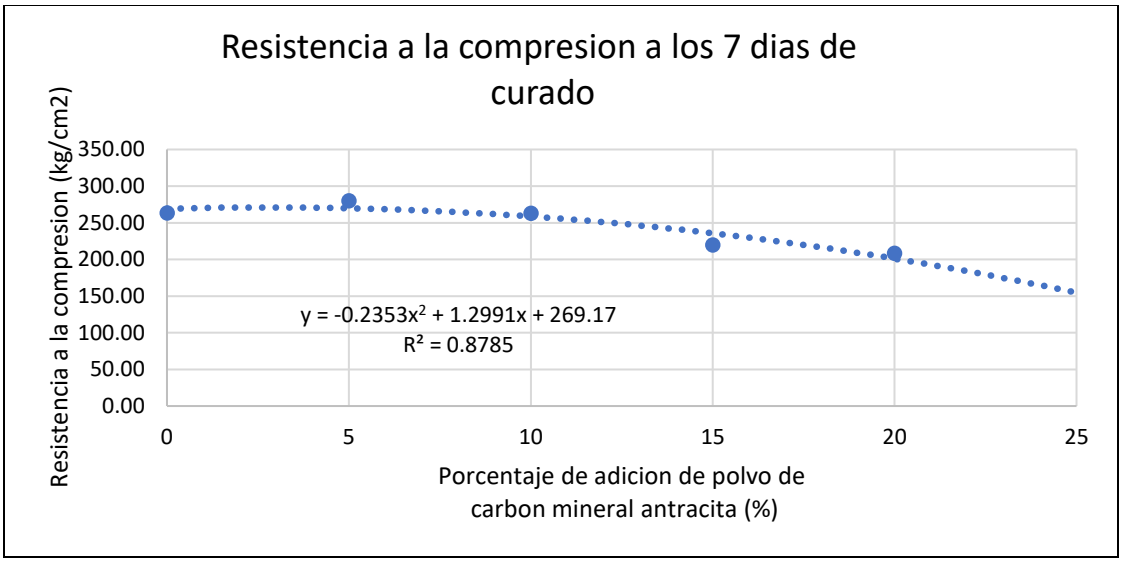


Figura 10. Curva de influencia de la resistencia a la compresión a los 7 días de curado

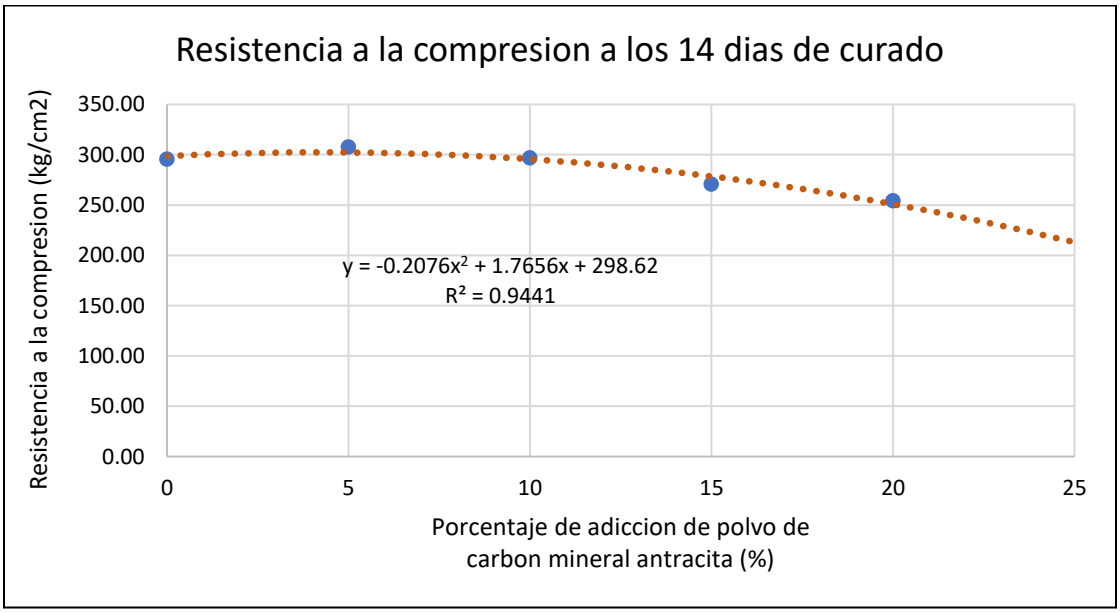


Figura 11. Curva de influencia de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado

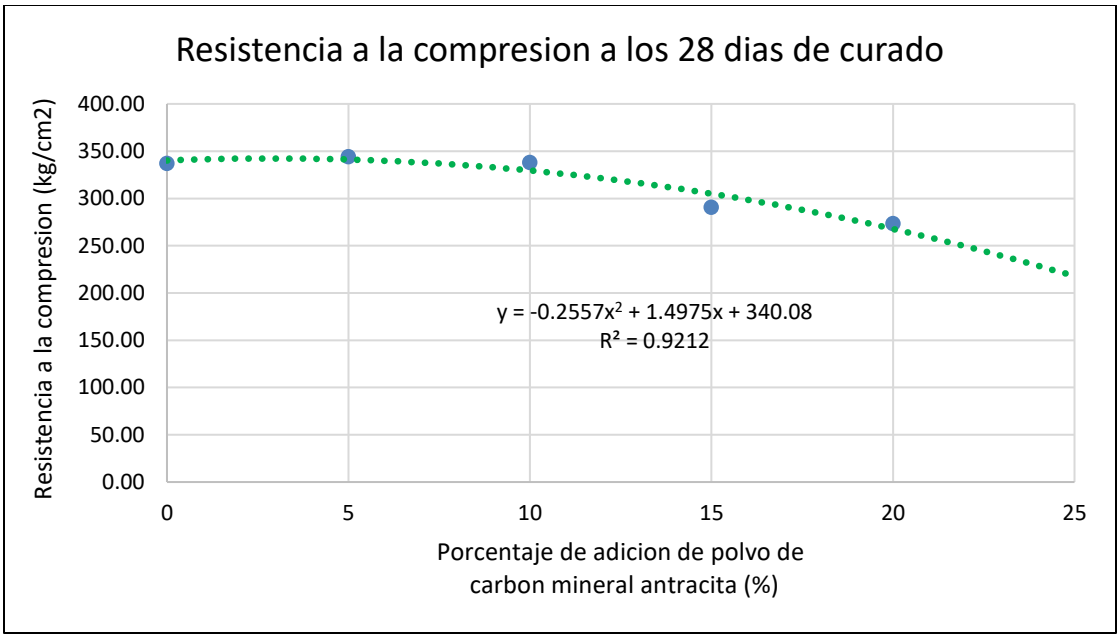


Figura 12. Curva de influencia de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado

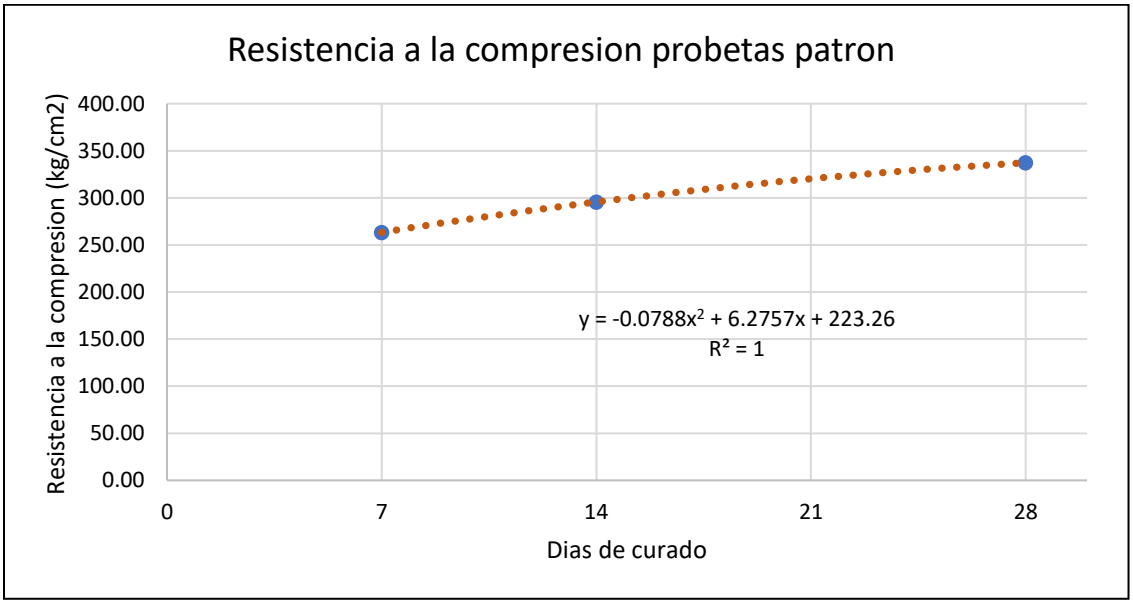


Figura 13. Curva de influencia de probetas patrón según el tiempo de curado

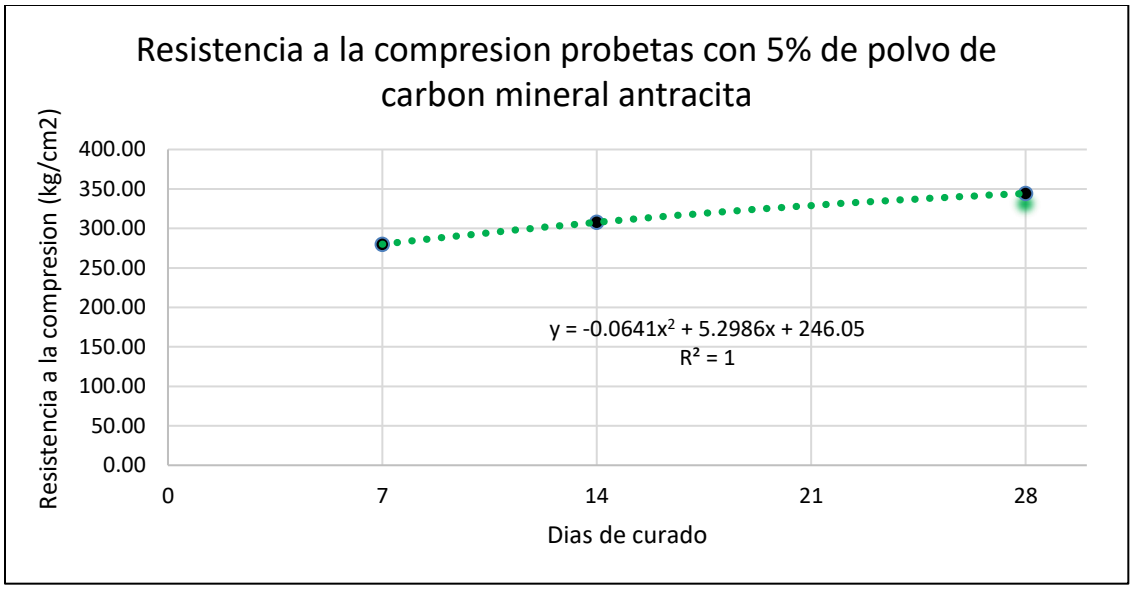


Figura 14. Curva de influencia de probetas con 5% de polvo de carbón mineral antracita

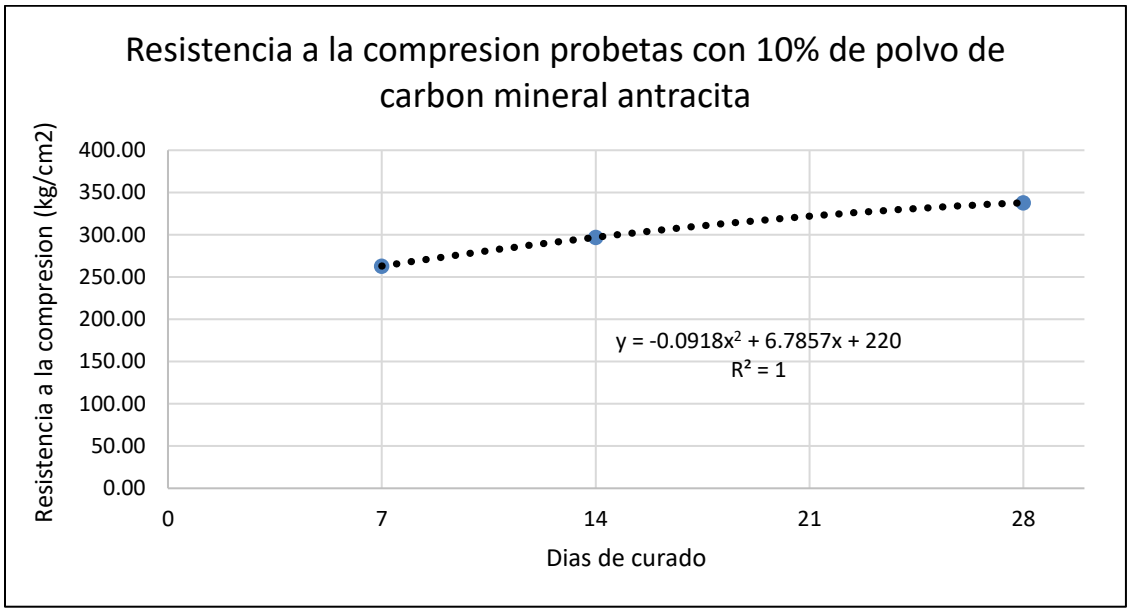


Figura 15. Curva de influencia de probetas con 10% de polvo de carbón mineral antracita

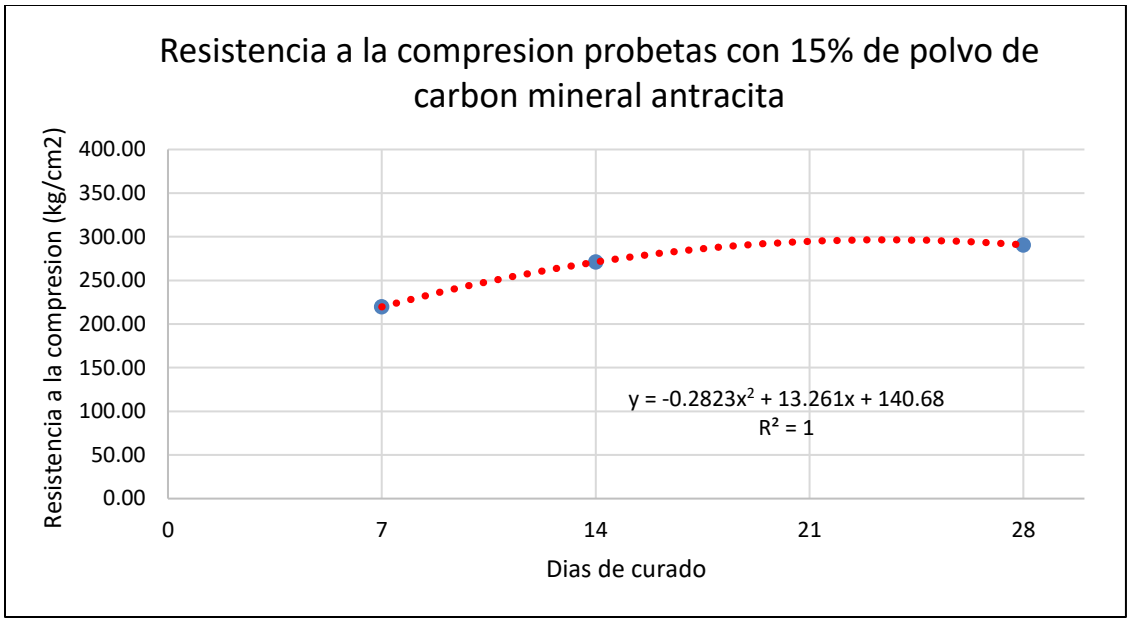


Figura 16. Curva de influencia de probetas con 15% de polvo de carbón mineral antracita

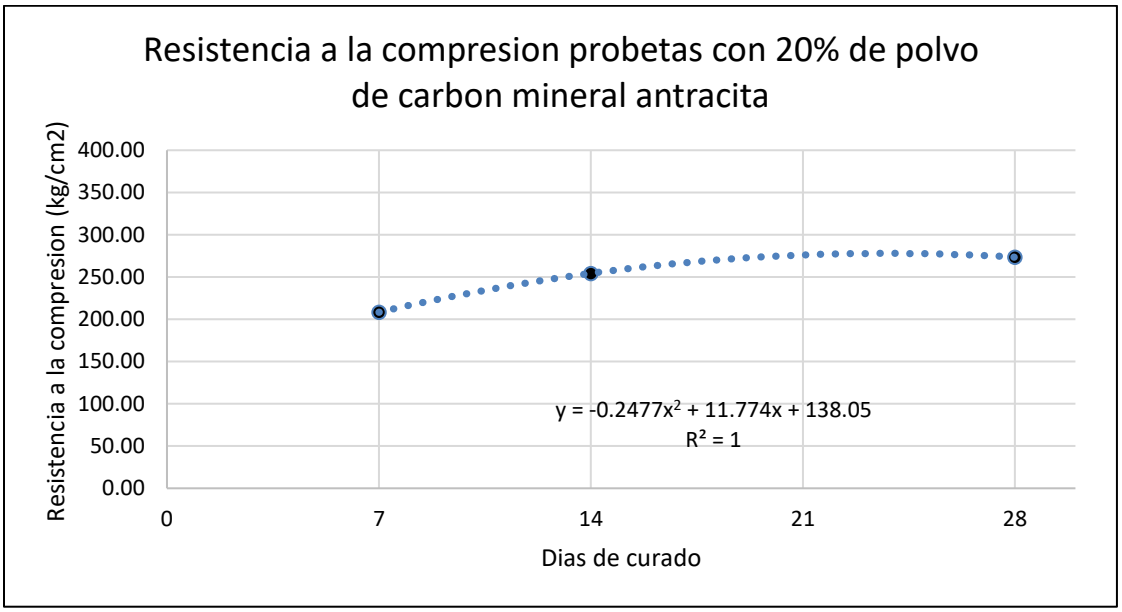


Figura 17. Curva de influencia de probetas con 20% de polvo de carbón mineral antracita

Anexo N° 5: Resultados de resistencia a la flexión de especímenes de concreto

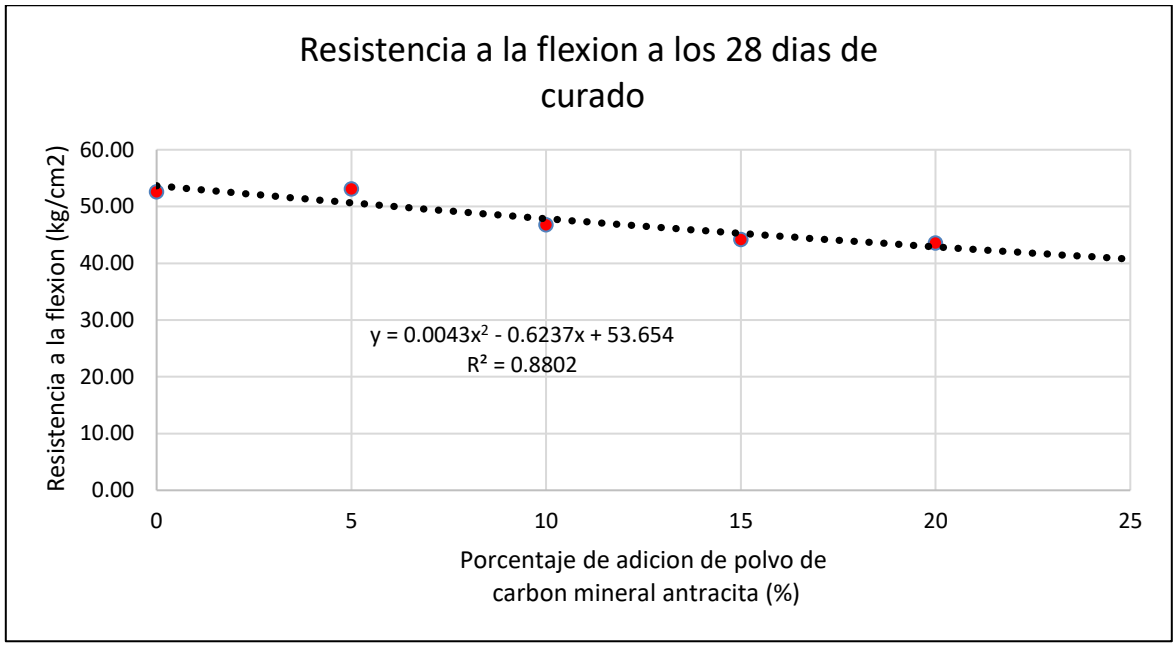


Figura 18. Curva de influencia de la resistencia a la flexión a los 28 días de curado

Anexo N° 6: Realización del análisis granulométrico del agregado grueso

Figura 19. Ejecución del ensayo de granulometría del agregado grueso

Anexo N° 7: Realización del análisis granulométrico del agregado fino

Figura 20. Ejecución del ensayo de granulometría del agregado fino

Anexo N° 8: Ensayo para determinar el peso unitario compactado de los agregados

Figura 21. Ejecución del ensayo para determinar el peso unitario compactado de los agregados

Anexo N° 9: Ensayo para determinar el peso unitario suelto de los agregados

Figura 22. Ejecución del ensayo para determinar el peso unitario suelto de los agregados

Anexo N° 10: Ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino

Figura 23. Ejecución del ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino

Anexo N° 11: Ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado grueso

Figura 24. Ejecución del ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado grueso

Anexo N° 12: Elaboración de especímenes cilíndricos del concreto convencional

Figura 25. Elaboración de especímenes cilíndricos del concreto patrón

Anexo N° 13: Elaboración de especímenes cilíndricos del concreto con 5%, 10 %, 15 y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 26. Elaboración de especímenes cilíndricos del concreto con 5%, 10% ,15 y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 27.Espécimen cilíndrico de concreto con 5% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 28. Espécimen cilíndrico de concreto con 10% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 29.Espécimen cilíndrico de concreto con 15% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 30.Espécimen cilíndrico de concreto con 20% de polvo de carbón mineral antracita

Anexo N° 14: Elaboración de vigas del concreto convencional y concreto con 5%, 10 %, 15 y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 31. Elaboración de vigas de concreto convencional y concreto con 5%, 10% ,15 y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 32. Viga de concreto convencional

Figura 33. Viga de concreto con 5% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 34. Viga de concreto con 10% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 35. Viga de concreto con 15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Anexo N° 15: Ensayos en el concreto en estado fresco

Figura 36. Ensayos del concreto en estado fresco para Determinación del asentamiento, temperatura y densidad del concreto convencional y concreto con adición del 5%, 10%,15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Anexo N° 16: Desencofrado y curado de los especímenes de concreto

Figura 37. Desencofrado y curado especímenes cilíndricos de concreto convencional y concreto con adición del 5%, 10%,15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Figura 38. Desencofrado y curado de vigas de concreto convencional y concreto con adición del 5%, 10%,15% y 20% de polvo de carbón mineral antracita

Anexo N° 17: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto

Figura 39. Rotura de especímenes cilíndricos del concreto convencional y concreto con adición del 5%,10%,15% y 20% de adición de polvo de carbón mineral antracita

Anexo N° 18: Ensayo de resistencia a la flexión del concreto

Figura 40. Rotura de vigas del concreto convencional y concreto con adición del 5%,10%,15% y 20% de adición de polvo de carbón mineral antracita.

Anexo N° 19: Fichas de observación de rotura de probetas

GUIA DE OBSERVACION DE LA RESISTENCIA A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS A LOS 7 DIAS DE CURADO						
1. Datos informativos						
1.1 Nombre del investigador	García Vásquez, Jimmy Noe					
	Sobrados Moreno, Koky Amando					
1.2 Ubicación del estudio	Av. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo					
1.3 Fecha de observación	19 de junio del 2021					
1.4 hora de observación	11:30 am – 12:45pm					
2. Datos específicos						
% polvo de carbón mineral antracita	**N° Probeta**	**Diámetro (cm)**	**Área (cm2)**	**Carga (kg)**	**f'c (kg/cm2)**	**Muestra de Estudio**
0%	P1	10.1	80.12	21199	265	
	P2	10.1	80.12	20898	261	
	P3	10.1	80.12	21191	264	
5%	CM5-1	10.1	80.12	22348	279	
	CM5-2	10.1	80.12	22285	278	
	CM5-3	10.1	80.12	22662	283	
10%	CM10-1	10.1	80.12	21098	263	
	CM10-2	10.1	80.12	21114	264	
	CM10-3	10.1	80.12	21010	262	
15%	CM15-1	10.1	80.12	17523	219	
	CM15-2	10.1	80.12	17269	216	
	CM15-3	10.1	80.12	17926	224	
20%	CM15-1	10.1	80.12	16432	205	
	CM15-2	10.1	80.12	16985	212	
	CM15-3	10.1	80.12	16657	208	
Asesor						
Ing. Alberto Rubén Vásquez Diaz						

Figura 41. Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas a los 7 días de curado

GUIA DE OBSERVACION DE LA RESISTENCIA A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS A LOS 14 DIAS DE CURADO

1. Datos informativos

1.1 Nombre del investigador	García Vásquez, Jimmy Noe
	Sobrados Moreno, Koky Amando
1.2 Ubicación del estudio	Av. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo
1.3 Fecha de observación	26 de junio del 2021
1.4 hora de observación	11:35 am – 12:50 pm

2. Datos específicos

% polvo de carbón mineral antracita	N° Probeta	Diámetro (cm)	Área (cm2)	Carga (kg)	f'c (kg/cm2)	Muestra de Estudio
0%	P1	10.1	80.12	23687	296	
	P2	10.1	80.12	23594	294	
	P3	10.1	80.12	23817	297	
5%	CM5-1	10.1	80.12	24461	305	
	CM5-2	10.1	80.12	24587	307	
	CM5-3	10.1	80.12	24890	311	
10%	CM10-1	10.1	80.12	23878	298	
	CM10-2	10.1	80.12	23702	296	
	CM10-3	10.1	80.12	23774	297	
15%	CM15-1	10.1	80.12	21748	271	
	CM15-2	10.1	80.12	21810	272	
	CM15-3	10.1	80.12	21671	270	
20%	CM15-1	10.1	80.12	20493	256	
	CM15-2	10.1	80.12	20389	254	
	CM15-3	10.1	80.12	20296	253	

Asesor

Ing. Alberto Rubén Vásquez Diaz

Figura 42. Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas a los 14 días de curado

GUIA DE OBSERVACION DE LA RESISTENCIA A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS A LOS 28 DIAS DE CURADO

1. Datos informativos	
1.1 Nombre del investigador	García Vásquez, Jimmy Noe
	Sobrados Moreno, Koky Amando
1.2 Ubicación del estudio	Av. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo
1.3 Fecha de observación	10 de julio del 2021
1.4 hora de observación	12:40 pm – 3:15 pm

2. Datos específicos

% P. carbón mineral antracita	N° Probeta	Diám. (cm)	Área (cm2)	Carga (kg)	f'c (kg/cm2)	Muestra de Estudio
0%	P1	10.1	80.12	27108	338	
	P2	10.1	80.12	27029	337	
	P3	10.1	80.12	27009	337	
	P4	10.1	80.12	26898	336	
	P5	10.1	80.12	26990	337	
	P6	10.1	80.12	27087	338	
5%	CM5-1	10.1	80.12	27592	344	
	CM5-2	10.1	80.12	27712	346	
	CM5-3	10.1	80.12	27546	344	
	CM5-4	10.1	80.12	27520	343	
	CM5-5	10.1	80.12	27536	344	
	CM5-6	10.1	80.12	27528	344	
10%	CM10-1	10.1	80.12	27250	340	
	CM10-2	10.1	80.12	26990	337	
	CM10-3	10.1	80.12	27179	339	
	CM10-4	10.1	80.12	27174	339	
	CM10-5	10.1	80.12	26908	336	
	CM10-6	10.1	80.12	27022	337	
15%	CM15-1	10.1	80.12	23225	290	
	CM15-2	10.1	80.12	23198	290	
	CM15-3	10.1	80.12	23398	292	
	CM15-4	10.1	80.12	23245	290	
	CM15-5	10.1	80.12	23346	291	
	CM15-6	10.1	80.12	23287	291	
20%	CM20-1	10.1	80.12	22049	275	
	CM20-2	10.1	80.12	22068	275	
	CM20-3	10.1	80.12	21756	272	
	CM20-4	10.1	80.12	21989	274	
	CM20-5	10.1	80.12	21898	273	
	CM20-6	10.1	80.12	21810	272	

Asesor

Ing. Alberto Rubén Vásquez Diaz

Figura 43.Guía de observación de la resistencia a la compresión de probetas a los 28 días de curado

GUIA DE OBSERVACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DE PROBETAS A LOS 28 DIAS DE CURADO

1. Datos informativos

1.1 Nombre del investigador	García Vásquez, Jimmy Noe
	Sobrados Moreno, Koky Amando
1.2 Ubicación del estudio	Av. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo
1.3 Fecha de observación	10 de julio del 2021
1.4 hora de observación	12:15 pm - 2:00 pm

2. Datos específicos

% polvo de carbon mineral antracita	N° Probeta	Ancho (cm)	Largo (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	f'c (kg/cm2)	Muestra de Estudio
0%	P1	15	52	15.5	4315	54.0	
	P2	15	52	15.5	3990	51.6	
	P3	15	52	15.5	4125	52.3	
5%	CM5-1	15	52	15.5	4355	54.9	
	CM5-2	15	52	15.5	4106	52.4	
	CM5-3	15	52	15.5	4057	52.1	
10%	CM10-1	15	52	15.5	3628	46.9	
	CM10-2	15	52	15.5	3611	45.8	
	CM10-3	15	52	15.5	3816	47.8	
15%	CM15-1	15	52	15.5	3487	44.2	
	CM15-2	15	52	15.5	3396	43.9	
	CM15-3	15	52	15.5	3491	44.6	
20%	CM15-1	15	52	15.5	3392	43.0	
	CM15-2	15	52	15.5	3559	44.8	
	CM15-3	15	52	15.5	3346	43.0	

Asesor

Ing. Alberto Rubén Vásquez Diaz

Figura 44. Guía de observación de la resistencia a la flexión de probetas a los 28 días de curado

Anexo N° 20: Constancia de realización de ensayos y certificado rotura de testigos de concreto

CONSTANCIA DE ENSAYOS EN LABORATORIO

El que suscribe, Alfonso Vega Farfán, Gerente General de QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C., con R.U.C. N° 20601220017

HACE CONSTAR:

Que, el Sr. **Jimmy Noé García Vásquez** identificado con D.N.I. N°43120389, y el Sr. **Koky Amando Sobrados Moreno** identificado con D.N.I. N°73748385, han realizado ensayos de caracterización de agregados, elaboración de mezclas de prueba, ensayos de concreto en estado fresco, elaboración de especímenes cilíndricos de concreto, elaboración de especímenes prismáticos (vigas) de concreto y ensayo de resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto y ensayo de resistencia a flexión de especímenes prismáticos (vigas) de concreto en nuestras instalaciones con el apoyo de nuestro personal técnico entre el 24 de mayo de 2021 y el 10 de julio de 2021, requeridos para su proyecto de tesis denominado "Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional mediante sustitución parcial de polvo de carbón mineral antracita, Trujillo 2021".

Se expide el presente documento para los fines que el solicitante estime conveniente.

Trujillo, 14 de julio de 2021

Alfonso Vega Farfan
GERENTE GENERAL
QUALITY CONTROL EXPRESS SAC

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés, Trujillo // (044) 705879, 951441959 // alfonso.vega@qce.com.pe

Figura 45. Constancia de realización de ensayos de laboratorio

INFORME DE ENSAYO N° 0731-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 15/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP210-1	210	08/06/2021	15/06/2021	7	10.1	80.12	21199	265	126%	1
CP210-2	210	08/06/2021	15/06/2021	7	10.1	80.12	20898	261	124%	2
CP210-3	210	08/06/2021	15/06/2021	7	10.1	80.12	21191	264	126%	1
							Promedio	**263**	125%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 46. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (0% polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0738-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 16/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (5%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM5-1	210	09/06/2021	16/06/2021	7	10.1	80.12	22348	279	133%	2
210CM5-2	210	09/06/2021	16/06/2021	7	10.1	80.12	22285	278	132%	1
210CM5-3	210	09/06/2021	16/06/2021	7	10.1	80.12	22662	283	135%	1
							Promedio	**280**	133%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 47. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (5 % polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0746-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 17/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (10%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM10-1	210	10/06/2021	17/06/2021	7	10.1	80.12	21098	263	125%	1
210CM10-2	210	10/06/2021	17/06/2021	7	10.1	80.12	21114	264	126%	1
210CM10-3	210	10/06/2021	17/06/2021	7	10.1	80.12	21010	262	125%	2
							Promedio	**263**	125%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 48. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (10 % polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0767-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 19/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (15%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM15-1	210	12/06/2021	19/06/2021	7	10.1	80.12	17523	219	104%	2
210CM15-2	210	12/06/2021	19/06/2021	7	10.1	80.12	17269	216	103%	2
210CM15-3	210	12/06/2021	19/06/2021	7	10.1	80.12	17926	224	107%	1
							Promedio	**220**	105%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 49. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (15 % polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0768-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 19/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (20%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM20-1	210	12/06/2021	19/06/2021	7	10.1	80.12	16432	205	98%	2
210CM20-2	210	12/06/2021	19/06/2021	7	10.1	80.12	16985	212	101%	1
210CM20-3	210	12/06/2021	19/06/2021	7	10.1	80.12	16657	208	99%	2
							Promedio	**208**	99%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 50. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (20 % polvo de carbón mineral antracita - 7 días de curado).

INFORME DE ENSAYO N° 0788-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 22/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP210-4	210	08/06/2021	22/06/2021	14	10.1	80.12	23687	296	141%	1
CP210-5	210	08/06/2021	22/06/2021	14	10.1	80.12	23594	294	140%	1
CP210-6	210	08/06/2021	22/06/2021	14	10.1	80.12	23817	297	141%	1
							Promedio	**296**	141%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 51. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (0 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0799-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 23/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (5%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM5-4	210	09/06/2021	23/06/2021	14	10.1	80.12	24461	305	145%	2
210CM5-5	210	09/06/2021	23/06/2021	14	10.1	80.12	24587	307	146%	2
210CM5-6	210	09/06/2021	23/06/2021	14	10.1	80.12	24890	311	148%	1
							Promedio	**308**	147%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 52. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (5 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0805-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 24/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (10%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM10-4	210	10/06/2021	24/06/2021	14	10.1	80.12	23878	298	142%	1
210CM10-5	210	10/06/2021	24/06/2021	14	10.1	80.12	23702	296	141%	2
210CM10-6	210	10/06/2021	24/06/2021	14	10.1	80.12	23774	297	141%	1
							Promedio	297	141%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 53. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (10 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0830-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 26/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (15%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM15-4	210	12/06/2021	26/06/2021	14	10.1	80.12	21748	271	129%	1
210CM15-5	210	12/06/2021	26/06/2021	14	10.1	80.12	21810	272	130%	1
210CM15-6	210	12/06/2021	26/06/2021	14	10.1	80.12	21671	270	129%	2
							Promedio	271	129%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 54*.Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (15 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado)*

INFORME DE ENSAYO N° 0831-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 26/06/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (20%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM20-4	210	12/06/2021	26/06/2021	14	10.1	80.12	20493	256	122%	1
210CM20-5	210	12/06/2021	26/06/2021	14	10.1	80.12	20389	254	121%	2
210CM20-6	210	12/06/2021	26/06/2021	14	10.1	80.12	20296	253	120%	2
							Promedio	**254**	121%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 55. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (20 % polvo de carbón mineral antracita - 14 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0914-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 06/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP210-7	210	08/06/2021	06/07/2021	28	10.1	80.12	27108	338	161%	1
CP210-8	210	08/06/2021	06/07/2021	28	10.1	80.12	27029	337	160%	1
CP210-9	210	08/06/2021	06/07/2021	28	10.1	80.12	27009	337	160%	1
CP210-10	210	08/06/2021	06/07/2021	28	10.1	80.12	26898	336	160%	2
CP210-11	210	08/06/2021	06/07/2021	28	10.1	80.12	26990	337	160%	2
CP210-12	210	08/06/2021	06/07/2021	28	10.1	80.12	27087	338	161%	1
							Promedio	**337**	160%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 56. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (0 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado

INFORME DE ENSAYO N° 0922-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 07/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (5%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM5-7	210	09/06/2021	07/07/2021	28	10.1	80.12	27592	344	164%	2
210CM5-8	210	09/06/2021	07/07/2021	28	10.1	80.12	27712	346	165%	1
210CM5-9	210	09/06/2021	07/07/2021	28	10.1	80.12	27546	344	164%	1
210CM5-10	210	09/06/2021	07/07/2021	28	10.1	80.12	27520	343	163%	2
210CM5-11	210	09/06/2021	07/07/2021	28	10.1	80.12	27536	344	164%	1
210CM5-12	210	09/06/2021	07/07/2021	28	10.1	80.12	27528	344	164%	1
							Promedio	**344**	164%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 57. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (5 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0927-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 08/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (10%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM10-7	210	10/06/2021	08/07/2021	28	10.1	80.12	27250	340	162%	1
210CM10-8	210	10/06/2021	08/07/2021	28	10.1	80.12	26990	337	160%	2
210CM10-9	210	10/06/2021	08/07/2021	28	10.1	80.12	27179	339	161%	1
210CM10-10	210	10/06/2021	08/07/2021	28	10.1	80.12	27174	339	161%	1
210CM10-11	210	10/06/2021	08/07/2021	28	10.1	80.12	26908	336	160%	2
210CM10-12	210	10/06/2021	08/07/2021	28	10.1	80.12	27022	337	160%	2
							Promedio	**338**	161%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 58. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (10 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0958-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 10/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (15%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM15-7	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	23225	290	138%	1
210CM15-8	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	23198	290	138%	2
210CM15-9	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	23398	292	139%	1
210CM15-10	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	23245	290	138%	2
210CM15-11	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	23346	291	139%	1
210CM15-12	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	23287	291	139%	1
							Promedio	**291**	139%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testIgos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 59. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (15 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0960-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 10/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (20%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
210CM20-7	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	22049	275	131%	1
210CM20-8	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	22068	275	131%	1
210CM20-9	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	21756	272	130%	2
210CM20-10	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	21989	274	130%	1
210CM20-11	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	21898	273	130%	1
210CM20-12	210	12/06/2021	10/07/2021	28	10.1	80.12	21810	272	130%	2
							Promedio	**274**	130%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribucion de carga, conforme a la Norme ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 60. Certificado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto (20 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0915-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 06/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO PATRON F'C = 210 KG/CM2**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO
(Norma de Ensayo NTP 339.078-2012)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'b (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Flexion (kg/cm2)	Ubicación de la Falla
CP210(F)-1		08/06/2021	06/07/2021	28	15.2	15.6	46.3	4315	54.0	Tercio Central
CP210(F)-2		08/06/2021	06/07/2021	28	15.1	15.4	46.3	3990	51.6	Tercio Central
CP210(F)-3		08/06/2021	06/07/2021	28	15.2	15.5	46.3	4125	52.3	Tercio Central
								Promedio	**52.6**	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, Nro. Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 61. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (0 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0923-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 07/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (5%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO
(Norma de Ensayo NTP 339.078-2012)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'b (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Flexion (kg/cm2)	Ubicación de la Falla
210CM5(F)-1		09/06/2021	07/07/2021	28	15.1	15.6	46.3	4355	54.9	Tercio Central
210CM5(F)-2		09/06/2021	07/07/2021	28	15.1	15.5	46.3	4106	52.4	Tercio Central
210CM5(F)-3		09/06/2021	07/07/2021	28	15.2	15.4	46.3	4057	52.1	Tercio Central
								Promedio	**53.1**	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, Nro. Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 62. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (5 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0928-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 08/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (10%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO
(Norma de Ensayo NTP 339.078-2012)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'b (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Flexion (kg/cm2)	Ubicación de la Falla
210CM10(F)-1		10/06/2021	08/07/2021	28	15.1	15.4	46.3	3628	46.9	Tercio Central
210CM10(F)-2		10/06/2021	08/07/2021	28	15.2	15.5	46.3	3611	45.8	Tercio Central
210CM10(F)-3		10/06/2021	08/07/2021	28	15.2	15.6	46.3	3816	47.8	Tercio Central
								Promedio	**46.8**	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, Nro. Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 63. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (10 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0959-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 10/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (15%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO
(Norma de Ensayo NTP 339.078-2012)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'b (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Flexion (kg/cm2)	Ubicación de la Falla
210CM15(F)-1		12/06/2021	10/07/2021	28	15.2	15.5	46.3	3487	44.2	Tercio Central
210CM15(F)-2		12/06/2021	10/07/2021	28	15.1	15.4	46.3	3396	43.9	Tercio Central
210CM15(F)-3		12/06/2021	10/07/2021	28	15.1	15.5	46.3	3491	44.6	Tercio Central
								Promedio	**44.2**	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, Nro. Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 64. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (15 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)

INFORME DE ENSAYO N° 0961-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 10/07/2021

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : **KOKY AMANDO SOBRADOS MORENO / JIMMY NOE GARCIA VASQUEZ**

PROYECTO : **ANALISIS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021**

ID MUESTRA : **CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + POLVO DE CARBON MINERAL ANTRACITA (20%)**

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO
(Norma de Ensayo NTP 339.078-2012)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'b (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Flexion (kg/cm2)	Ubicación de la Falla
210CM20(F)-1		12/06/2021	10/07/2021	28	15.2	15.5	46.3	3392	43.0	Tercio Central
210CM20(F)-2		12/06/2021	10/07/2021	28	15.1	15.6	46.3	3559	44.8	Tercio Central
210CM20(F)-3		12/06/2021	10/07/2021	28	15.2	15.4	46.3	3346	43.0	Tercio Central
								Promedio	**43.6**	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, Nro. Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021

Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. Nº 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.
AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

Figura 65. Certificado de ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto (20 % polvo de carbón mineral antracita - 28 días de curado)

Anexo N° 21: Certificado de calibración de la prensa para rotura de especímenes de concreto

PERUTEST S.A.C

PERUTEST S.A.C
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 061 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	0244-2021
2. Solicitante	**QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.**
3. Dirección	AV. AMERICA SUR 4138 URB. SAN ANDRES - TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD.
4. Equipo	**PRENSA DE CONCRETO**
Capacidad	2000 kN
Marca	ALFA
Modelo	B-001/LCD/2
Número de Serie	050220/21
Procedencia	NO INDICA
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	ALFA
Modelo	B001-2DI4C
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	0.1 / 0.1 kN (*)
Ubicación	LABORATORIO DE CONCRETO
5. Fecha de Calibración	2021-04-12

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2021-04-13	MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES	PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustin - Comas - Lima
email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158

PERUTEST S.A.C
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 061 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 *"Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza."* - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.
MZA. G LOTE. 16 INT. 208 URB. VISTA HERMOSA LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18.7 °C	18.7 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antísismicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE-038-21
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1131- 2020

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de ± 2,0 °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustin - Comas - Lima
email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158

PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

PERUTEST S.A.C
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 061 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100	100.8	99.7	100.8	100.3
20	200	201.1	200.8	200.8	200.9
30	300	302.2	301.3	301.5	301.5
40	400	401.9	401.3	401.6	401.5
50	500	502.6	501.7	501.6	501.8
60	600	602.5	601.6	601.6	601.9
70	700	702.3	701.7	701.9	701.9
80	800	802.3	802.1	802.6	802.3
90	900	901.3	900.9	901.2	901.2
100	1000	1001.9	1001.5	1001.4	1001.5
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100	-0.27	1.10	-0.20	0.10	0.82
200	-0.43	0.15	-0.02	0.05	0.58
300	-0.50	0.30	0.03	0.03	0.59
400	-0.37	0.15	0.04	0.03	0.58
500	-0.37	0.20	0.03	0.02	0.58
600	-0.31	0.15	-0.02	0.02	0.58
700	-0.26	0.10	0.01	0.01	0.58
800	-0.29	0.06	-0.02	0.01	0.58
900	-0.13	0.04	-0.02	0.01	0.58
1000	-0.15	0.04	0.01	0.01	0.58

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_o)	0.00 %

PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustin - Comas - Lima
email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158

Figura 66. Certificado de calibración de la prensa para rotura de especímenes de concreto