

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento.

Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Carlos Alberto Sánchez Díaz

Asesor:

Segundo Saucedo Moncada

Huaraz – Perú

2020

Palabras clave

| | |
|--------------|-------------------------|
| Tema | Eucalipto. |
| Especialidad | Tecnología del Concreto |

Keywords

| | |
|-----------|---------------------|
| Subject | Eucalyptus. |
| Specialty | Concrete technology |

| | |
|-------------------------------|---|
| Línea de investigación | Construcción y gestión de la construcción. |
| Área | Ingeniería, Tecnológica. |
| Subarea | Ingeniería civil. |
| Disciplina | Ingeniería civil. |

Título de la investigación

Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210$
kg / cm² del concreto, con sustitución de arcilla y cenizas de
tronco de Eucalipto, por cemento.

Resumen.

La presente investigación tuvo el objetivo específico de caracterizar la arcilla en sustitución de 7% y 9% y la ceniza de tronco de eucalipto sustituido en 4%, 8% que se utilizara en la mezcla para el diseño de concreto de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, con el fin de determinar la resistencia a la compresión del mismo, para ello se realizara 6 combinaciones aleatorias de cemento, ceniza y arcilla. La combinación 1 será contenida de 100% cemento con respecto a la arcilla, la combinación 2 un 93% de cemento y 7% de arcilla, la combinación 3 un 91% de cemento y 9% de arcilla, la combinación 4 un 100% de cemento con respecto a la ceniza, la combinación 5 un 96% de cemento y 4% de ceniza y por último la combinación 6 un 92% de cemento y 8% de ceniza. Se tomó como población las muestras de 54 especímenes de concreto diseñados con un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ que fueron sometidos a ensayos de esfuerzo a la compresión. Por lo cual damos validez a nuestra hipótesis concluyendo que la sustitución de ceniza de tronco de eucalipto es la combinación óptima según su edad de curado a los 7 días tiene 187 kg/cm^2 , 14 días tiene 207 kg/cm^2 y 28 días tiene 239 kg/cm^2 los cuales corresponden al 8% de ceniza de tronco de eucalipto y sobre pasa la resistencia del concreto patrón incluso la resistencia de las teorías en libras de concreto.

Abstract

The present investigation had the specific objective of characterizing the substitution clay of 7% and 9% and the eucalyptus trunk ash substituted in 4%, 8% that was used in the mix for the concrete design of $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, in order to determine its compressive strength, for this, 6 random combinations of cement, ash and clay will be made. Combination 1 will contain 100% cement with respect to clay, Combination 2 will contain 93% cement and 7% clay, Combination 3 will contain 91% cement and 9% clay, Combination 4 will contain 100% cement with respect to ash, combination 5 96% cement and 4% ash and finally combination 6.92% cement and 8% ash. The samples of 54 concrete specimens designed with an $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ were taken as a population that were subjected to compressive stress tests will be taken as a population. Therefore, we validity our hypothesis concluding that the replacement of eucalyptus trunk ash is the optimal combination according to its curing age at 7 days it has 187 kg / cm^2 , 14 days it has 207 kg / cm^2 and 28 days it has 239 kg / cm^2 which correspond to 8% of eucalyptus trunk ash and exceeds the resistance of the standard concrete, even the resistance of the theories in concrete books.

Índice

| | |
|---|------------|
| Palabras clave..... | i |
| Título de la investigación..... | ii |
| Resumen..... | iii |
| Abstract..... | iv |
| Índice..... | v |
| Introducción | 1 |
| Metodología | 30 |
| Resultados..... | 34 |
| Análisis y discusión | 87 |
| Conclusiones | 90 |
| Recomendaciones | 91 |
| Referencias bibliográficas | 92 |
| Agradecimientos..... | 94 |
| Anexos y apéndice..... | 95 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Principales componentes del cemento portland..... | 8 |
| Tabla 2. Tabla de síntesis de los principales componentes del Clinker..... | 9 |
| Tabla 3. Límites de evaluación según ASTM y NTP 400.037, 2002. | 12 |
| Tabla 4. Requisitos granulométricos de agregado grueso según la NTP 400.037 2002. | 13 |
| Tabla 5. Límites de granulometría según el ASTM..... | 14 |
| Tabla 6. Cantidad de materia antes y después de la calcinación. | 23 |
| Tabla 7. La composición química de las cenizas de eucalipto por método de rayos X. | 24 |
| Tabla 8. Composición química de la arcilla a nivel de óxidos. | 27 |
| Tabla 9. Técnica e instrumento de investigación..... | 32 |
| Tabla 10. Cantidad de materia antes y después de la calcinación. | 34 |
| Tabla 11. Resultados de la composición química de las cenizas de eucalipto expresada como óxidos. | 35 |
| Tabla 12. Composición química del cemento portland tipo I..... | 35 |
| Tabla 13. El PH del cemento, la ceniza de eucalipto y sus combinaciones al 4% y 8%. | 36 |
| Tabla 14. Composición química de la arcilla a nivel de óxidos. | 36 |
| Tabla 15. Composición química del cemento portland tipo I..... | 37 |
| Tabla 16. El PH del cemento, la arcilla y sus combinaciones al 7% y 9%..... | 37 |
| Tabla 17. localización geográfica de la Cantera..... | 38 |
| Tabla 18. Módulo de fineza de los agregados. | 39 |
| Tabla 19. Contenido de humedad del agregado fino para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto..... | 40 |
| Tabla 20. Contenido de humedad del agregado fino para sustitución con arcilla. | 40 |
| Tabla 21. Peso específico y absorción del agregado fino para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto. | 42 |
| Tabla 22. Peso específico y absorción del agregado fino para sustitución con arcilla. | 43 |
| Tabla 23. Peso unitario del agregado fino para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto..... | 44 |
| Tabla 24. Peso unitario del agregado fino para sustitución con arcilla. | 45 |
| Tabla 25. Contenido de humedad del agregado grueso para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto..... | 47 |
| Tabla 26. Contenido de humedad del agregado grueso para sustitución con arcilla. | 47 |
| Tabla 27. Peso específico y absorción del agregado grueso para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto..... | 49 |
| Tabla 28. Peso específico y absorción del agregado grueso para sustitución con arcilla. | 49 |
| Tabla 29. Peso unitario del agregado grueso para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto..... | 50 |
| Tabla 30. Peso unitario del agregado grueso para sustitución con arcilla. | 51 |
| Tabla 31. Resumen de resultados de los diseños de la mezcla se concretó con ceniza. | 52 |

| | |
|---|----|
| Tabla 32. Resumen de resultados de los diseños de la mezcla se concretó con arcilla. | 53 |
| Tabla 33. Resistencia promedio a la compresión del concreto con y sin sustitución de ceniza. | 54 |
| Tabla 34. Resistencia promedio a la compresión del concreto con y sin sustitución de arcilla. | 55 |
| Tabla 35. Resistencia a la compresión promedio obtenido de la combinación de ceniza de tronco de eucalipto vs arcilla | 56 |
| Tabla 36. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 7 días..... | 57 |
| Tabla 37. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 14 días..... | 58 |
| Tabla 38. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 28 días..... | 59 |
| Tabla 39. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 7 días..... | 60 |
| Tabla 40. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 14 días..... | 61 |
| Tabla 41. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 28 días..... | 62 |
| Tabla 42. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 7 días. | 63 |
| Tabla 43. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 14 días. | 64 |
| Tabla 44. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 28 días. | 65 |
| Tabla 45. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 7 días. | 66 |
| Tabla 46. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 14 días. | 67 |
| Tabla 47. Datos de resistencia a la compresión: Concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 28 días. | 68 |
| Tabla 48. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 7 días. | 70 |
| Tabla 49. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 14 días. | 70 |
| Tabla 50. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 28 días. | 71 |
| Tabla 51. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 7 días. | 72 |
| Tabla 52. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 14 días. | 74 |
| Tabla 53. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 28 días. | 75 |
| Tabla 54. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de arcilla a la edad de 7 días. | 76 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 55. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de arcilla a la edad de 14 días. | 77 |
| Tabla 56. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de arcilla a la edad de 28 días. | 78 |
| Tabla 57. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de arcilla a la edad de 7 días. | 79 |
| Tabla 58. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de arcilla a la edad de 14 días. | 80 |
| Tabla 59. Decisión de la hipótesis H_0 con el Z_0 para concreto con y sin adición de arcilla a la edad de 28 días. | 81 |
| Tabla 60. Coeficiente de correlación y determinación de concreto patrón y concreto que contiene la sustitución de ceniza en 4 %. | 83 |
| Tabla 61. Coeficiente de correlación y determinación de concreto patrón y concreto que contiene la sustitución de ceniza en 8 %. | 84 |
| Tabla 62. Coeficiente de correlación y determinación de concreto patrón y concreto que contiene la sustitución de arcilla en 7 %. | 85 |
| Tabla 63. Coeficiente de correlación y determinación de concreto patrón y concreto que contiene la sustitución de arcilla en 9 %. | 86 |
| Tabla 64. Resistencia a la compresión promedio | 138 |
| Tabla 65. Contenido de aire atrapado. | 138 |
| Tabla 66. Volumen unitario de agua. | 139 |
| Tabla 67. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto. | 140 |
| Tabla 68. Norma para el control del concreto en relación a la variación total. | 142 |
| Tabla 69. Norma para el control del concreto en relación con la variación dentro del ensayo. | 143 |

Índice de figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Resistencia promedia a la compresión del concreto con y sin sustitución de ceniza. | 54 |
| Figura 2. Resistencia promedia a la compresión del concreto con y sin sustitución de arcilla. | 55 |
| Figura 3. Resistencia a la compresión promedio obtenido de la combinación de ceniza de tronco de eucalipto vs arcilla. | 56 |
| Figura 4. Distribución normal de concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 7 días. | 58 |
| Figura 5. Distribución normal de concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 14 días. | 59 |
| Figura 6. Distribución normal de concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 28 días. | 60 |
| Figura 7. Distribución normal de concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 7 días. | 61 |
| Figura 8. Distribución normal de concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 14 días. | 62 |
| Figura 9. Distribución normal de concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 28 días. | 63 |
| Figura 10. Distribución normal de concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 7 días. | 64 |
| Figura 11. Distribución normal de concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 14 días. | 65 |
| Figura 12. Distribución normal de concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 28 días. | 66 |
| Figura 13. Distribución normal de concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 7 días. | 67 |
| Figura 14. Distribución normal de concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 14 días. | 68 |
| Figura 15. Distribución normal de concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 28 días. | 69 |
| Figura 16. Formas típicas de distribuciones de datos | 144 |
| Figura 17. Formas típicas de distribuciones de datos | 145 |
| Figura 18. Formas típicas del coeficiente de curtosis. | 146 |
| Figura 19. Curva de Distribución para hipótesis de dos colas. | 148 |
| Figura 20. Curva de Distribución para hipótesis de una cola a la derecha. | 148 |
| Figura 21. Curva de Distribución para hipótesis de una cola a la Izquierda. | 149 |

I INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo del hormigón, es el material más utilizado en la construcción. Debido a su versatilidad, se puede hacer fácilmente en cualquier forma y porque requiere poco mantenimiento cuando se utilizan estructuras de construcción. En circunstancias normales se ignora la durabilidad de los materiales, por lo que el término ha cobrado cada vez más importancia en los últimos años, se trabaja para mejorar la provisión de materiales y sus partículas en edificios con nanotubos de carbono. El propósito de optimizar su comportamiento mecánico y físico, por qué no decir que también en el aspecto económico para su proceso de fabricación. Luego podemos identificar los materiales compuesto de ceniza y arcilla conocida por su resistencia en mezclas de concreto, y también se considera un material con contenido de puzolana, la variable ceniza se define en el quemando de este residuo (como el residuo del tronco del eucalipto) lo que se convierte en cenizas a altas temperaturas, con un contenido de caolinita y sanidina y la arcilla se define como Suelo sedimentario o roca hecha de agregado de silicato de aleación hidratado.

Es por ello que se planteó el trabajo de investigación para solucionar a atenuar costos ofreciendo soluciones a las sociedades presente y futuras.

Es por ello que se estudia a autores **internacionales** tales como (Alvarez , 2013), En su trabajo de tesis denominado *Activación térmica de arcillas de la región de Cayo Guam para su uso como material puzolánico*, tiene como objetivo general la determinación de las propiedades puzolánicas de productos de arcilla calcinada como ingredientes multicomponentes en Guam, por las cuales, se tiene como resultados que se pueden utilizar como material cementante para un concreto $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, ya que se concluye que el índice de resistencia de los morteros con la adición de 30%, arcilla calcinada como reemplazo del cemento después de 7 y 28 días de endurecimiento es superior al 75%, que es el mínimo que necesita el material para que pueda usarse como aditivo puzolánico y su posible reducción al consumo de emisiones de energía y dióxido de carbono en las industrias cementeras.

Por otro lado, también según (Díaz , 2019), en su trabajo de investigación titulada, *estudio de hormigón hidráulico utilizando cenizas de bagazo de caña de azúcar, como sustituto de áridos finos*, el cual se encuentra enmarcado con el objetivo de valorar la conducta mecánica de diferentes muestras como el concreto hidráulico. La cual afectado por el porcentaje de reemplazo del agregado fino por el bagazo de caña de azúcar (CBCA.) en un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, obtiene los resultados que muestran que no es beneficioso reemplazar parcialmente el agregado fino con CBCA, porque los cilindros de concreto con 5% y 10% de CBCA no obtienen ventajas en comparación con el hormigón elaborado de forma tradicional y que el volumen es menor, sin embargo las conclusiones de la información se evaluarán de las propiedades mecánicas que se puede encontrar en la formación de la mezcla, lo que demuestra que la resistencia es reducida, al hacer uso de materiales provenientes de residuos de productos agroindustriales como producto de la calcinación del material sobrante del uso de la caña de azúcar (CBCA).

Además, en el contorno **nacional** según la tesis, *Influencia de la ceniza de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un hormigón de $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$* . Tiene como objetivo general la influencia que tiene sobre reemplazar la mezcla de cemento con una cierta proporción de ceniza de maíz (CRM) en una mezcla de concreto armado de $f = c = 210 \text{ kg / cm}^2$, en sustitución de 3,0%, 5,0% y 8,0% con respecto a la masa de cemento. Lo cual se analizan los resultados obtenidos y pudo percibir que las cenizas del rastrojo de maíz generan menor emplazamiento en la emulsión de concreto, es decir, cuánto superior es la participación de rastrojo de maíz agregado en la mezcla se vuelve menos viable. Si bien puede concluir que esta determina el mejor porcentaje de ceniza, que es la resistencia a la compresión y asentamiento, podemos variar según los resultados que obtengamos de la investigación sobre la mejor proporción de sustitutos de ceniza de tallos de maíz, el peso de la combinación de cemento con sustitución de 3,0% es el más alta y resistente dentro del rango de asentamiento establecido por ASTM-C14 (Cherre & Sandoval , 2019).

Así mismo en el ámbito **nacional**, se revisó la investigación denominado ***Resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ sustituyendo al cemento en 4% y 8% por la ceniza del tronco de eucalipto (*Eucaliptus globulus*)***. El objetivo general o propósito de este estudio es determinar la resistencia obtenida del hormigón $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, cuando usa 4% y 8% en combinación para reemplazar el cemento, investigación realizada en Chimbote el año 2017. Los resultados superan a la probeta de la resistencia patrón, está en una disposición del 1,75% y 9,37% por arriba, logrando superarlo con respecto al patrón y tener la conclusión de que la ceniza de tronco de eucalipto tiene una alta participación de óxido de Calcio (Ca) en 64,659% superando en 2,359% por arriba del cemento, el cual tiene 62,30% de óxido de calcio y se observa que tiene correlación a/c aplicado para cumplir con el enfoque de la combinación de la muestra guía fue $a / c = 0,684$, al 4% aumenta la relación en un 0,71 y para el 8% fue de $a/c = 0,72$ (Pérez, 2017).

Por ultimo en el ámbito **local** en la investigación de la tesis denominado ***Resistencia del concreto con cemento sustituido por la combinación de cal (en 0%, 10% y 12%) y arcilla (en 0%, 7% y 9%)***, tiene como objetivo general obtener la combinación correcta de cal y arcilla para reemplazar el cemento en un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con una cierta proporción para mantener o aumentar la resistencia a la presión del concreto de diseño, realizando la evaluación de resultados, esta investigación se puede hacer sustituciones de cal por cemento en porcentajes superiores a 10 y 12%, pero no es posible la sustitución de arcilla por cemento en porcentajes superiores al 7%, por lo que a partir de este porcentaje las resistencias tienden a disminuir a medida que incrementar la concentración de arcilla, a partir de estos resultados esta concluye que es factible y se puede usar cal y arcilla de la ciudad de Carhuaz para reemplazar el cemento en la preparación del hormigón, tanto individualmente como combinada (Pajuelo, 2018).

Asimismo, se revisó la tesis de (Acuña, 2018), para obtener el grado de ingeniero civil de la Universidad de San Pedro, ***resistencia a la compresión de un concreto sustituido al 5% de cemento por arcilla del distrito de Macate***. Su objetivo general

cumple el propósito de investigar y determinar la resistencia a la compresión del concreto mediante la sustitución del cemento por arcilla natural de Macate con porcentaje del 5%, en comparación con el diseño habitual de $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, obteniendo como resultados el promedio del patrón y el empírico (5%) con respecto a los 7 Días de $189,72 \text{ kg/cm}^2 - 187,82 \text{ Kg /cm}^2$; a los 14 días de $213,17 \text{ kg/cm}^2 - 222,09 \text{ kg/cm}^2$ y a los 28 Días $247,76 \text{ kg/cm}^2 - 239,77 \text{kg/cm}^2$. Y así puede concluir que el diseño empírico su resistencia fue parecida con relación al patrón con respecto a las resistencias medias las muestras de concreto logradas con reemplazo de cemento al 0% y 5% de arcilla, que son significativamente iguales (Anova, $p=0,837$, $p>0,05$).

A partir de las revisiones anteriores de los distintos autores, se presenta el marco teórico para concretar el concreto como una prioridad de la investigación actual y resaltar su tipo, propiedades y componentes. De esta manera agregamos conceptos coherentes que se relacionan tanto con el hormigón como con la ceniza y la arcilla.

Según (Pasquel, 1993) definió el concreto como sólido, formado por la composición de cemento, agregados, agua y si es necesario aditivos, en determinadas proporciones, que denota una estructura moldeable y plástica inicialmente, para luego adquirir una resistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, que lo vuelve sumamente práctico e ideal para la edificación de estructuras.

El cemento, los agregados finos, agregados gruesos y el agua constituyen una mezcla que compuestos producen una masa moldeable, su tarea es combinar varias partículas llenando el espacio vacío entre los mismos. Pero cada vez más con el tiempo, se disipan las características de esta masa y a menudo se vuelve más rígida.

Tecnología del concreto.

No hay duda que en las edificaciones, el concreto sea el material más empelado, porque este material requiere actividades cuidadosas y cuidadosamente supervisadas para tener éxito, asegurando que cumpla su resistencia a la compresión, estabilidad de volumen, durabilidad, entre otros. Este trabajo generalmente enumera las

actividades que la persona a cargo de la estructura de concreto debe conocer y llevar a cabo para garantizar la calidad del concreto que se está trabajando y para garantizar la seguridad de la estructura diseñada (Pasquel, 1993).

Así mismo (Pasquel, 1993) define la tecnología del concreto moderna en cuatro componentes:

El cemento, los agregados, el agua y los aditivos forman elementos activos y el aire es un componente neutral. Si conforme la explicación habitual relaciona a los aditivos como elementos opcionales, en la industria moderna se les conoce como ingredientes normales, está científicamente probado que son eficaces para optimizar las circunstancias de aceptabilidad, resistencia y estabilidad. Si considera ahorrar mano de obra y equipo para colocar, compactar, conservar, rectificar o incluso convertir la cantidad de cemento, el aditivo es una opción más económica, ver anexo N° 30.

Es un aglutinante hidrofílico que se calcina a partir de piedra caliza, arenisca y arcilla, con el objetivo de que se obtenga un polvo fino y se endurecerá en presencia de agua y conseguirá lograr durabilidad y adherencia, ver anexo N° 31.

Cemento Portland

Es un material hidráulico elaborado a partir de polvo de clínker. Se combina principalmente con silicato de calcio hidráulico y se añaden una o más formas de sulfato de calcio en el momento del período de pulverización. Todo el cemento Portland utilizado para fabricar concreto debe cumplir La "Especificación estándar de cemento Portland" de ASTM C-150".

Composición del cemento Portland.

Aluminio tricálcico (C3A)

Silicato tricálcico (C3S)

Silicato bicálcico (C2S)

Ferroaluminato de tetracalcio (C4AF)

El clínker generalmente contiene entre un 70% y un 75% del primero, lo que representa del 7% al 15% del clínker. El aluminato tricálcico, el resto consiste en Aluminio tricálcico (C3A) y compuesto auxiliares como (MG O y SO3). La comparación de estos compuestos en el clínker depende de la cantidad de ellos en las materias primas, los elementos minerales que las componen, a saber: calcio, Silicio, aluminio y hierro (Pasquel, 1993, pág. 22).

Tipos de cemento

Siguiendo el planteamiento de (Acuña, 2018). Los cementos portland se clasifica de la siguiente manera:

Tipo I:

Adecuado para trabajos generales que requieren atributos especiales.

Tipo II:

Adecuado para trabajos que están expuestos a efectos moderados de sulfato y trabajos que requieren calor moderado de hidratación.

Tipo III:

Genera una alta resistencia inicial.

Tipo IV:

Se desarrolla bajo el calor de la hidratación.

Tipo V:

Es altamente resistente a los efectos del sulfato.

Fabricación de cemento portland.

Los materiales conocidos como materias primas, que se trituran fácilmente y se mezclan íntimamente, se calientan incluso al inicio de la fusión (1400-1900 ° C), generalmente en grandes hornos rotativos que pueden alcanzar un paso de más de 200 metros de ancho y 5,50 Medidor de radio. La masa parcialmente fundida que sale del horno se llama "clinker" (bolas pequeñas, duras, oscuras, de color plomo de varios tamaños). El clinker, enfriado y triturado en cenizas muy finas, forma el cemento Portland comercializable. Mientras muele, agregue una pequeña cantidad

de pasta de yeso (3 a 4%) para ajustar el cemento fraguado. (Abanto, 2009), ver Anexo No. 32.

La absorción es la combinación de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento que provocan un cambio del período elástico al resistente, siendo inherentes las propiedades de los productos recién formados. La facilidad con la que se desarrolla la combinación es fácilmente simétrica con la delgadez del cemento y, a la inversa, es igual a la duración, de modo que es inmensamente rápida al principio y disminuye gradualmente con los días, pero nunca se interrumpe. Al contrario de lo que se creía hace unos años, la modificación con agua no une las partículas de cemento. Cuando todas las partículas se dispersan en millones de partículas de productos de combinación y los componentes originales desaparecen, la agregación es exotérmica y conduce a un aumento de la combustión. Llamado quemado por absorción (Pasquel, 1993, pág. 27).

Depende de la relación entre temperatura, tiempo y volumen de agua. Una vez que el cemento ha reaccionado, se pueden definir Los siguientes estados pueden distinguir las distintas etapas de hidratación:

Estado plástico.

La combinación de agua y cemento en el residuo genera un procedimiento de mezcla plástica. Cuanto menor sea la relación agua / cemento, mayor será la fusión de las partículas de cemento en la mezcla compactada, por lo que la combinación del producto hidratado tiene una mayor resistencia (Pasquel, 1993, pág. 28).

Fraguado inicial.

Estado de la masa cementosa en la que se aceleran las reacciones químicas, se inicia el desgaste por resistencia y flexibilidad, midiéndose según la consistencia a deformar. Es el ciclo en el que se prueba el progreso exotérmico en el que actualmente se genera la combustión de hidratación antes mencionada, que es el resultado de las reacciones químicas descritas (Pasquel, 1993, pág. 28).

Fraguado final.

Se obtiene la delimitación del tiempo de reajuste, caracterizado por la resistencia especificada y las deformaciones permanentes. La disposición del gel es la disposición final de sus partículas endurecidas (Pasquel, 1993, pág. 28).

Endurecimiento.

Se hace para fragmentar el fraguado final y es el período de tiempo que las propiedades de durabilidad se mantienen y aumentan con el tiempo. La fuerza preponderante es la absorción estable de silicatos de calcio y la hipótesis continua de un estado indefinido. En el último período del mismo, en el que las influencias de la constitución del cemento son plenamente reconocibles. Los sólidos de absorción exhiben su solubilidad estrechamente baja, por lo que la consistencia aún es posible bajo el agua (Pasquel, 1993, pág. 28)

Composiciones primas del cemento.

Originalmente, las principales materias primas para la producción de cemento Portland eran la cal, la sílice, el óxido de aluminio y el óxido de hierro, que trabajaban juntos en el horno para formar una línea de productos cada vez más compleja. La constitución química del cemento se divide en componentes mayores y menores.

Tabla 1. Principales componentes del concreto portland.

| Nombre | Composición | Abreviatura | Contenido % |
|-------------------------------|--------------------|-------------|-------------|
| silicato tricálcico | 3cao, sio2 | c3s | 45-60 |
| silicato bicálcico | 2cao, sio2 | c2s | 5-30 |
| aluminio tricálcico | 3cao, al2o3 | c3a | 6-25 |
| aluminio ferrito tetracálcico | 4cao, al2o3, fe2o3 | c4af | 6-8 |

Fuente: (Morejón, 2015, págs. 5-8)

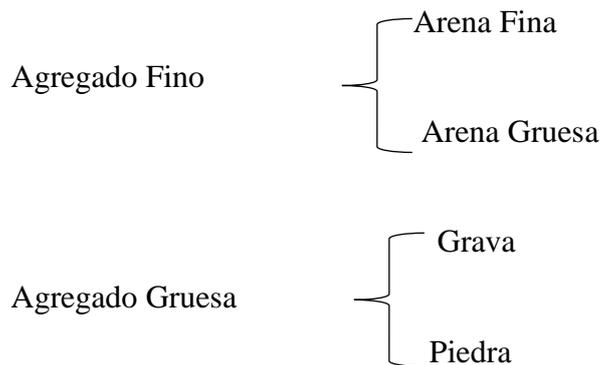
Tabla 2. Tabla de síntesis de los principales componentes del Clinker.

| Compuesto | Contenido | Cinética de acción | Calor de hidratación | Desarrollo | Durabilidad |
|------------------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------|
| c3s silicato tricálcico | 50% | alta | 120 cal/g | Rápido y prolongada | baja |
| c2s silicato bicálcico | 25% | alta | 60 cal/g | lento y muy prolongada | intermedia |
| c3a aluminio tricálcico | 10% | muy alta | 207 cal/g | muy rápido y de corta duración | muy baja |
| c4af aluminio ferrito tetracálcico | 8% | alta | 100 cal/g | lento y poco significativo | alta |

Fuente: (Morejón, 2015, pág. 8)

Agregados

Agregado, también conocido como agregados inertes, granular, natural o artificial, el cemento Portland con estos agregados más la presencia de agua se unen para formar una mezcla densa (roca hecha por el hombre), llamado concreto simple, este material tiene la propiedad de una resistencia conveniente y apropiada (fuerza a las partículas) que no interferirá o afectará negativamente el rendimiento y las características de la mezcla y garantizará una adhesión suficiente a la pasta endurecida. cemento Portland. En general, la mayoría de ellos son materiales inertes, es decir, no reaccionarán con otros componentes de la mezcla, especialmente con cemento. Sin embargo, algunos agregados tienen las propiedades hidráulicas más fuertes, por lo que tienen un cierto grado de actividad y están coordinados con el desarrollo de la resistencia mecánica, por ejemplo: escoria de alto horno de plantas de acero, materiales que contienen sílice activa en rocas volcánicas, entre otros (Pasquel, 1993).



Clasificación de agregados.

Los agregados se dividen en agregados naturales y artificiales según su origen. Se considera:

Agregados naturales:

Son creados por procesos geológicos naturales. Llevan miles de años en la tierra, se extraen, seleccionan y su tratamiento es para optimizar su uso en la fabricación de hormigón.

Agregados artificiales:

Resultado del proceso de conversión de elementos naturales, y otros subproductos del procesamiento se pueden utilizar en la producción de hormigón.

Clasificación por tamaño.

Según el tamaño del agregado, se divide en agregados finos y agregado grueso.

Agregados finos:

Pasa por un tamiz de 3/8" en su totalidad y al menos el 95% de la pantalla del tamiz No. 4 se retiene en la pantalla tamiz No. 200.

Agregado Grueso:

Es el que se retiene, al menos, el 95% en el Tamiz No. 4.

Características físicas

En general, las propiedades de la viscosidad, dureza, porosidad y asignación de volumen de las porciones, comúnmente conocidas como granulometría o gradación, son esenciales en los agregados. Estas características están vinculadas a Un conjunto de pruebas estándar que mide estas propiedades para compararlas con títulos de contexto específicos o para construir mezclas. Para evaluar estos requisitos, es importante definir claramente los conceptos relativos de las siguientes propiedades físicas de los agregados y sus memorias numéricas (Pasquel, 1993, pág. 72).

Granulometría.

Medir el volumen del tamaño de distintas muestras de porción sería genial. Es dificultoso determinar el origen la medición se desarrolla indirectamente tamizando con varias mallas según indica la norma y pese los materiales retenidos, el porcentaje se basa en el peso total.

Esto se llama estudio de tamaño de partículas o estudio de tamaño de partículas, que es una cifra numérica de la repartición de la masa de partículas por tamaño. Los títulos encontrados se muestran gráficamente en un método de coordenadas semilogarítmico, lo que nos permite considerar la proporción acumulada. Si el modelo la repartición del tamaño de fragmento de una composición es agregada con poca desavenencia en la dificultad específica, el tamaño de fragmento es en condiciones la misma, independientemente de si la mezcla se calcula por peso absoluto o volumen, pero cuando se trata de agregados con diferentes densidades específicas, debe convertirse a volumen absoluto para hacer la distribución. del volumen esté realmente representada, lo cual es de interés para la producción de concreto (Pasquel, 1993, pág. 75).

La característica especial de la serie de tamices estándar ASTM es que comienza con un tamiz de agujero cuadrado de 3 pulgadas, y el diámetro del agujero del siguiente tamiz es igual a la mitad del tamiz anterior. Comience con una cuadrícula de 3/8 de

pulgada y mantenga el mismo orden, pero el nombre de la cuadrícula se basa en la cantidad de aberturas por pulgada cuadrada. La importancia práctica del análisis del tamaño de partícula de los agregados es que el tamaño del grano afecta directamente a muchas propiedades del concreto fresco. Tan fuerte que es un elemento esencial en todos los métodos de diseño (Pasquel, 1993, pág. 75).

La regla estipula que la discrepancia entre el paso implícito por el tamiz y el contenido que queda en el tamiz posterior no debe exceder el 45% de la muestra general. Por lo tanto, tiende a tener un tamaño de grano más regular. En lo que respecta al análisis del tamaño de las partículas, los mejores resultados se pueden obtener utilizando un agregado de partículas dentro del rango de especificación.

Tabla 3. Límites de evaluación según ASTM y NTP 400.037, 2002.

| Denominación del tamiz | Abertura en pulgadas | Aberturas en milímetros |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--|
| 3" | 3 | 75 |
| 1 1/2" | 1.5 | 37,5 |
| 3/4" | 0,75 | 19 |
| 3/8" | 0,375 | 9,5 |
| N° 4 | 0,187 | 4,75 |
| N° 8 | 0,0937 | 2,36 |
| N° 16 | 0,0469 | 1,18 |
| N° 30 | 0,0234 | 0,59 |
| N° 50 | 0,0117 | 0,29 |
| N° 100 | 0,0059 | 0,1475 |
| N° 200 | 0,0023 | 0,0737 |

Fuente: Tecnología del Concreto (Abanto, 2009, pág. 24).

Tamaño de grano del agregado grueso

La escala del agregado grueso debe estar dentro del rango especificado en la norma ITINTEC 400.037 o la norma ASTM C-33, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Requisitos granulométricos de agregado grueso según la NTP 400.037 2002.

| N° ASTM (HUSI) | Medida nominal Pulgadas (apertura cuadrado) | Porcentaje en peso de cada tamiz estándar | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|---|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|-----------|-------------|
| | | 4" | 3 1/2" | 3" | 2 1/2" | 2" | 1 1/2" | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N° 4 | N°8 | N° 16 |
| 1 | 3 1/2" a 1 1/2" | 100 | 90 a 100 | ... | 25 a 60 | ... | 0 a 15 | ... | 0 a 5 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2 | 2 1/2" a 1 1/2" | ... | ... | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | ... | 0 a 15 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 3 | 2" a 1" | ... | ... | ... | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | ... | 0 a 5 | ... | ... | ... | ... |
| 357 | 2" a N°4 | ... | ... | ... | 100 | 95 a 100 | ... | 35 a 70 | ... | 10 a 30 | ... | 0 a 5 | ... | ... |
| 4 | 1 1/2" a 3/4" | ... | ... | ... | ... | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | ... | 0 a 5 | ... | ... | ... |
| 467 | 1 1/2" a N°4 | ... | ... | ... | ... | 100 | 95 a 100 | ... | 35 a 70 | ... | 10 a 30 | 0 a 5 | ... | ... |
| 5 | 1" a 1/2" | ... | ... | ... | ... | ... | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | ... | ... | ... |
| 56 | 1" a 3/8" | ... | ... | ... | ... | ... | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | ... | ... |
| 57 | 1" a N°4 | ... | ... | ... | ... | ... | 100 | 95 a 100 | ... | 25 a 60 | ... | 0 a 10 | 0 a 5 | ... |
| 6 | 3/4" a 3/8" | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | ... | ... |
| 67 | 3/4" a N°4 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 100 | 90 a 100 | ... | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | ... |
| 7 | 1/2" a N°4 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | ... |
| 8 | 3/8" a N°8 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 85 a 100 | 0 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |

Fuente: Tecnología del Concreto (Abanto, 2009, pág. 27).

Granulometría de agregado fino

Los agregados finos se denominan agregados que pasan a través de las cribas de 3/8 y 4, y se retienen casi por completo en las 200 cribas, y cumplen los requisitos especificados en la norma. Generalmente, se recomienda limitar el analizador de tamaño de partículas al siguiente rango:

Tabla 5. Límites de granulometría según el ASTM.

| Tamiz | Grupo C |
|--------|----------|
| 3/8" | 100 |
| N° 4 | 95 a 100 |
| N° 8 | 80 a 100 |
| N° 16 | 50 a 85 |
| N° 30 | 25 a 60 |
| N° 50 | 10 a 30 |
| N° 100 | 2 a 10 |

Fuente: Tecnología del Concreto (Abanto, 2009, pág. 24).

El control de granularidad se puede entender a través de gráficos, donde la ordenada representa el porcentaje acumulado de paso de cuadrícula y la abscisa representa el porcentaje de paso de cuadrícula. La apertura correspondiente.

Módulo de fineza del agregado fino.

Es un aproximado del tamaño promedio del agregado. Cuando el índice es bajo, significa que la agregación es buena; cuando el índice es alto, significa lo contrario. El módulo de finura no puede distinguir el tamaño de grano, pero si el agregado está dentro del porcentaje especificado en el estándar de tamaño de grano, puede controlar su uniformidad.

El módulo de finura del agregado se obtiene sumando los porcentajes acumulados retenidos en una serie de rejillas estándar: 3 pulgadas, 1 3/8 pulgadas, N ° 4, N ° 16, N ° 30, N ° 50, N ° 100 y dividir por 100. De acuerdo con las normas ASTM, el módulo de finura de la arena no debe ser inferior a 2,3 ni superior a 3,1. Se estima que el hormigón producido por arena entre 2.2 y 2.8 módulos tiene buena

trabajabilidad y reduce la separación. Y aquellos entre 2.8 y 3.1 son los más beneficiosos para el concreto de alta resistencia. (Abanto, 2009, págs. 28-29).

Módulo de finura de agregados combinadas

Combinando materiales de diferentes tamaños (como grava y arena), se siguen los pasos a continuación para establecer el módulo de finura de la mezcla que es la siguiente:

El elemento de finura del conjunto agregado se calcula por separado.

Calcule los factores en cada mezcla.

El tipo de finura de la mezcla de agregados es igual a la adición del producto de factores específicos multiplicado por el módulo de finura de cada agregado.

Tamaño máximo nominal de agregado grueso

De acuerdo con los estándares N.T.P, define el tamaño grande de agregado grueso como correspondiente al tamiz más pequeño atraviesa todo el espécimen de agregado grueso.

Tamaño nominal máximo del agregado grueso

Según las normas técnicas del Perú, define el tamaño nominal máximo del agregado grueso como correspondiente a la serie A de tamices más pequeños que producen el primer retenido.

Peso específico

Es el cociente del peso de la partícula dividido por el volumen de la partícula en lugar del volumen de la partícula.

Considere la brecha entre ellos. Los estándares NTP 400.021 (ASTM C-127) y NTP 400.022 (ASTM C-128) establecen procedimientos estandarizados para la determinación de laboratorio, distinguiendo tres expresiones basadas en las condiciones de impregnación. Debe tenerse en cálculo que los términos estándar no tienen dimensión y luego deben multiplicarse por la densidad del agua en la unidad

requerida para obtener los parámetros que se utilizarán en el cálculo (Pasquel, 1993, pág. 74).

Peso unitario

Se divide por el peso de las partículas (incluidos los huecos). Al incluir el espacio entre las partículas, se ve afectado por la forma en que están dispuestas, lo que lo hace algo relativo. N.T.P. 400.017 (ASTM C-29) define un procedimiento de evaluación, es decir, el estado de las partículas después de compactarse en un modelo metálico. Golpéelos 25 veces con varillas de 3/8 5/8 pulgadas. La acción emanada es el valor utilizado en algunos métodos de diseño híbrido para valorar la relación y convertirla de una dosis en cuenta a una medida en masa. En este actual tema, tenga en cuenta que estas conversiones asumen que el material en su fase original tiene el peso unitario derivado en la prueba estándar, lo cual es incorrecto debido a las propiedades de compactación mostradas. Algunas personas usan la misma prueba, pero no comprimen la suma para determinar la "unidad suelta", pero el valor no es necesariamente la cantidad de material en el cuadrado, por lo que también ocurren errores cuando el diseño pasa de peso a m Está convertido (Pasquel, 1993, pág. 74).

Porcentaje de vacíos.

La medida de masa expresada con la participación de espacio entre partículas. Los Agregados También depende de la adaptabilidad entre partículas, por lo que su equivalencia es inherente al peso unitario.

Absorción (N.T.P. 400.021)

Esta es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de 24 horas de inmersión, expresada como un Porcentaje de peso seco. Si el agregado se mantiene a una destemplanza de 110 ± 5 ° C durante un período eficaz para excluir toda el agua sin aglutinarse, el agregado se considera "seco".

Esta es la capacidad del agregado para llenar los vacíos dentro de las partículas con agua. Este fenómeno es causado por la acción capilar, y los agujeros indicados, no están completamente llenos porque siempre hay aire atrapado. Esto es importante porque se refleja en el concreto, lo que reduce el agua mezclada, afecta la resistencia y la trabajabilidad, por lo que es necesario. Recuerde siempre hacer las correcciones necesarias: los estándares ya mencionados *N.T.P.400.021 (ASTM C-127)* y *N.T.P.400.022 (ASTM C-128)* establecieron un método para determinar el agregado grueso, como se muestra a continuación se formula:

Peso específico de masa (Pem) (NTP400.022)

La gravedad específica del árido es un indicador de calidad, pues un valor alto corresponde a un material con buenas propiedades, mientras que un valor bajo suele corresponder a un árido absorbente y débil. La proporción de masa (Pem) se determina mediante la subsecuente enunciado:

Peso específico de masa seca (Pems) (NTP400.022)

La relación entre ella y la calidad del aire por unidad de volumen de material (incluidos los poros), la permeabilidad natural de la temperatura estable y la impermeabilidad del material; la masa de agua destilada sin aire en el ambiente con la misma consistencia y la misma medida.

Gravedad específica de saturación de superficie seca (SSS) (NTP400.022)

Es la relación de masa de agregado por unidad de volumen en el aire a una temperatura estable, incluida la masa de agua en los poros llenos, hasta que se llena sumergiéndolo en agua durante aproximadamente 24 horas (pero sin incluir los poros entre las partículas), y En comparación con la calidad del agua destilada sin aire en volumen medio. Use la siguiente fórmula para determinar la gravedad específica del material seco saturado superficial (SSS):

Peso específico aparente (pea) (NTP400.022)

Es la relación entre la calidad del aire de la parte impermeable de una unidad de volumen de agregado con la calidad del aire de un volumen igual de agua a una temperatura estable. Sin destilación de gas. La (pea) se calcula usando la siguiente

Porosidad.

Es el volumen de espacio dentro de las partículas agregadas. Gran influencia en todos los demás atributos del agregado, ya que representa la estructura interna de la partícula. No existe un método estándar de evaluación en ASTM. El valor normal en las normales agregadas varía entre hasta el 15%, aunque el rango habitual está entre el 1 y el 5%. En agregados ligeros, la porosidad puede alcanzar del 15% al 50% (Pasquel, 1993, pág. 77).

Contenido de húmeda. (N.T.P. 339-185)

Es la cantidad de líquido superficial retenida por las partículas agregadas en un momento dado. Esta es una característica importante porque ayuda a aumentar el agua mezclada, por lo que debe considerarse junto con la absorción para hacer las correcciones apropiadas en el suministro mixto para cumplir con los supuestos hipotéticos. La humedad se expresa de la siguiente manera según el estándar. contenido de humedad.

Agregado grueso (N.T.P. 400.037)

Los agregados gruesos son agregados retenidos en la pantalla No. 4 debido a la descomposición natural o mecánica de las rocas. El agregado grueso puede estar mezclado de piedra natural o triturada, piedra triturada o agregado de metal natural o artificial. El agregado grueso utilizado para preparar concreto liviano puede ser natural o artificial.

El agregado grueso debe consistir preferiblemente en partículas de contorno limpias, perfectamente anguladas o semi-anguladas, que sean duras, densas, duraderas y preferiblemente de textura rugosa. El agregado grueso debe clasificarse dentro del rango especificado por la norma.

Datos a considerar para el agregado grueso (NTP).

La fuerza adhesiva depende de la forma y textura de la superficie del agregado grueso. La reacción química entre los componentes de la pasta de cemento y el agregado. La piedra triturada tiene mayor resistencia que la piedra redonda triturada. Esto se debe a la formación de enlaces mecánicos en las partículas angulares.

Sin embargo, dado que se requiere más agua y, por lo tanto, se reduce la trabajabilidad, se debe evitar una inclinación excesiva. El agregado ideal debe ser partículas limpias, cúbicas, anguladas, 100% rectificadas y mínimamente planas y alargadas. Para alta consistencia a la presión con alto táctico de cemento y baja correlación agua-cemento, el tamaño máximo del agregado debe mantenerse entre 12,7 y 9,5 mm para obtener un agregado grueso adecuado que debe cumplir con los requisitos de esta norma. N.T.P.

Agregado fino (NTP400.037)

El agregado liso puede ser arena natural o partida, o una mezcla de ambos, y sus partículas deben estar limpias y libres de polvo, grumos, materia orgánica y otras impurezas. Se define como agregado fino de roca natural o que se desintegra artificialmente que pasa a través de un tamiz NTP de 9.5 mm (3/8) y cumple con el límite especificado por NTP 400.037.

El grado de agregado fino debe estar dentro del rango especificado en NTP 400.037.

Requisitos de uso.

El agregado fino es arena natural. Las partículas son limpias, preferiblemente angulares, duras, densas y resistentes a la corrosión.

Los agregados finos no deben contener cantidades nocivas de polvo, grumos, escamas o partículas blandas, esquisto, pizarra, álcali, materia orgánica, sal y otras sustancias nocivas.

Debe seguir sus reglas de granularidad

Se recomienda que las sustancias peligrosas no excedan el siguiente porcentaje máximo:

Partículas degradables: 3 %

Más delgado que el material de malla 200: 5%

Funciones del agregado en el concreto

Una de las principales funciones del agregado en concreto es resistir. Proporciona los agregados en el hormigón, También redujeron el contenido de cemento en la mezcla., reduciendo así el precio. El agregado de hormigón cumple principalmente las siguientes funciones: como esqueleto de la pasta (cemento y agua) o relleno adecuado, puede reducir el contenido de pasta en metros cúbicos, TAMBIEN proporcionan una gran cantidad de partículas que pueden resistir la acción mecánica de la abrasión o el envejecimiento, estas partículas pueden actuar sobre el concreto y reduce los cambios de volumen provocados por los procesos de curado y endurecimiento, humectación, secado o calentamiento.

Los áridos finos y gruesos suelen representar del 60% al 75% del volumen de hormigón (del 70% al 85% en peso) y afectan la calidad del concreto a gran medida el rendimiento del concreto endurecido recién mezclado, la relación de la mezcla y la economía.

La estructura granular consta de agregados de elementos inertes, que generalmente son más fuertes y más baratos que la pasta de cemento. Por tanto, es deseable colocar la mayor cantidad de áridos posible para obtener un hormigón sólido con poco cambio de tamaño y económico.

Pero la trabajabilidad del concreto pone un límite al contenido de agregado grueso. Si la cantidad de agregado grueso es demasiado grande, la mezcla se vuelve difícil de usar y el agregado grueso se separará (segregará) del concreto. En este caso,

generalmente se dice que el concreto es "rugoso", "flexible" y "no demasiado dócil".

En concreto fresco, es decir, justo antes de que se haga y comience a fraguar, la suspensión de cemento tiene la función de lubricar las partículas de agregado, de modo que la mezcla tenga fluidez. El agregado fino (arena) también coopera a este respecto.

El contenido de arena debe ser mínimo para garantizar una buena procesabilidad y aportan cohesión a la mezcla. Pero no exagere, porque dañará la resistencia.

La proporción de cada material debe optimizarse para obtener el rendimiento requerido al mismo costo. La función del hormigón debe convertirse en el esqueleto, reducir el contenido de la suspensión y también puede resistir la acción mecánica y reducir el cambio de volumen. La función del agregado en el hormigón se crea Un esqueleto fuerte y estable, que se consigue combinando áridos con cemento y agua (pasta). El complemento más pequeño requiere más lechada. Por lo tanto, es conveniente colocar una gran cantidad de agregado grueso para obtener concreto duradero. Sin embargo, al mezclar una gran una gran cantidad de agregados gruesos no serán fáciles de procesar y se separarán y se convertirán en concreto de piedra sin procesar, en lugar de dócil (Pasquel, 1993).

Agua

Hemos visto que el agua es el elemento básico de la hidratación del cemento y el desarrollo de su desempeño. Si la composición contiene determinadas sustancias que pueden dañar el hormigón, debe cumplir determinados requisitos en función de su composición química y no provocará problemas incidentales. Al evaluar el mecanismo de hidratación del cemento, ¿cómo la adición de solidificación de agua adicional conduce a una hidratación adicional del cemento, entonces esto debe corresponder al agua? Algunas condiciones del hormigón (Pasquel, 1993, pág. 59).

Consideraciones de mezcla de agua

El agua no debe contener sustancias en suspensión o disueltas que puedan modificar el estado de fraguado del cemento. Si el pH es <7 , el agua extremadamente pura (agua de lluvia) es ácida. El agua potable es incolora, insípida, fresca y no contiene materia orgánica.

El mayor problema del agua para el hormigón es la cantidad más que la calidad. En caso de duda sobre la calidad del agua, es mejor realizar pruebas comparativas de cementación, resistencia mecánica y estabilidad de volumen.

Agua de curado

El agua de curado debe cumplir los mismos requisitos para el agua mezclada, por otro lado, la misma fuente de suministro de agua se usa generalmente en los trabajos de preparación y curado.

El proceso de curado implica mantener el concreto húmedo durante unos días después de colocarlo para Realiza una reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento). Siete días después del vertido, el hormigón alcanzó el 70% de su resistencia designada. En la etapa inicial, la resistencia máxima del hormigón depende en gran medida de las condiciones de humedad y temperatura. Si la temperatura baja a 5°C o menos el primer día, el secado prematuro del hormigón perderá un 30% o más de su resistencia, a menos que el hormigón permanezca continuamente húmedo durante mucho tiempo después de que baje la temperatura. La congelación del hormigón fresco puede reducir la resistencia hasta en un 50%. (Pasquel, 1993, pág. 60).

Eucalipto

Este tipo de especie se introdujo por primera vez en 1940 con el auge minero. El tipo más común fue el globulus, luego se utilizó como barrera, rompe el viento,

entonces esa es la explotación maderera del eucalipto lo convierte en una de las principales fuentes de ingresos de la región.

Inclusive también se utilizó desde el principio como planta medicinal para los resfriados, extraer jarabes, pastillas de ungüento, etc.

Eucalipto o Eucalyptus es un género de árboles en la familia del mirto. Hay alrededor de 700 especies, la mayoría de las cuales son nativas de Australia. hoy en día Son comunes en grandes partes del mundo y debido a su adaptabilidad y El crecimiento rápido a menudo se usa en plantaciones forestales para eso Industrias de papel, madera o química, además de Su valor ornamental (Gutierrez, 2016).

Ceniza del eucalipto

Análisis térmico diferencial

Se puede observar que el análisis térmico diferencial muestra que nuestro material ha pasado por dos etapas. La primera etapa comenzó a 110 ° C y 205 ° C, seguida de un ligero pico endotérmico a 410 ° C y un pico de alta intensidad a 900 ° C, lo que indica que es muy probable que el material experimente cambios estructurales. Teniendo en cuenta lo anterior, la temperatura ideal para la calcinación de cenizas de eucalipto es de 400 ° C durante 2 horas.

Resultados de cantidad de la ceniza antes y después de la calcinación. Los pesos utilizados antes y después de la calcinación por el intervalo de tiempo de 2 horas a una temperatura de 400°C fueron los siguiente (Pérez, 2017).

Tabla 6. Cantidad de materia antes y después de la calcinación.

| Descripción | Proceso | Temperatura (°C) | Peso inicial | Peso final | Porcentaje Final (%) | Porcentaje de Reducción (%) |
|-------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Ceniza de tronco de eucalipto | Calcinación | 400 | 4,5 | 2,87 | 63,78 | 36,22 |

Fuente: (Pérez, 2017).

Ya realizado el análisis térmico diferencial a la muestra de eucalipto para obtener los resultados de calcinación de que temperatura calcinar y en que intervalo de tiempo se obtuvieron los siguientes resultados. Que inicialmente la ceniza llevada Al laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo, fue de 4,5 kg al realizar la calcinación se obtuvo finalmente 2.87 kg de ceniza lo cual nos indica que el porcentaje de reducción es de 63,78% y nuestro porcentaje obtenido de 36,22% (Pérez, 2017).

Composición química de la ceniza del eucalipto método (espectrometría de fluorescencia de rayos x). El análisis del espectro de fluorescencia de la ceniza de eucalipto registra la composición química, Oxido de Calcio (Ca) 64,66 %, Trióxido de Hierro, (Fe₂O₃) 9,98 %, Dióxido de Silicio (SiO₂) 15,92%, Trióxido de Aluminio, (Al₂O₃) 1,31% los cuales son componentes principales del cemento (Pérez, 2017).

Se obtuvieron buenos resultados ya que podemos sostener que es un material cementante.

Tabla 7. La composición química de las cenizas de eucalipto por el método de rayos X.

| Composición química | Resultado (%) | Método utilizado |
|----------------------|---------------|---|
| oxido de calcio | 64,66% | |
| dióxido de silicio | 15.92% | |
| trióxido de azufre | 9.98% | |
| oxido de magnesio | 5.35% | |
| oxido de manganeso | 1.78% | |
| trióxido de aluminio | 1.31% | espectrometría de energía dispersa (eds) |
| trióxido de hierro | 0.62% | |
| oxido de bario | 0.34% | |
| pentóxido de fosforo | 0.19% | |
| oxido de zinc | 0.02% | |
| oxido de cobre | 0.02% | |
| trióxido de cromo | 0.01% | |

Fuente: (Pérez, 2017)

Arcilla

Es un suelo o roca sedimentaria formada por agregados de silicato de aluminio hidratado y proviene de la descomposición de rocas que contienen feldespato (como

el granito). Dependiendo de las impurezas que contenga, su color varía del rojo anaranjado puro al blanco. Arcilla cuaternaria (400.000 años). Físicamente, se considera un coloide con partículas extremadamente pequeñas y una superficie lisa. El diámetro de las partículas de arcilla es inferior a 0,002 mm. Puede haber partículas no minerales, piedras de plantas, en la parte del texto de arcilla. Desde un punto de vista químico, la fórmula molecular es un tipo de silicato de aluminio hidratado: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$. Se caracteriza por su plasticidad cuando se mezcla con agua y su volumen y dureza cuando se calienta por encima de 800 °C. La arcilla refractaria es la cerámica más antigua hecha por la humanidad y sigue siendo una de las más baratas y caras utilizadas.

Los ladrillos, los utensilios de cocina, el arte e incluso los instrumentos musicales como la cerámica están hechos de arcilla. También se utiliza en muchos procesos industriales, como la fabricación de papel, la fabricación de cemento y los procesos químicos. La superficie específica o superficie de arcilla se define como el área de la superficie exterior de los constituyentes de las partículas por unidad de masa más el espacio de expansión interna (si lo hubiera) en m^2 / g . La arcilla tiene una gran superficie específica, lo que es muy importante para determinadas aplicaciones industriales. En estas aplicaciones industriales, la interacción sólido-líquido depende directamente de esta propiedad (Acuña, 2018).

A continuación, se muestran algunos ejemplos de determinadas superficies de arcilla:

Caolinita con alta cristalinidad hasta 15 m^2 / g

Caolinita con baja cristalinidad hasta 50 m^2 / g

Halloisita hasta 60 m^2 / g

Illita hasta 50 m^2 / g

Montmorillonita 80-300 m^2 / g

Sepiolita 100-240 m^2 / g

Paligorskita 100-200 m^2 / g

Clasificación.

Arcilla primaria: usa este sobrenombre cuando el sedimento encontrado sea el mismo que su origen. El caolín es la única arcilla importante conocida.

Arcillas secundarias: Estos son aquellos que son reemplazados por acción física o química después de la formación. Estos incluyen caolín menor, arcilla refractaria, arcilla esférica, arcilla superficial y gres. Si observamos la estructura de sus componentes, podemos distinguir entre arcilla Felit y arcilla fibrosa. La arcilla también se puede distinguir por su plasticidad. Por lo tanto, hay arcilla plástica (como el caolín) y una pequeña cantidad de plástico (como cerca del chip, que absorbe la grasa). Finalmente, hay arcillas calcáreas, arcillas masivas ((arcilla de piedra, grava y piedras), arcillas y arcillas descalcificadas (lutita de arcilla) (Acuña, 2018).

Arcillas activadas

Para obtener la composición adecuada para la industria, la construcción u otras actividades, es la reacción química de la arcilla a través de diferentes procesos. La arcilla clarificada naturalmente activa se ha utilizado desde alrededor de 1880. La sílice (como la bentonita) se puede convertir en una arcilla clarificada altamente activada mediante tratamiento con ácido. Con los años, la tecnología moderna ha cambiado en gran medida el uso de arcilla en su uso original para aclarar el aceite oscuro. La arcilla clarificada se ha transformado en arcilla absorbente y tiene la capacidad de absorber los componentes del tono y otras impurezas dañinas en el aceite. Su acidez, rendimiento catalítico y capacidad de intercambio iónico son sus características. muy importantes (Acuña, 2018).

Proceso de activación de la arcilla

Para ser utilizado en la preparación de concreto, se usó el porcentaje determinado para este estudio en lugar de cemento, y la arcilla se activó por medios mecánicos, es decir, se roció manualmente y se tamizó a través de una pantalla No. 200 para liberarla de materia orgánica u otras sustancias similares. Cambie el proceso de

hidratación del cemento después de verterlo. La siguiente figura describe el proceso de activación de la arcilla (Pajuelo, 2018).

Composición química de la arcilla

Para ser utilizado en la preparación de concreto, se usó el porcentaje determinado para este estudio en lugar de cemento, y la arcilla se activó por medios mecánicos, es decir, se roció manualmente y se tamizó a través de una pantalla No. 200 para liberarla de materia orgánica u otras sustancias similares. Cambie el proceso de hidratación del cemento después de verterlo. La siguiente figura describe el proceso de activación de la arcilla (Pajuelo, 2018).

La siguiente tabla resume los resultados de las pruebas realizadas en el *Laboratorio del Universidad de San Marcos*, cuyos resultados se obtuvieron.

Tabla 8. Composición química de la arcilla a nivel de óxidos.

| Oxido | Descripción | Concentración % masa |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| Al ₂ O ₃ | Oxido de aluminio | 17.061 |
| SiO ₂ | Oxido de silicio | 63.93 |
| SO ₂ | Dióxido de azufre | 0.06 |
| K ₂ O | Oxido de potasio | 2.882 |
| CaO | Oxido de calcio | 1.272 |
| TiO | Oxido de titanio | 0.783 |
| Cr ₂ O ₃ | Oxido de cromo | 0.006 |
| MnO | Oxido de manganeso | 0.065 |
| Fe ₂ O ₃ | Óxido de hierro | 3.863 |
| Ni ₂ O ₃ | Oxido de níquel | 0.001 |
| CuO | Oxido de cobre | 0.002 |
| ZnO | Óxido de zinc | 0.031 |
| Ga ₂ O ₃ | Oxido de galio | 0.011 |
| As ₂ O ₃ | Trióxido de arsénico | 0.01 |
| Rb ₂ O | Oxido de rubidio | 0.007 |
| SrO | Oxido de estroncio | 0.029 |
| Y ₂ O ₃ | Oxido de itrio | 0.005 |
| ZrO ₂ | Dióxido de zirconio | 0.026 |

Fuente: (Pajuelo, 2018)

Definimos las dos variables (marco conceptual de la operacionalización de la variable) Ver anexo N° 01.

Con lo que se pudo analizar la realidad problemática, a nivel mundial sobre la durabilidad que afectan a varios tipos de estructuras y, una vez que aparecen, ya no funcionarán ni serán efectivos. Estos problemas están compuestos por cemento, y el cemento se obtiene de la calcinación de materiales inorgánicos, los hechos han demostrado que causarán un gran impacto ambiental, y el cemento es un material de construcción muy caro.

La ceniza como la arcilla es conocida por su resistencia en mezclas de concreto, y también se considera un material con contenido de puzolana. Actualmente, contiene El valioso óxido de aluminio y el óxido de silicio forman una sustancia junto con el hidróxido de calcio. duradero. De acuerdo con los antecedentes introducidos, es necesario agregar ceniza y arcilla a las mezclas de concreto tradicionales en diferentes proporciones (por ejemplo, ceniza de eucalipto 4% y 8%, arcilla 7% y 9%) para encontrar los puntos de durabilidad recomendados. Consistencia de compresión, minimiza la cuantía de cemento utilizada en el diseño de mezcla habitual, lo que optimizará los recursos en el proceso de diseño de mezcla.

De lo anterior se puede justificar la investigación a nivel científico, porque sigue los procedimientos del método científico, además aplica las teorías para la solución de la aplicación de la sustitución de ceniza de tronco de eucalipto y arcilla por cemento al diseñar un hormigón con $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$. Luego la justifica social de esta investigación, es implementar otras alternativas como uso de materiales volátiles que se encuentran en la zona para fabricación de cementos para la construcción y así obtener buena resistencia del material de concreto armado en la ciudad de Huaraz. Se justifica científicamente por que las muestras de ceniza de eucalipto y arcilla fueron analizados en laboratorios de tecnología de la construcción de algunas universidades del Perú, las cuales se obtuvieron pruebas compatibles con el clínker y cementos en sus composiciones químicas.

La Justificación metodología será en varias etapas, se juntarán los troncos de eucalipto para posterior mente ser calcinado en hornos especiales a temperatura de

400 a 7000 grados, la arcilla será trabajada en estado normal, se conserva la composición química de la ceniza de eucalipto y arcilla, el diseño de la mezcla se realiza de acuerdo con la norma y la norma técnica aplicable. Para hormigones estándar y hormigones añadidos con dos variables, los núcleos de hormigón se realizan con una $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, se realiza una prueba de resistencia a la compresión y obtenidos se pasarán por un análisis estadístico, en la justificación económica minimizará los costos ofreciendo soluciones a las sociedades presente y futuras para una mejor calidad de vida dentro de su zona de influencia.

Con lo que se puede formular el problema a solucionar ¿Cuál de los concretos elaborados con sustitución (ceniza de troncos de eucalipto y arcilla) genera mayor resistencia al diseñar a un $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$? Para ello se plantea la siguiente hipótesis la sustitución de ceniza de tronco de eucalipto por cemento al diseñar un hormigón con $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ presenta mayor en el mismo modelo de concreto, su resistencia a la compresión es mayor que la resistencia alternativa de la arcilla para analizar y comparar la resistencia a la compresión del hormigón alternativo $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$. El objetivo general es determinar los efectos de la arcilla y el eucalipto alternativos. Fresno de tronco para cemento.

Lo cual se desprende los Objetivos específicos de caracterizar la arcilla y la ceniza de tronco de eucalipto que se utilizaron en la mezcla para el diseño de concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, determine la resistencia a la compresión de un hormigón de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ reemplazando 4% y 8% de ceniza de tronco de eucalipto, determinar la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ reemplazar y comparar 7% y 9% de arcilla, analizar y comparar la resistencia a la compresión del concreto con $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ al reemplazar el estándar con 4 % y 8% ceniza de tronco de eucalipto, analizar y comparar la resistencia a la compresión del hormigón de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ al reemplazar 7% y 9% de arcilla según la norma, evaluar y comparar la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ agregando ceniza de tronco de eucalipto y arcilla.

II METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de la investigación.

Según (Pérez, 2017) & (Pajuelo, 2018), definieron al tipo de investigación aplicada, como el tipo que usa las teorías relacionadas a la variable para la solución de la resistencia al concreto, de lo cual los presentes trabajos de investigación tuvieron un tipo de investigación aplicada.

Para nuestro estudio el tipo de investigación es comparativa descriptiva o exploratoria, porque los resultados obtenidos de las investigaciones de estos trabajos serán cuantitativos y diferenciadas. Ya que su desarrollo después de ser dosificado, producido y manipulado, las briquetas serán posibles manipular sus variables para un análisis estadístico.

Un primer aspecto (Pérez, 2017) define el tipo de diseño con el propósito de experimentar y en aras de la brevedad, estudiaremos el diseño de concreto convencional relativo para diferentes diseños, que sustituye un determinado la relación de cemento por ceniza de eucalipto, la información se centra principalmente en las pruebas de laboratorio. de suelos de la USP.

Posteriormente (Pajuelo, 2018) define el tipo de investigación según el alcance y el tipo, corresponde a una configuración experimental del caso diseño de bloques completos al azar porque al aplicar el método. Los experimentos y las observaciones científicas el resultado de determinar la resistencia a la compresión de la estructura de hormigón mixto en la que se comparó, 9 el equipo de investigación realiza un control y manipulación variable independientemente del tamaño del diseño del lote del concreto.

Reemplace el cemento con 10% y 12% de cal y 7% y 9% de arcilla., buscando resultados a través de una serie de repeticiones después de la prueba. El hormigón en estado endurecido, principalmente evaluación de resistencia a compresión, todas Las pruebas se en el campo de la mecánica de

suelos. De la Universidad de San Pedro -Huaraz, observación y discusión de los resultados con técnicos profesionales capacitados.

2.2. Población, muestra y muestreo

Para este estudio, la población de investigación se incluyó un grupo de probetas de hormigón de diseño fijado según el estándar de trabajo de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$. Las muestras tomadas al azar consistirán en 54 especímenes de concreto diseñados con un $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$.

Según (Pérez, 2017) en su tesis estudia la ceniza de tronco de eucalipto para la sustitución del cemento, lo cual se tomó 9 muestras del concreto patrón con respecto a la ceniza, 9 muestras con 4% de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto, 9 muestras con 8% de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto.

Según (Pajuelo, 2018) en su tesis estudia la arcilla para la sustitución del cemento, lo cual se tomó 9 muestras concreto patrón con respecto a la arcilla, 9 muestras con 7% de sustitución de arcilla, 9 muestras con 9% de sustitución de arcilla.

2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

La utilizó la observación como técnica porque la percepción del material debe registrarse con cuidado y profesionalidad. Cuando no puede tomar notas al mismo tiempo, todas las observaciones deben registrarse por escrito. Con este fin, utilizaremos estos argumentos como herramientas para que podamos desarrollar sistemas de clasificación e información de varias pruebas y resistencia a la compresión.

Tabla 9. Técnica e instrumento de investigación.

| VARIABLES | TÉCNICA | INSTRUMENTOS | FUENTE |
|--|-------------------------------------|--|---|
| Variables Independientes Ceniza y Arcilla | Observación y recolección de datos. | Anexos de ensayo de resistencia a la compresión Manual de estadística inferencial. | Bibliotecas virtuales y bibliotecas físicas. Encargado del laboratorio USP |
| Variables Dependientes Concreto patrón. | Observación y recolección de datos. | Anexos de ensayo de resistencia a la compresión. Manual de estadística inferencial. | Bibliotecas virtuales y bibliotecas físicas. Encargado del laboratorio USP |

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto

2.4. Procesamiento y análisis de la información.

Sacar conclusiones sobre la población, es necesario la estadística inferencial, según el uso de estadígrafos se pueden obtener parámetros estándar, medios y otros para que podamos modelar datos demográficos basados en pruebas de hipótesis y técnicas de estimación de parámetros. Para este proyecto de investigación, el procesamiento de datos se realizará después de la recopilación de datos compatibles con las hojas de cálculo de Excel y Minitab 19.2020.1. Para el análisis de datos, se considerarán los siguientes factores, Análisis y prueba de hipótesis.

Se definieron como herramientas estadísticas clásicas y se utilizaron el reconocimiento de la propiedad de los especímenes producidos en masa. Se presentan algunas definiciones de términos básicos, que incluyen: el tema es el propósito del estudio; Puede calificar animado o inanimado. Personas, objetos, dimensiones, etc. Son ejemplos de temas.

La Población se componen de temas con características observables comunes. El analista debe identificar la población en la aplicación. Puede ser tan pequeño como quieras.

La muestra se compone de sujetos extraídos de la población. Dado que la muestra solo representa una pequeña parte de la población, se debe tener cuidado para asegurar que tenga características generales. Cabe destacar que las principales características de la población se reflejan en la muestra.

Las variables son características de temas que pueden recibir diferentes valores. Las variables a probar son variables discretas y variables continuas. Los valores discretos se caracterizan por saltos o discontinuidades entre un valor y otro. También puede obtener un número entero finito o un valor contable. Continuamente puede obtener todos los títulos posibles dentro de un cierto intervalo.

Los parámetros Son elementos constantes que definen a la población. Los parámetros generalmente se escriben en letras griegas (μ , σ).

La estadística es una habilidad cuya técnica Consiste en recopilar, visualizar, estudiar y descifrar datos numéricos extraídos de hechos reales y predecir conclusiones lógicamente aceptables a partir de ellos. Si el objetivo es estudiar el estudio de una muestra o población, las estadísticas son descriptivas a menos que exista alguna correlación con otras muestras o poblaciones implícitas. Sin embargo, cuando se solicita información sobre otras muestras o poblaciones, las estadísticas son inferenciales.

III RESULTADOS

3.1. Caracterización de la ceniza de eucalipto y el cemento para su proceso de elaboración de probetas.

Para la caracterización se realizó la toma de muestras de troncos de eucaliptos, según (Pérez, 2017) en sus anexos de su estudio que se realizó en el laboratorio de la *Universidad Nacional de Trujillo*. Se puede observar que el análisis térmico diferencial muestra que su material ha pasado por dos etapas. La primera etapa comenzó a 110 ° C y 205 ° C, seguida de un ligero pico endotérmico a 410 ° C y un pico de alta intensidad a 900 ° C, lo que indica que es muy probable que el material experimente cambios estructurales. Teniendo en cuenta lo anterior, la temperatura ideal para la calcinación de cenizas de eucalipto es de 400 ° C durante 2 horas. Ya realizado el análisis térmico diferencial a la muestra de eucalipto para obtener los resultados de calcinación de que temperatura calcinar y en que intervalo de tiempo se obtuvieron los siguientes resultados. Que inicialmente la ceniza llevada al laboratorio, fue de 4,5 kg al realizar la calcinación se obtuvo finalmente 2.87 kg de ceniza lo cual nos indica que el porcentaje de reducción es de 63,78% y nuestro porcentaje obtenido de 36,22%.

Tabla 10. Cantidad de materia antes y después de la calcinación.

| Características | | Componentes | | | | |
|-------------------------------|-------------|------------------|--------------|------------|----------------------|-----------------------------|
| Descripción | Proceso | Temperatura (°C) | Peso inicial | Peso final | Porcentaje Final (%) | Porcentaje de Reducción (%) |
| Ceniza de tronco de eucalipto | Calcinación | 400 | 4,5 | 2,87 | 63,78 | 36,22 |

Fuente: (Pérez, 2017).

Composición química de la ceniza del eucalipto método (espectrometría de fluorescencia de rayos x). El análisis del espectro de fluorescencia de la ceniza de eucalipto registra la composición química, Oxido de Calcio (Ca) 64,66 %, Trióxido de Hierro, (Fe₂O₃) 9,98 %, Dióxido de Silicio (SiO₂) 15,92%, Trióxido de Aluminio, (Al₂O₃) 1,31% los cuales son componentes principales del cemento. Se

obtuvieron buenos resultados ya que podemos sostener que es un material cementante el cual se encuentra en la tabla N° 11.

Tabla 11. Resultados de la composición química de las cenizas de eucalipto expresada como óxidos.

| Composición química | resultado (%) | Método utilizado |
|----------------------------|----------------------|---|
| óxido de calcio | 64,66% | |
| dióxido de silicio | 15,92% | |
| trióxido de azufre | 9,98% | |
| óxido de magnesio | 5,35% | |
| óxido de manganeso | 1,78% | |
| trióxido de aluminio | 1,31% | espectrometría de energía dispersa (eds) |
| trióxido de hierro | 0,62% | |
| óxido de bario | 0,34% | |
| pentóxido de fosforo | 0,19% | |
| óxido de zinc | 0,02% | |
| óxido de cobre | 0,02% | |
| trióxido de cromo | 0,01% | |

Fuente: (Pérez, 2017)

El cemento utilizado para el siguiente trabajo de investigación es el cemento *Pacasmayo Portland Tipo I* para condiciones generales de uso.

Tabla 12. Composición química del cemento portland tipo I.

| Composición química | Resultados % | Método utilizado |
|----------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Óxido de calcio | 62,300% | |
| Dióxido de Sílice | 24,700% | Espectro de fluorescencia rayos x |
| Óxido de aluminio | 5,520% | |
| Óxido de hierro | 3,410% | |
| Óxido de magnesio | 3,100% | |
| Óxido de potasio | 0,970% | |

Fuente: (Pérez, 2017)

Tabla 13. El PH del cemento, la ceniza de eucalipto y sus combinaciones al 4% y 8%.

| Muestras | PH |
|---------------------------------------|-----------|
| Cemento | 12,3 |
| Ceniza de eucalipto | 11,8 |
| 96% Cemento + 4% ceniza de eucalipto | 11,26 |
| 92 % cemento + 8% ceniza de eucalipto | 11,36 |

Fuente: (Pérez, 2017)

3.2. Características de la arcilla y el cemento para su proceso de elaboración de probetas.

Según (Pajuelo, 2018) para ser utilizado en la preparación de concreto, se usó el porcentaje determinado para este estudio en lugar de cemento, y la arcilla se activó por medios mecánicos, es decir, se roció manualmente y se tamizó a través de una pantalla No. 200 para liberarla de materia orgánica u otras sustancias similares. Cambie el proceso de hidratación del cemento después de verterlo. La siguiente figura describe el proceso de activación de la arcilla.

La siguiente tabla resume los resultados de las pruebas realizadas en el *Laboratorio del Universidad de San Marcos*, cuyos resultados se obtuvieron y se pueden apreciar en la tabla N° 14.

Tabla 14. Composición química de la arcilla a nivel de óxidos.

| Oxido | Descripción | Concentración % masa |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Al ₂ O ₃ | Oxido de aluminio | 17,061 |
| SiO ₂ | Oxido de silicio | 63,93 |
| SO ₂ | Dióxido de azufre | 0,06 |
| K ₂ O | Oxido de potasio | 2,882 |
| CaO | Oxido de calcio | 1,272 |
| TiO | Oxido de titanio | 0,783 |
| Cr ₂ O ₃ | Oxido de cromo | 0,006 |
| MnO | Oxido de manganeso | 0,065 |
| Fe ₂ O ₃ | Óxido de hierro | 3,863 |
| Ni ₂ O ₃ | Oxido de níquel | 0,001 |
| CuO | Oxido de cobre | 0,002 |

Fuente: (Pajuelo, 2018)

El cemento utilizado para el siguiente El trabajo de investigación es cemento Sol portland tipo I para condiciones generales de uso.

Tabla 15. Composición química del cemento portland tipo I.

| Compuesto | Composición química | Concentración % masa |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| IO ₂ | Dióxido de sílice | 20,11% |
| Al ₂ O ₃ | Óxido de aluminio | 5,82% |
| Fe ₂ O ₃ | Óxido de hierro | 3,03% |
| CaO | Óxido de calcio | 63,76% |
| MgO | Óxido de magnesio | 2,8% |
| SO ₃ | Trióxido de azufre | 2,6% |
| K ₂ O | Óxido de Potasio | 0,87% |
| Na ₂ O | Óxido de sodio | 0,12% |
| P.I . | Pérdida por ignición | 0,8% |

Fuente: (Pajuelo, 2018)

Tabla 16. El PH del cemento, la arcilla y sus combinaciones al 7% y 9%.

| Muestras | PH | Calificación |
|----------------------|-------|-------------------------|
| Cemento | 12,13 | Extremadamente alcalino |
| Arcilla | 7,51 | Ligeramente alcalino |
| Cemento + 7% Arcilla | 12,10 | Extremadamente alcalino |
| Cemento + 9% Arcilla | 12,08 | Extremadamente alcalino |

Fuente: UNMSM (Pajuelo, 2018)

3.3. Caracterización de los agregados.

Agregado para preparación y producción de hormigón probetas se obtuvieron de diferentes canteras según de aprecian en el siguiente cuadro (ver anexo del 9 al 11 y anexo del 20 al 22):

Tabla 17.localización geográfica de la Cantera

| Descripción | Ubicación | Referencia grafica |
|--|-----------------|---------------------|
| Agregados para elaboración de concreto con sustitución de arcilla. | Cantera Tacllan | Provincia: Huaraz |
| | | Distrito: Huaraz |
| | | Región: Ancash |
| Agregados para elaboración de concreto con sustitución de ceniza. | Cantera Vesique | Provincia: Chimbote |
| | | Distrito: Chimbote |
| | | Región: Chimbote |
| Agregados para elaboración de concreto con sustitución de ceniza. | Cantera Samanco | Provincia: Chimbote |
| | | Distrito: Chimbote |
| | | Región: Ancash |

Fuente: Elaboración propia.

Usará tamiz establecidos en la N.T.P, para dividir el agregado en partículas gruesas y partículas finas. El proceso de separación es el siguiente: primero, esparza el material para secarlo de modo que las partículas finas del agregado no se peguen al agregado grueso, y luego use la red No. 4.

Establece la NTP 400.037 en el análisis de la Granulometría.

Los resultados del análisis de tamaño de partícula se muestran. Se puede ver que el tamaño de partícula del agregado fino está dentro del rango determinado por la norma NTP 400.037, como se muestra en la figura siguiente y procedimiento, Se toma una muestra en cuartos al menos 500 g, se seca hasta que tenga un peso constante y déjela enfriar, limpiar los tamices y comprobar el orden en que están organizar en orden descendente según el tamaño de la abertura: No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100 y No. 200, coloque la muestra agregada en la malla superior e imprima en la muestra para mover (hacia adelante, hacia atrás , A la izquierda, a la derecha y al círculo), no fuerce a las partículas a pasar a través del tamiz con la mano. Si el proceso de tamizado no supera el 1% (peso), el proceso de tamizado se considera completado. El material llegará al tamiz en un minuto y será retirado por el tamiz., Pesar los materiales contenidos y registrar los

resultados, a continuación, realice los cálculos tal y como se detallan en las siguientes tablas, también para una mejor interpretación y comprobación de los establecidos, ver anexo N° 02 y 13

Establece la NTP 400.012 en el módulo de fineza.

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices # 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 3/8”, y esa cantidad se divide por 100. Un criterio que fue determinado por Duff Abrams en 1925 a partir del tamaño de grano del material, se puede utilizar para medir una finura media del material utilizado. De acuerdo con ASTM C33, el módulo de finura del agregado fino (arena) debe estar entre 2,30 y 3,10, cuanto mayor sea el valor, más gruesa será la cascada. Se estima que el hormigón producido por la arena entre los módulos 2.2 y 2.8 tiene buena trabajabilidad y segregación, y el uso de arena entre 2.8 y 3.1 es más adecuado para el hormigón de alta resistencia. (ver anexo 02 y 13).

Tabla 18. Módulo de finura agregado.

| Descripción | Módulo de fineza |
|--|-------------------------|
| Agregados para elaboración de concreto con sustitución de arcilla. | 2.49 |
| Agregados para elaboración de concreto con sustitución de ceniza. | 3.06 |

Fuente: Elaboración propia.

Establece la NTP 339.185 en el contenido de humedad.

Se refiere a la cantidad de agua que tiene el material en su estado natural, expresada como porcentaje en base al peso de la muestra seca. Esta es una característica importante porque cambiará la relación agua / cemento en el diseño de la mezcla y, por lo tanto, afectará la resistencia y otras propiedades del concreto.

Seguimos los pasos a continuación, que toman alrededor de 400 gramos. Para el agregado fino natural, secamos la muestra en el horno, pesamos la muestra seca y calculamos de acuerdo con la ecuación anterior. En el caso de investigación, calcule el contenido de humedad se realizó 2 días antes de la fabricación de las briquetas (ver anexo 04 y 15).

Tabla 19. Contenido de humedad del agregado fino para reemplazo con ceniza de tronco de eucalipto.

| Recipiente N° | Rec. N° 17 | Rec. N° 19 |
|------------------------------------|-------------|------------|
| 1 Peso recip. + muestra húmeda (g) | 982,80 | 984,60 |
| 2 Peso recip. + muestra seca (g) | 976,70 | 979,20 |
| 3 Peso recipiente (g) | 207,70 | 208,10 |
| 4 Peso agua (g (1) - (2) | 6,10 | 5,40 |
| 5 Peso suelo seco (g) (2) - (3) | 769,00 | 771,10 |
| 6 Humedad (4/5) * 100% | 0,79 | 0,70 |
| Humedad promedio % | 0,75 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Contenido de humedad del agregado fino para sustitución con arcilla.

| Recipiente N° | Rec. N° 17 | Rec. N° 19 |
|------------------------------------|-------------|------------|
| 1 Peso recip. + muestra húmeda (g) | 247,40 | 242,80 |
| 2 Peso recip. + muestra seca (g) | 237,60 | 233,00 |
| 3 Peso recipiente (g) | 36,96 | 35,60 |
| 4 Peso agua (g (1) - (2) | 9,80 | 9,80 |
| 5 Peso suelo seco (g) (2) - (3) | 200,64 | 197,40 |
| 6 Humedad (4/5) * 100% | 4,88 | 4,96 |
| Humedad promedio % | 4,92 | |

Fuente: Elaboración propia.

Establece la NTP 400.021 en el peso específico y absorción.

La norma técnica peruana 400.022 especifica el procedimiento de prueba para determinar la gravedad específica (densidad). Con el peso específico saturado del área seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino después de 24 horas en agua.

Gravedad específica: La gravedad de los hitos de calidad específicos de los áridos son en la actualidad un hito, con valores altos correspondientes a materiales con buenas propiedades, mientras que valores bajos corresponden generalmente a áridos absorbentes y débiles.

Peso específico de la materia seca: es la relación entre el volumen de masa del material (incluidos los poros naturales permeables e impermeables del material) a una temperatura estable de la masa de aire. en relación con la masa de la misma densidad de aire y el mismo volumen de agua destilada sin aire.

Gravedad específica de la materia seca superficial saturada: Se define como la relación entre la unidad de volumen del material permeable en el aire a una temperatura estable (incluidos los poros permeables saturados con agua y los poros impermeables naturales del material) a la masa de aire de la misma densidad. . Igual volumen de agua destilada anhidra.

Gravedad específica aparente: Se define como la relación entre la masa de aire por unidad de volumen de material y la masa de aire sin agua destilada con el mismo volumen y densidad. Si el material es sólido, su volumen es igual al volumen del material sólido. Parte impermeable.

Absorción: Según NTP 400.022, la regla de absorción es la cantidad total de agua que el agregado puede absorber desde el estado seco hasta el estado seco superficial saturado (en relación con el peso de la muestra seca), expresada como porcentaje.

Para poder obtener el peso específico y absorción se procede a realizar los siguientes pasos, se coloca llene la botella con 85,5 g de material de superficie seca (SSS) y llénela con agua hasta que alcance una muestra marcada de 500 cm³ a una temperatura de 23 ° C ± 2 ° C, luego agite suavemente la botella de vidrio durante 15-20 minutos para eliminar todas las burbujas. Luego colóquelo en un baño de

temperatura constante a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después de aproximadamente una hora, llénelo con agua hasta una marca de 500 cm³ y determine el peso total del agua. Ponga hasta 0,1 g en la botella cercano y por último retirar el agregado fino de la botella, secarlo a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante, enfriar en una secadora a temperatura ambiente durante ½ a 1½ horas y pesar el material seco (ver anexo 05 y 16)

Tabla 21. Peso específico y absorción de agregados finos para reposición. con ceniza de tronco de eucalipto.

| Identificación | Rec. N° 1 | Rec. N° 2 |
|--|-----------|-----------|
| A. Peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (gr.) | 300,00 | 300,00 |
| B. peso frasco + h2o (gr.) | 668,00 | 668,00 |
| C. Peso frasco + h2o (a+b) (cm3) | 968,00 | 968,00 |
| D. Peso mat. + h2o en el frasco (gr.) | 857,9 | 857,9 |
| E. Vol. De masa + vol. De vacíos = c-d (cm3) | 968,00 | 968,00 |
| F. Peso mat. Seco en estufa (105° c) (gr.) | 297,00 | 297,00 |
| G. Vol. De masa = e -(a - f) (cm3) | 965,00 | 965,00 |
| H. P.e. bulk (base seca) = f/e (gr.) | 0,307 | 0,307 |
| I. P.e. bulk (base saturada) = a/e (g.) | 0,310 | 0,310 |
| J. P.e. aparente (base seca) = f / g (gr.) | 0,308 | 0,308 |
| K. Absorción = ((a - f/ f) x 100) | 1,010 | 1,010 |
| P.e. bulk (base seca) | | 0,307 |
| P.e. bulk (base saturada) | | 0,310 |
| P.e. aparente (base seca) | | 0,308 |
| Absorción % | | 1,010 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Peso específico y absorción de agregados finos para sustitución con arcilla.

| Identificación | Rec. N° 1 | Rec. N° 2 |
|--|-----------|-----------|
| A. Peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (gr.) | 500,20 | 500,80 |
| B. peso frasco + h2o (gr.) | 673,30 | 705,50 |
| C. Peso frasco + h2o (a+b) (cm3) | 1,173,50 | 1,206,30 |
| D. Peso mat. + h2o en el frasco (gr.) | 981,00 | 1,013,80 |
| E. Vol. De masa + vol. De vacíos = c-d (cm3) | 192,50 | 192,50 |
| F. Peso mat. Seco en estufa (105° c) (gr.) | 492,90 | 493,50 |
| G. Vol. De masa = e -(a - f) (cm3) | 185,20 | 185,20 |
| H. P.e. bulk (base seca) = f/e (gr.) | 2,561 | 2,564 |
| I. P.e. bulk (base saturada) = a/e (g.) | 2,598 | 2,602 |
| J. P.e. aparente (base seca) = f / g (gr.) | 2,661 | 2,665 |
| K. Absorción = ((a - f/ f) x 100) | 1,481 | 1,479 |
| P.e. bulk (base seca) | | 2,562 |
| P.e. bulk (base saturada) | | 2,600 |
| P.e. aparente (base seca) | | 2,663 |
| Absorción % | | 2,480 |

Fuente: Elaboración propia.

Establece la N.T.P.400.017 en el peso unitario.

El peso unitario es el resultado del peso de la muestra seca multiplicado por la inversa del volumen del recipiente, expresado en kg / m³. El peso unitario variará según las circunstancias inherentes del agregado, como el sexo, la granulometría y el tamaño máximo. Esto también depende de factores externos como Ej.: B. la relación entre el tamaño máximo y el moderador, consolidación, ejemplo de ubicación, etc.

Peso unitario suelto: (PUS): Este es el peso del material, por supuesto, por unidad modular de volumen acreditado. Este peso se utiliza para cambiar cantidades en peso en cantidades en volumen.

Peso unitario compactado: (PUC): Este es el peso del material por unidad de volumen modular que se conoce después de una operación de apisonamiento. Esta

prueba puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural. El peso unitario varía según las condiciones internas del agregado, como la forma, el tamaño de partícula y el tamaño máximo. También depende de factores externos como la relación entre el tamaño máximo y el volumen del contenedor, los métodos de consolidación y colocación.

Preparación y procedimiento de la muestra. Se ha colocado un recipiente limpio y seco de Peso y contenido conocidos, la prueba se mezcla bien y se seca a temperatura ambiente. Cuando el peso de la pieza está suelto, el recipiente se llena con un agregado con una pala, lo que permite que el agregado se asiente de forma natural y permita que una regla desborde el exceso de agregado. Luego se determina el peso neto del agregado en el recipiente. Para una unidad de peso compactada, llene un tercio del recipiente de agregado y use la barra de 5/8 de pulgada para llenar la masa de manera que 25 golpes se distribuyan uniformemente sobre la superficie. Llena dos tercios del camino y se vuelve a apretar con la barra, dando como resultado 25 golpes como antes. Luego, la última parte restante se llena hasta el desbordamiento y se compacta con 25 golpes. El exceso de agregado generalmente se elimina con la varilla de nivel y se determina el peso neto de la unidad en el contenedor (ver anexo 07 y 18).

Tabla 23. Peso unitario del agregado fino para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto.

| Tipo de peso unitario | Peso unitario suelto | | | Peso unitario compactado | | |
|--|-----------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------|---------|
| Muestra N° | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 |
| Peso material + molde (gr.) | 7950,00 | 7950,00 | 7900,00 | 8350,00 | 8300,00 | 8320,00 |
| Peso del molde (gr.) | 3320,00 | 3320,00 | 3320,00 | 3320,00 | 3320,00 | 3320,00 |
| Peso del material (gr.) | 4630,00 | 4630,00 | 4580,00 | 5030,00 | 4980,00 | 5000,00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2788,00 | 2788,00 | 2788,00 | 2788,00 | 2788,00 | 2788,00 |
| Peso unitario (gr/cm ³) | 1,66 | 1,66 | 1,64 | 1,80 | 1,79 | 1,79 |
| Peso unitario promedio (gr/cm ³) | 1,655 | | | 1,795 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Peso unitario del agregado fino para sustitución con arcilla.

| Tipo de peso unitario | Peso unitario suelto | | | Peso unitario compactado | | |
|---------------------------------|-----------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------|---------|
| Muestra N° | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 |
| Peso material + molde (gr.) | 7212,50 | 7256,30 | 7232,40 | 7756,80 | 7742,30 | 7721,50 |
| Peso del molde (gr.) | 2805,50 | 2805,50 | 2805,50 | 2805,50 | 2805,50 | 2805,50 |
| Peso del material (gr.) | 4407,00 | 4450,80 | 4426,90 | 4951,30 | 4936,80 | 4916,00 |
| Volumen del molde (cm3) | 2808,45 | 2808,45 | 2808,45 | 2808,45 | 2808,45 | 2808,45 |
| Peso unitario (gr/cm3) | 1,57 | 1,58 | 1,58 | 1,76 | 1,76 | 1,75 |
| Peso unitario promedio (gr/cm3) | 1,577 | | | 1,757 | | |

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Caracterización de los agregados gruesos.

Establece la NTP 400.037 en el análisis de la Granulometría.

Según la norma técnica peruana, el tamaño nominal máximo del agregado grueso se define como el que "corresponde al tamiz más pequeño de la serie utilizada que produce el primer coadyuvante" " para lo cual se toman en cuenta los siguientes procedimientos. Tomamos una muestra representativa dividida en cuartos de 5 kg, limpiamos los tamices y comprobamos el pedido. en que están dispuestos en orden descendente, colocamos varios contenedores cerca del lugar donde se va a realizar la prueba para depositar el material acumulado en cada tamiz. La muestra agregada se coloca en la red superior y los movimientos se imprimen en la muestra (adelante, atrás, izquierda, derecha y circular). No empuje manualmente una partícula a través de las pantallas. Si los tamices ya están llenos de muestras, colocamos las muestras retenidas por cada tamiz en los contenedores. El proceso de tamizado se considera terminado cuando no más del 1% en peso del material llega al tamiz en un minuto, retírelo y pesar los materiales retenidos en cada pantalla uno a uno, y registrar los resultados después de completar el cribado de materiales, pese cada retenido para realizar sus propios cálculos. Como se puede ver en la siguiente figura N°9 el

tamaño de partícula del agregado grueso está dentro del rango determinado por la norma NTP 400.037 (ver anexo 03 y 14).

Establece la NTP 400.012 en el módulo de fineza.

El patrón de finura del agregado grueso es menor que el de la arena, que se define como la suma del porcentaje de retención acumulado de la malla: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", No 4, No. 8, no. 16, número 30, número 50, número 100 dividido por 100. El módulo de finura es el promedio ponderado del tamaño del tamiz del material retenido (ver anexo 03 y 14).

Módulo de fineza de los agregados.

| Descripción | Módulo de fineza |
|--|------------------|
| Agregados para elaboración de concreto con sustitución de arcilla. | 7.71 |
| Agregados para elaboración de concreto con sustitución de ceniza. | 6.92 |

Fuente: Elaboración propia.

Establece la NTP 339.185 en el contenido de humedad.

Es la cantidad de agua que tiene el material en su estado natural, expresada como un porcentaje con respecto al peso de la muestra seca, esta es una característica importante porque afecta la relación agua-cemento del diseño de la mezcla y, por tanto, la resistencia y otras propiedades del hormigón. Los agregados gruesos tienen mucho menos contenido de agua que los agregados finos, tienen un contenido de agua mucho menos variable y generalmente causan menos dificultad. Los pasos de cálculo son similares a los del agregado fino (ver anexo 04 y 15).

Tabla 25. Contenido de humedad del agregado grueso para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto.

| Recipiente N° | Rec. N° 01 | Rec. N° 02 |
|--|------------|------------|
| 1,00 Peso recip. + muestra húmeda (gr) | 1029,10 | 1027,70 |
| 2,00 Peso recip. + muestra seca (gr) | 1025,00 | 1023,40 |
| 3,00 Peso recipiente (gr) | 204,20 | 201,00 |
| 4,00 Peso agua (gr) (1) - (2) | 4,10 | 4,30 |
| 5,00 Peso suelo seco (gr) (2) - (3) | 820,80 | 822,40 |
| 6,00 Humedad (4/5) * 100% | 0,50 | 0,52 |
| Humedad promedio % | 0,51 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Contenido de humedad del agregado grueso para sustitución con arcilla.

| RECIPIENTE N° | Rec. N°01 | Rec. N° 02 |
|--|-----------|------------|
| 1,00 Peso recip. + muestra húmeda (gr) | 262,00 | 289,30 |
| 2,00 Peso recip. + muestra seca (gr) | 258,90 | 286,90 |
| 3,00 Peso recipiente (gr) | 21,28 | 22,50 |
| 4,00 Peso agua (gr) (1) - (2) | 3,10 | 2,42 |
| 5,00 Peso suelo seco (gr) (2) - (3) | 237,62 | 264,40 |
| 6,00 Humedad (4/5) * 100% | 1,30 | 0,92 |
| Humedad promedio % | 1,11 | |

Fuente: Elaboración propia.

Establece la NTP 400.021 el peso específico y absorción.

Se especificó el hábito de prueba para determinar la gravedad específica (densidad) en la norma técnica de Perú NTP 400.021. el peso específico saturado de la superficie seca, el peso específico aparente y el peso específico de absorción del agregado grueso en agua después de 24 horas.

El peso específico del agregado grueso es un indicador de calidad ya que es alto, los valores corresponden a buen desempeño, mientras que valores más bajos generalmente corresponden a absorbentes y agregados débiles.

La gravedad específica de la materia seca: Se refiere a la relación de masa de una unidad de volumen de material (incluidos los poros naturales permeables e

impermeables del material) en el aire en una masa estable. Basado en la masa del mismo volumen de agua destilada con la misma densidad de aire.

Peso específico de la masa superficial seca saturada: definida como la relación entre el volumen del material permeable (incluidos los poros del material saturado de agua y naturalmente impermeable) y la masa de aire con calidad de aire a una temperatura en la que la calidad del aire es estable. La misma densidad. Igual cantidad de agua destilada sin aire.

Peso específico aparente: Se define como la relación entre la masa de aire de un volumen de material y la masa de aire a temperatura estable a la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es el que tiene el impermeable.

Porcentaje de absorción: Se entiende por absorción la cantidad total de agua que puede absorber el árido desde el estado seco al estado seco de la superficie saturada en relación al peso de la muestra seca, y se expresa en porcentaje.

Preparación de la muestra. El método de palanquilla se utiliza para seleccionar aprox. 2 kg de árido a ensayar, descartando todo el material que fluya por el tamiz No. 4 (4,76 mm). Proceso. La muestra seleccionada se lava, el polvo u otros contaminantes de la superficie se eliminan de las partículas y se sumergen en agua durante un período de 24 horas \pm 4 horas. La muestra se retira del agua y se enrolla sobre un paño absorbente grande hasta que se vea una película de agua, sin embargo, la superficie de las partículas aún está húmeda. Los fragmentos más grandes se secan por separado. Se cuida que el secado no se evapore de la superficie. El peso de la muestra se obtiene bajo la condición de estar saturado con la superficie seca. Determine este y todos los demás pesos con una precisión de 0,5 g. Después de pesar, la muestra saturada con una superficie seca se coloca inmediatamente en la canasta de alambre y su peso se determina en agua a una temperatura de 23 ° C. La muestra ya está seca hasta peso constante a una temperatura de 100 ° C a 110

° C y 1 Deje enfriar a temperatura ambiente de 1 hora a 3 horas y pese el material. seco (ver anexo 06 y 17).

Tabla 27. Peso específico y absorción del agregado grueso para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto.

| Identificación | Rec, N° 1 | Rec, N° 2 |
|--|-----------|-----------|
| A. Peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (gr.) | 1040,80 | 1036,30 |
| B. peso frasco + h2o (gr.) | 670,50 | 667,50 |
| C. Peso frasco + h2o (a+b) (cm3) | 370,30 | 368,80 |
| D. Peso mat. + h2o en el frasco (gr.) | 1033,70 | 1026,30 |
| E. Vol. De masa + vol. De vacíos = c-d (cm3) | 363,20 | 358,80 |
| F. Peso mat. Seco en estufa (105° c) (gr.) | 2,79 | 2,78 |
| G. Vol. De masa = e -(a - f) (cm3) | 2,81 | 2,81 |
| H. P.e. bulk (base seca) = f/e (gr.) | 2,85 | 2,86 |
| I. P.e. bulk (base saturada) = a/e (g.) | 0,69 | 0,97 |
| J. P.e. aparente (base seca) = f/g (gr.) | | 2,79 |
| K. Absorción = ((a - f/ f) x 100) | | 2,81 |
| P.e. bulk (base seca) | | 2,85 |
| P.e. bulk (base saturada) | | 0,83 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Peso específico y absorción del agregado grueso para sustitución con arcilla.

| Identificación | Rec, N° 1 | Rec, N° 2 |
|--|-----------|-----------|
| A. Peso mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (gr.) | 1854,20 | 1756,40 |
| B. peso frasco + h2o (gr.) | 1158,30 | 1098,50 |
| C. Peso frasco + h2o (a+b) (cm3) | 695,90 | 657,90 |
| D. Peso mat. + h2o en el frasco (gr.) | 1837,80 | 1740,50 |
| E. Vol. De masa + vol. De vacíos = c-d (cm3) | 679,50 | 642,00 |
| F. Peso mat. Seco en estufa (105° c) (gr.) | 2,64 | 2,65 |
| G. Vol. De masa = e -(a - f) (cm3) | 2,66 | 2,67 |
| H. P.e. bulk (base seca) = f/e (gr.) | 2,70 | 2,71 |
| I. P.e. bulk (base saturada) = a/e (g.) | 0,89 | 0,91 |
| J. P.e. aparente (base seca) = f/g (gr.) | | 2,64 |
| K. Absorción = ((a - f/ f) x 100) | | 2,67 |
| P.e. bulk (base seca) | | 2,71 |
| P.e. bulk (base saturada) | | 0,90 |

Fuente: Elaboración propia.

Establece la N.T.P400.017 en el peso unitario.

El peso unificador es el producto del peso de la muestra seca y el recíproco del volumen del recipiente, expresado en kilogramos por metro cúbico. El peso volumétrico o peso unitario del agregado (suelto o compactado) es el peso que se logra una cierta unidad de volumen. Suele expresarse en kilogramos por metro

cúbico de material, para agregados ligeros o agregados pesados, y cuando se mide el concreto por volumen, este valor es necesario. Un agregado redondo con una textura suave generalmente tiene un peso unitario más alto que las mismas partículas con estructura rugosa y angular, el método para determinar el peso unitario suelto o compactado de agregados gruesos por composición mineralógica y tamaño de partícula es el mismo que para los agregados finos, en el cual,

Se ha fabricado un recipiente limpio y seco de si se conocen el peso y medida, el chico se mezcla bien y se seca a temperatura ambiente. Cuando el peso unitario está suelto, el recipiente con un agregado con una pala se llena para que el agregado pueda asentarse y desbordarse naturalmente. El exceso de agregado se retira con una regla, luego se determina el peso neto del agregado en el contenedor y para el peso unitario compactado, llene un tercio del contenedor de agregados y rellene la masa con la varilla de 5/8 de pulgada de manera que 25 golpes se distribuyan Uniforme sobre la superficie, llena dos tercios del camino y se vuelve a presionar con la varilla, lo que da como resultado 25 golpes como antes, luego se llena la última parte restante hasta que se desborda y se compacta con 25 golpes. El exceso de agregado generalmente se elimina con la varita. Se determina el peso neto de la unidad en el contenedor (ver anexo 08 y 19).

Tabla 29. Peso unitario del agregado grueso para sustitución con ceniza de tronco de eucalipto.

| Tipo de peso unitario | Peso unitario suelto | | | Peso unitario compactado | | |
|--------------------------------------|----------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
| | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 |
| Muestra N° | | | | | | |
| Peso material + molde (gr.) | 17900,00 | 19900,00 | 17800,00 | 19150,00 | 19500,00 | 19100,00 |
| Peso del molde (gr.) | 5105,00 | 5105,00 | 5105,00 | 5105,00 | 5105,00 | 5105,00 |
| Peso del material (gr.) | 12795,00 | 14795,00 | 12695,00 | 14045,00 | 14395,00 | 13995,00 |
| Volumen del molde (cm ³) | 9360,00 | 9360,00 | 9360,00 | 9360,00 | 9360,00 | 9360,00 |
| Peso unitario (gr./cm ³) | 1,37 | 1,58 | 1,36 | 1,50 | 1,54 | 1,50 |
| Peso unitario promedio | 1,435 | | | 1,511 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Peso unitario del agregado grueso para sustitución con arcilla.

| Tipo de peso unitario | Peso unitario suelto | | | Peso unitario compactado | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|----------|----------|---------------------------------|----------|----------|
| Muestra N° | 1,00 | 2,00 | 3,00 | 1,00 | 2,00 | 3,00 |
| Peso material + molde (gr.) | 21785,60 | 21723,60 | 21853,10 | 22865,70 | 22912,30 | 22945,90 |
| Peso del molde (gr.) | 7400,80 | 7400,80 | 7400,80 | 7400,80 | 7400,80 | 7400,80 |
| Peso del material (gr.) | 14384,80 | 14322,80 | 14452,30 | 15464,90 | 15511,50 | 15545,10 |
| Volumen del molde (cm ³) | 9422,69 | 9422,69 | 9422,69 | 9422,69 | 9422,69 | 9422,69 |
| Peso unitario (gr./cm ³) | 1,53 | 1,52 | 1,53 | 1,64 | 1,65 | 1,65 |
| Peso unitario promedio | 1,527 | | | 1,646 | | |

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Diseño de mezcla del concreto.

El método para diseñar provendrá de la norma 211.1 de A.CI. Para diseñar la mezcla, las características del concreto a diseñar deben seleccionarse de acuerdo con la mezcla a utilizar. En este método de diseño, la estimación de los materiales requeridos para el diseño incluye Algunos Pasos directos y lógicos a las propiedades físicas de los materiales analizados en la vivienda, como se describe en el anexo N° 09 y 20.

Tabla 31. Resumen de resultados de los diseños de la mezcla se concretó con ceniza.

| Materiales | Datos Und | Datos Und | Datos Und |
|--|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Ver anexo 9 al 11 | Diseño patrón | Diseño 4% ceniza | Diseño 8% ceniza |
| A. Cemento: Tipo I " Pacasmayo" Peso específico | 3,12 | 3,12 | 3,12 |
| B. Agua: Potable de la zona | | | |
| C. Agregado fino Cantera: | Vesique | Vesique | Vesique |
| Peso específico de masa | 2,7 Tn/m3 | 2,7 Tn/m3 | 2,7 Tn/m3 |
| Peso unitario suelto | 1652 Kg/cm3 | 1652 Kg/cm3 | 1652 Kg/cm3 |
| Peso unitario compactado | 1801 Kg/cm3 | 1801 Kg/cm3 | 1801 Kg/cm3 |
| Contenido de humedad | 0,75 % | 0,75 % | 0,75 % |
| Absorción | 1,01 % | 1,01 % | 1,01 % |
| Módulo de fineza | 2,49 | 2,49 | 2,49 |
| D. Agregado grueso Cantera: | Rubén | Rubén | Rubén |
| Piedra | Perfil angular | Perfil angular | Perfil angular |
| Tamaño máximo nominal | 1" | 1" | 1" |
| Peso específico de masa | 2,8 Tn/m3 | 2,8 Tn/m3 | 2,8 Tn/m3 |
| Peso unitario suelto | 1427 Kg/cm3 | 1427 Kg/cm3 | 1427 Kg/cm3 |
| Peso unitario compactado | 1504 Kg/cm3 | 1504 Kg/cm3 | 1504 Kg/cm3 |
| Contenido de humedad | 0,51 % | 0,51 % | 0,51 % |
| Absorción | 0,6 % | 0,6 % | 0,6 % |
| E. Selec. asentamiento | 3" a 4" | 3" a 4" | 3" a 4" |
| F. Volum. unitario de agua | 193 Lt/m3 | 193 Lt/m3 | 193 Lt/m3 |
| G. Rel. agua cemento | 0,684 | 0,684 | 0,684 |
| H. Factor de cemento | 282,16 Kg/m3 | 282,16 Kg/m3 | 282,16 Kg/m3 |
| I. Volumen absolutos | | | |
| Cemento | | 0,086 m3 | 0,083 m3 |
| Ceniza Tronco de Euc. | | 0,004 m3 | 0,008 m3 |
| Agua efectiva | | 0,193 m3 | 0,193 m3 |
| Agregado fino | | 0,326 m3 | 0,326 m3 |
| Agregado grueso | | 0,375 m3 | 0,375 m3 |
| Aire | | 0,015 m3 | 0,015 m3 |
| G. Val. diseños corregidos | | | |
| Cemento | 282,164 Kg/cm3 | 270,87 kg/cm3 | 259,592 kg/cm3 |
| Ceniza Tronco de Euc. | 0 Kg/cm3 | 11,286 kg/cm3 | 22,572 kg/cm3 |
| Agua efectiva | 196,284 Kg/cm3 | 196,28 lt/m3 | 196,28 lt/m3 |
| Agregado fino | 886,511 Kg/cm3 | 886,51 kg/cm3 | 886,51 kg/cm3 |
| Agregado grueso | 1057,79 Kg/cm3 | 1057,79 kg/cm3 | 1057,79 kg/cm3 |
| K. Prop. en volumen | | | |
| Cemento | 1 | 1 | 1 |
| Ceniza Tronco de Euc. | 0 | 0,04 | 0,08 |
| Agua efectiva | 29,57 Lts/bol | 30,79 Lts/bol | 32,12 Lts/bol |
| Agregado fino | 3,14 | 3,27 | 3,41 |
| Agregado grueso | 3,75 | 3,91 | 4,07 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Resumen de resultados de los diseños de la mezcla se concretó con arcilla.

| Materiales | Datos Und | | Datos Und | | Datos Und | |
|--|----------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|
| Ver anexo 20 al 22 | Diseño patrón | | Diseño 7% arcilla | | Diseño 9% arcilla | |
| A. Cemento: Tipo I " Sol" Peso específico | 3,11 | | 3,11 | | 3,11 | |
| B. Agua: Potable de la zona | | | | | | |
| C. Agregado fino Cantera: | Tacllan | | Tacllan | | Tacllan | |
| Peso específico de masa | 2,56 | Tn/m3 | 2,56 | Tn/m3 | 2,56 | Tn/m3 |
| Peso unitario suelto | 1546,75 | Kg/cm3 | 1546,75 | Kg/cm3 | 1546,75 | Kg/cm3 |
| Peso unitario compactado | 1757,9 | Kg/cm3 | 1757,9 | Kg/cm3 | 1757,9 | Kg/cm3 |
| Contenido de humedad | 4,93 | % | 4,93 | % | 4,93 | % |
| Absorción | 1,48 | % | 1,48 | % | 1,48 | % |
| Módulo de fineza | 3,06 | | 3,06 | | 3,06 | |
| D. Agregado grueso Cantera: | Tacllan | | Tacllan | | Tacllan | |
| Piedra | Perfil angular | | Perfil angular | | Perfil angular | |
| Tamaño máximo nominal | 3/4" | | 3/4" | | 3/4" | |
| Peso específico de masa | 2,64 | Tn/m3 | 2,64 | Tn/m3 | 2,64 | Tn/m3 |
| Peso unitario suelto | 1526,81 | Kg/cm3 | 1526,81 | Kg/cm3 | 1526,81 | Kg/cm3 |
| Peso unitario compactado | 1645,73 | Kg/cm3 | 1645,73 | Kg/cm3 | 1645,73 | Kg/cm3 |
| Contenido de humedad | 1,11 | % | 1,11 | % | 1,11 | % |
| Absorción | 0,9 | % | 0,9 | % | 0,9 | % |
| E. Selec. asentamiento | 3" a 4" | | 3" a 4" | | 3" a 4" | |
| F. Volum. unitario de agua | 205 | Lt/m3 | 205 | Lt/m3 | 205 | Lt/m3 |
| G. Rel. agua cemento | 0,676 | | 0,676 | | 0,676 | |
| H. Factor de cemento | 303,25 | Kg/m3 | 303,25 | Kg/m3 | 303,25 | Kg/m3 |
| I. Volumen absolutos | | | | | | |
| Cemento | | | 0,097 | m3 | 0,095 | m3 |
| Arcilla | | | 0,007 | m3 | 0,009 | m3 |
| Agua efectiva | | | 0,21 | m3 | 0,21 | m3 |
| Agregado fino | | | 0,296 | m3 | 0,296 | m3 |
| Agregado grueso | | | 0,37 | m3 | 0,37 | m3 |
| Aire | | | 0,02 | m3 | 0,02 | m3 |
| G. Val. diseños corregidos | | | | | | |
| Cemento | 303,25 | Kg/cm3 | 283,25 | kg/cm3 | 276,41 | kg/cm3 |
| Arcilla | 0 | Kg/cm3 | 20,250 | kg/cm3 | 26,84 | kg/cm3 |
| Agua efectiva | 176,13 | Kg/cm3 | 176,13 | lt/m3 | 176,13 | lt/m3 |
| Agregado fino | 817,03 | Kg/cm3 | 817,03 | kg/cm3 | 817,03 | kg/cm3 |
| Agregado grueso | 998,37 | Kg/cm3 | 998,37 | kg/cm3 | 998,37 | kg/cm3 |
| K. Prop. en volumen | | | | | | |
| Cemento | 1 | | 1 | | 1 | |
| Arcilla | 0 | | 0,07 | | 0,09 | |
| Agua efectiva | 24,68 | Lts/bol | 24,42 | Lts/bol | 27,08 | Lts/bol |
| Agregado fino | 2,69 | | 2,88 | | 2,95 | |
| Agregado grueso | 3,29 | | 3,52 | | 3,61 | |

Fuente: Elaboración propia

3.5. Resultados de ensayos del concreto en estado endurecido.

La Tabla 33 y la Figura 07 muestran los resultados promedio de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de edad.

Tabla 33. Resistencia promedia a la compresión del concreto con y sin sustitución de ceniza.

| Edad de ensayo con y sin sustitución del cemento | CP (kg/cm ²) | 4% cte (kg/cm ²) | 8% cte (kg/cm ²) |
|--|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 7 días | 155,93 | 166,98 | 187,00 |
| 14 días | 189,63 | 186,11 | 207,00 |
| 28 días | 219,29 | 221,29 | 239,00 |

Fuente: Elaboración propia (Anexo 11)

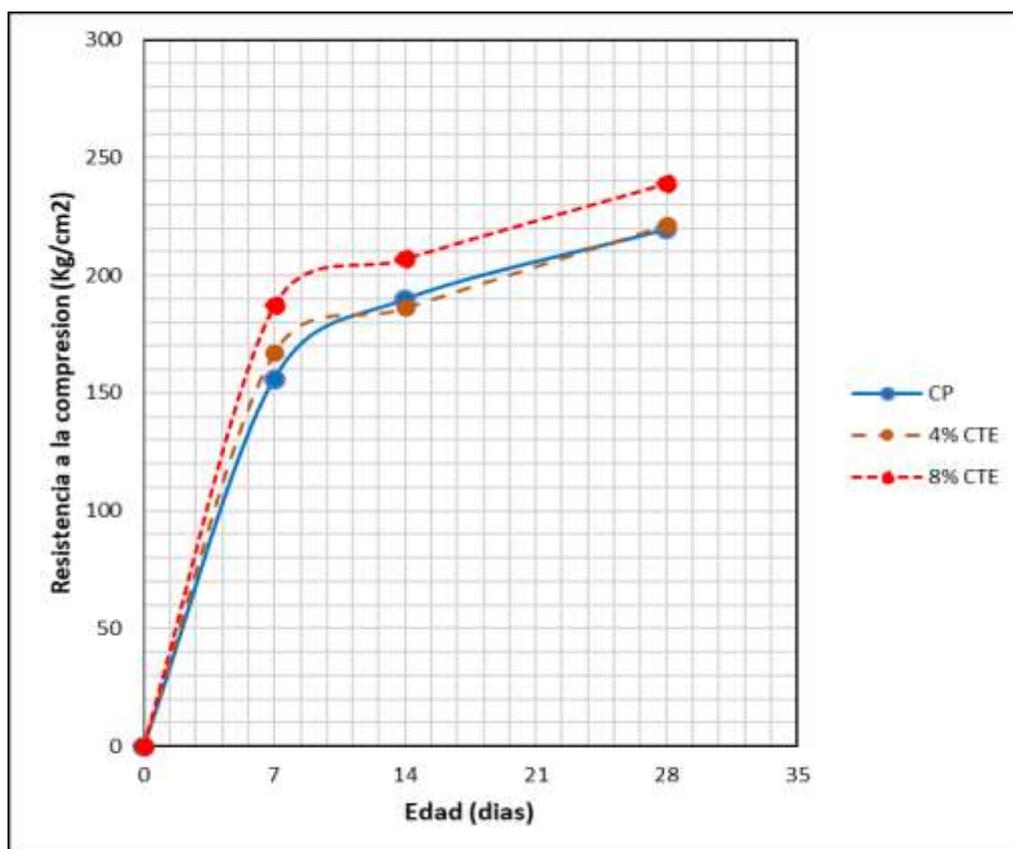


Figura 1. Resistencia promedia a la compresión del concreto con y sin sustitución de ceniza.

Fuente: Elaboración.

La Tabla 34 y la Figura 08 muestran los resultados promedio de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de edad.

Tabla 34. Resistencia promedia a la compresión del concreto con y sin sustitución de arcilla.

| Edad de ensayo con y sin sustitución del cemento | CP (kg/cm ²) | 7% arc (kg/cm ²) | 9% arc (kg/cm ²) |
|--|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 7 días | 161,63 | 163,83 | 162,10 |
| 14 días | 190,40 | 200,57 | 206,60 |
| 28 días | 212,00 | 226,68 | 213,60 |

Fuente: Elaboración propia (Anexo 21)

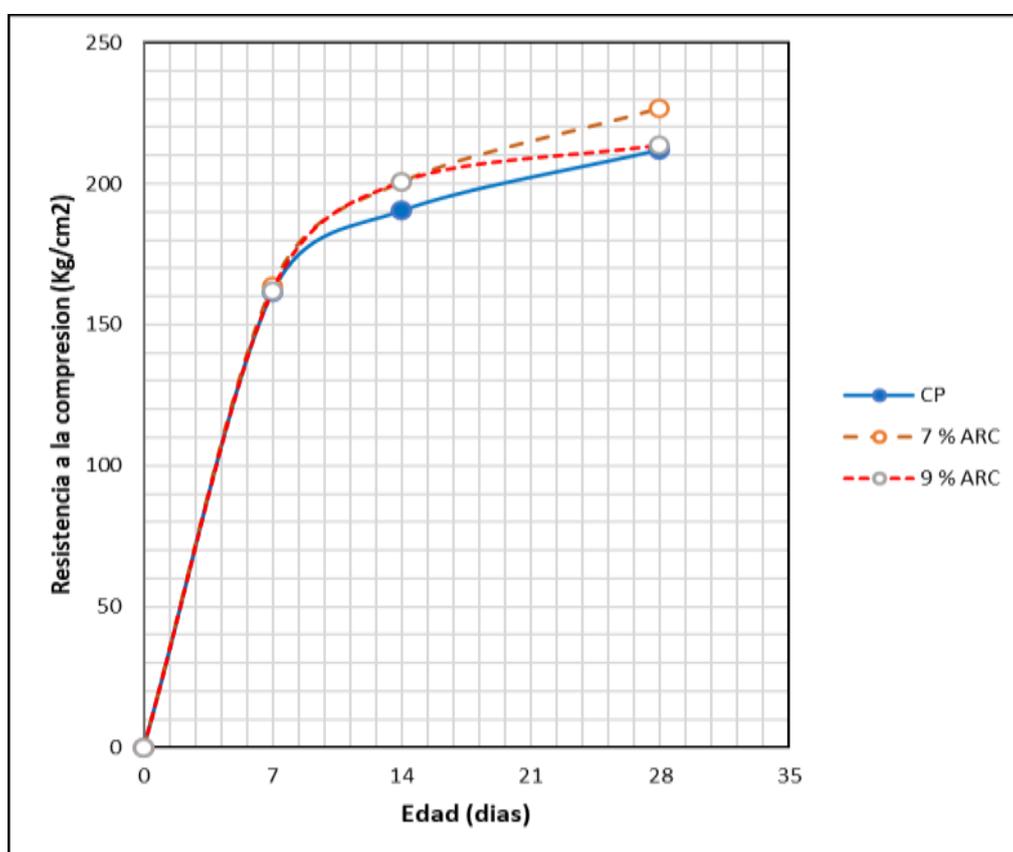


Figura 2. Resistencia promedia a la compresión del concreto con y sin sustitución de arcilla.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 35 y la Figura 09 muestran los resultados promedio de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de edad con ambas sustituciones.

Tabla 35. Resistencia a la compresión promedio obtenido de la combinación de ceniza de tronco de eucalipto vs arcilla

| Concreto | Sustitución | Resistencia a la compresión (210 kg /cm ²) | | | | | |
|------------------------------|-------------|--|-------|--------------------|-------|--------------------|--------|
| | | 7 días | | 14 días | | 28 días | |
| | | kg/cm ² | % | kg/cm ² | % | kg/cm ² | % |
| Resistencia Teórica (Libros) | | 140,70 | 67 % | 189,50 | 90 % | 210,60 | 100 % |
| CP cte | 0 % | 155,93 | 74,25 | 189,63 | 90,30 | 219,29 | 104,43 |
| 4 % cte | 4 % | 166,98 | 79,51 | 186,11 | 88,63 | 221,29 | 105,38 |
| 8 % cte | 8 % | 187,00 | 89,01 | 207 | 98,74 | 239,00 | 113,87 |
| CP arc | 0 % | 161,63 | 76,97 | 190,40 | 90,67 | 212,00 | 100,95 |
| 7 % arc | 7 % | 163,83 | 78,02 | 200,57 | 95,51 | 226,83 | 108,02 |
| 9 % arc | 9 % | 162,10 | 77,19 | 200,60 | 95,52 | 213,60 | 101,71 |

Fuente: Elaboración propia.

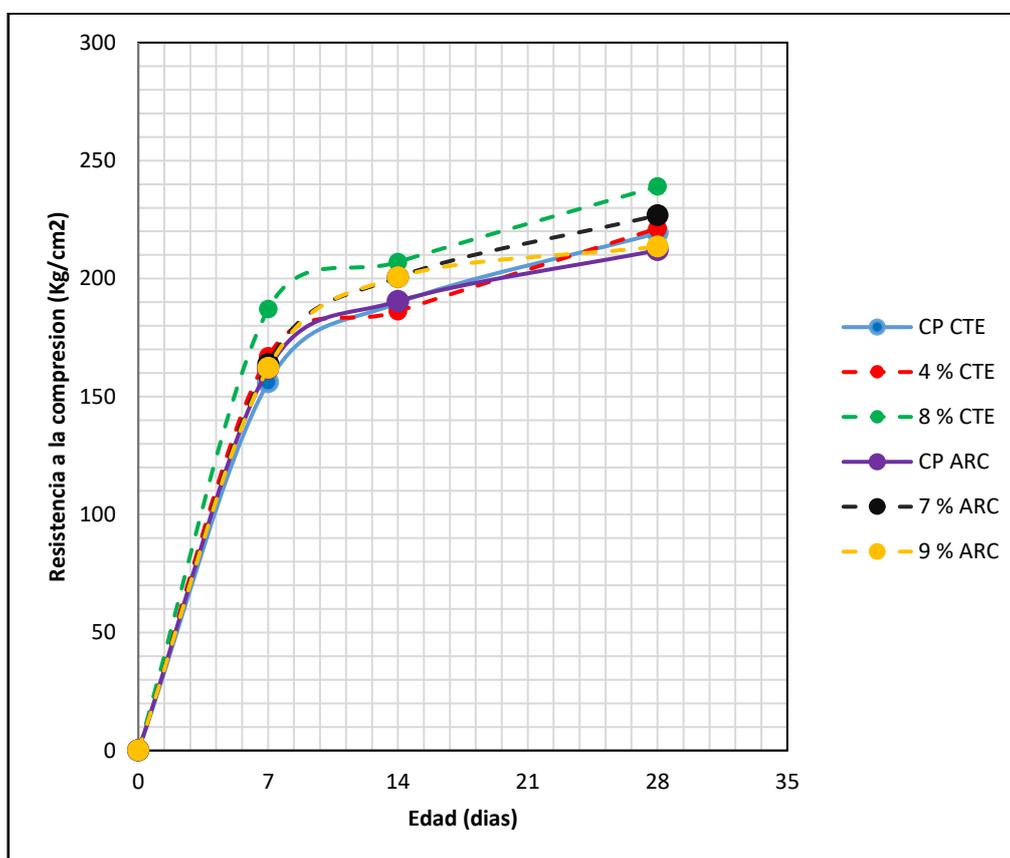


Figura 3. Resistencia a la compresión promedio obtenido de la combinación de ceniza de tronco de eucalipto vs arcilla.

Fuente: Elaboración propia

3.6. Evaluación del análisis estadístico y prueba de hipótesis.

Para obtener conclusiones sobre la población es necesario solicitar la ayuda de estadísticas inferenciales, como desviación estándar, media, etc., para obtener los parámetros que nos permitan obtener estadísticas globales basadas en tecnología. Por ejemplo: prueba de hipótesis y estimación de parámetros. La hipótesis a probar es la siguiente: si la sustitución de ceniza de eucalipto y arcilla al concreto convencional puede mejorar la durabilidad. En este caso, lo que se probará es: si las propiedades mecánicas del concreto se pueden mejorar mediante la adición de ceniza de eucalipto y arcilla en comparación con el concreto patrón, la proporción de peso del cemento es de 4%, 8% de ceniza de eucalipto y 7%, 9% de arcilla respectivamente.

Análisis estadístico de resistencia a la compresión.

Tabla 36. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 7 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ($f'c$) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CON SUSTITUCION DE CENIZA | | MUESTRA | $f'c(Xi)$ | | | | |
|--|---------------|----------------|-----------------------------|---------------|----------|--------------|-----------------|
| | | 4 % CTE - 01 | 159,54 | | | | |
| | | 4 % CTE - 02 | 170,10 | | | | |
| | | 4 % CTE - 03 | 171,30 | | | | |
| NUMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: Rx | Xmax= | 171,30 | 11,76 | | | | |
| | Xmin= | 159,54 | | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE Clase: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE Clase: C | | | 4,57 | | | | |
| MEDIA: u | | | 166,98 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 5,28 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 27,92 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 3,16 | | | | |
| PERCENTIL: P10 > = 0.60 | | | 161,65 | | | | |
| PERCENTIL P25 > = 1.5 | | | 164,82 | | | | |
| PERCENTIL P50 > = 3.0 | | | 170,10 | | | | |
| PERCENTIL P75 > = 4.5 | | | 170,7 | | | | |
| PERCENTIL P90 > = 5.4 | | | 171,06 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: As (As < 0 -> izquierda; As = 0; As > 0 -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K (k < 0.263 -> leptó; As = 0.263 -> meso; As > 0.263 -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | Xi | fi | Fi | $fi * Xi$ | $Xi - u$ | $(Xi - u)^2$ | $fi.(Xi - u)^2$ |
| [159,54 164,11 > | 161,82 | 1 | 1 | 161,82 | -5,16 | 26,58 | 26,58 |
| [164,11 168,68 > | 166,39 | 0 | 1 | 0,00 | -0,59 | 0,35 | 0,00 |
| [168,68 173,24 > | 170,96 | 2 | 3 | 341,92 | 3,98 | 15,84 | 31,68 |
| | 166,39 | 3 | | 503,74 | | 42,77 | 58,26 |

Fuente: Elaboración propia.

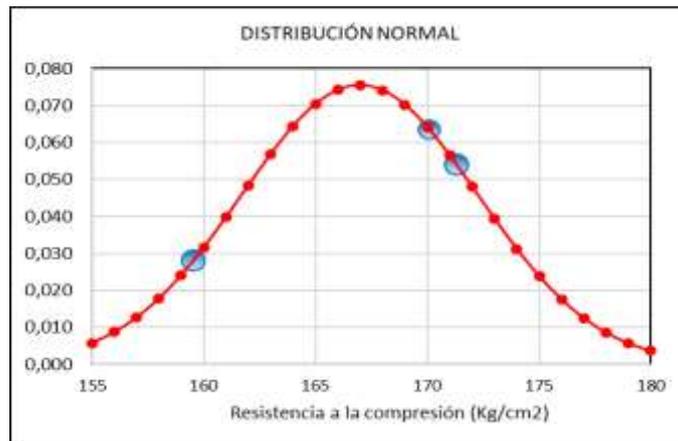


Figura 4. Distribución normal de concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 14 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'_c) OBTENIDAS A LOS 14 DÍAS CON SUSTITUCIÓN DE CENIZA | | MUESTRA | $f'_c(X_i)$ | | | | |
|---|-------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------|---------------|-------------------------|
| | | 4 % CTE - 01 | 184,67 | | | | |
| | | 4 % CTE - 02 | 186,39 | | | | |
| | | 4 % CTE - 03 | 187,28 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: R_x | | $X_{max}=$ | 187,28 | | | | |
| | | $X_{min}=$ | 184,67 | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 1,01 | | | | |
| MEDIA: u | | | 186,11 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 1,08 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 1,17 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 0,58 | | | | |
| PERCENTIL: | $P_{10} > = 0.60$ | | 185,01 | | | | |
| PERCENTIL | $P_{25} > = 1.5$ | | 185,53 | | | | |
| PERCENTIL | $P_{50} > = 3.0$ | | 186,39 | | | | |
| PERCENTIL | $P_{75} > = 4.5$ | | 186,84 | | | | |
| PERCENTIL | $P_{90} > = 5.4$ | | 187,10 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: A_s ($A_s < 0$ -> izquierda; $A_s = 0$; $A_s > 0$ -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K ($k < 0.263$ -> leptó; $A_s = 0.263$ -> meso; $A_s > 0.263$ -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | X_i | f_i | F_i | $f_i \cdot X_i$ | $X_i - u$ | $(X_i - u)^2$ | $f_i \cdot (X_i - u)^2$ |
| [184,67 185,68 > | 185,18 | 1 | 1 | 185,18 | -0,94 | 0,88 | 0,88 |
| [185,68 186,70 > | 186,19 | 1 | 2 | 186,19 | 0,08 | 0,01 | 0,01 |
| [186,70 187,71 > | 187,20 | 1 | 3 | 187,20 | 1,09 | 1,19 | 1,19 |
| | 186,19 | 3 | | 558,57 | | 2,07 | 2,07 |

Fuente: Elaboración propia.

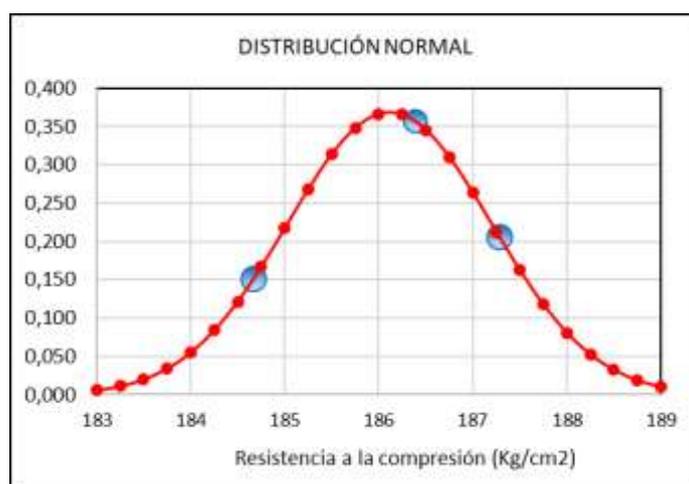


Figura 5. Distribución normal de concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 28 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'_c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CON SUSTITUCION DE CENIZA | | MUESTRA | $f'_c(X_i)$ | | | | |
|---|---------------|--------------|-------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | | 4 % CTE - 01 | 212,46 | | | | |
| | | 4 % CTE - 02 | 218,21 | | | | |
| | | 4 % CTE - 03 | 233,21 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: R_x | | $X_{max} =$ | 233,21 | | | | |
| | | $X_{min} =$ | 212,46 | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 8,06 | | | | |
| MEDIA: μ | | | 221,29 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 8,75 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 76,51 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 3,95 | | | | |
| PERCENTIL: | P10 > = 0.60 | | 213,61 | | | | |
| PERCENTIL | P25 > = 1.5 | | 215,34 | | | | |
| PERCENTIL | P50 > = 3.0 | | 218,21 | | | | |
| PERCENTIL | P75 > = 4.5 | | 225,71 | | | | |
| PERCENTIL | P90 > = 5.4 | | 230,21 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: A_s ($A_s < 0$ -> izquierda; $A_s = 0$; $A_s > 0$ -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K ($k < 0.263$ -> leptó; $A_s = 0.263$ -> meso; $A_s > 0.263$ -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | X_i | f_i | F_i | $f_i * X_i$ | $X_i - \mu$ | $(X_i - \mu)^2$ | $f_i * (X_i - \mu)^2$ |
| [212,46 220,52 > | 216,49 | 2 | 2 | 432,98 | -4,80 | 23,07 | 46,15 |
| [220,52 228,58 > | 224,55 | 0 | 2 | 0,00 | 3,26 | 10,60 | 0,00 |
| [228,58 236,64 > | 232,61 | 1 | 3 | 232,61 | 11,32 | 128,06 | 128,06 |
| | 224,55 | 3 | | 665,59 | | 161,73 | 174,20 |

Fuente: Elaboración propia.

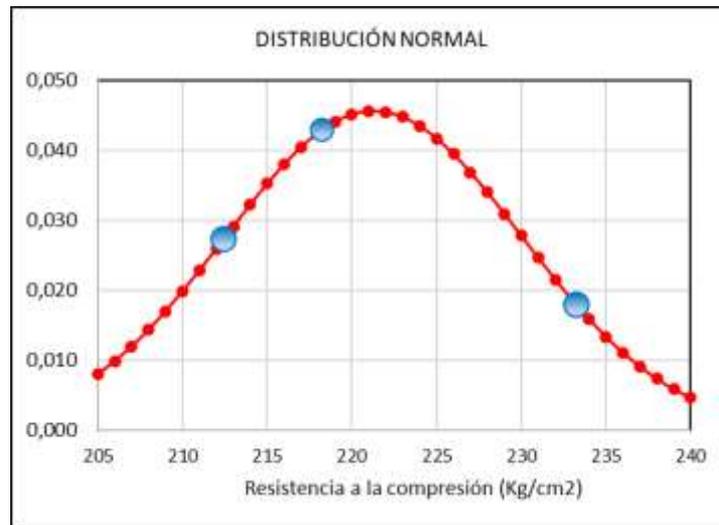


Figura 6. Distribución normal de concreto estándar + 4 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 7 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'_c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CON SUSTITUCION DE CENIZA | | MUESTRA | $f'_c(X_i)$ | | | | |
|---|---------------|--------------|-------------|---------------|-----------|---------------|---------------------|
| | | 8 % CTE - 01 | 182,91 | | | | |
| | | 8 % CTE - 02 | 186,27 | | | | |
| | | 8 % CTE - 03 | 191,56 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: R_x | | $X_{max} =$ | 191,56 | | | | |
| | | $X_{min} =$ | 182,91 | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 3,36 | | | | |
| MEDIA: u | | | 186,91 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 3,56 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 12,68 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 1,91 | | | | |
| PERCENTIL: | P10 > = 0.60 | | 183,58 | | | | |
| PERCENTIL | P25 > = 1.5 | | 184,59 | | | | |
| PERCENTIL | P50 > = 3.0 | | 186,27 | | | | |
| PERCENTIL | P75 > = 4.5 | | 188,91 | | | | |
| PERCENTIL | P90 > = 5.4 | | 190,50 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: As ($As < 0$ -> izquierda; $As = 0$; $As > 0$ -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K ($k < 0.263$ -> leptó; $As = 0.263$ -> meso; $As > 0.263$ -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | X_i | f_i | F_i | $f_i * X_i$ | $X_i - u$ | $(X_i - u)^2$ | $f_i * (X_i - u)^2$ |
| [182,91 186,27 > | 184,59 | 1 | 1 | 184,59 | -2,32 | 5,40 | 5,40 |
| [186,27 189,63 > | 187,95 | 1 | 2 | 187,95 | 1,04 | 1,07 | 1,07 |
| [189,63 192,99 > | 191,31 | 1 | 3 | 191,31 | 4,40 | 19,33 | 19,33 |
| | 187,95 | 3 | | 563,84 | | 25,81 | 25,81 |

Fuente: Elaboración propia.

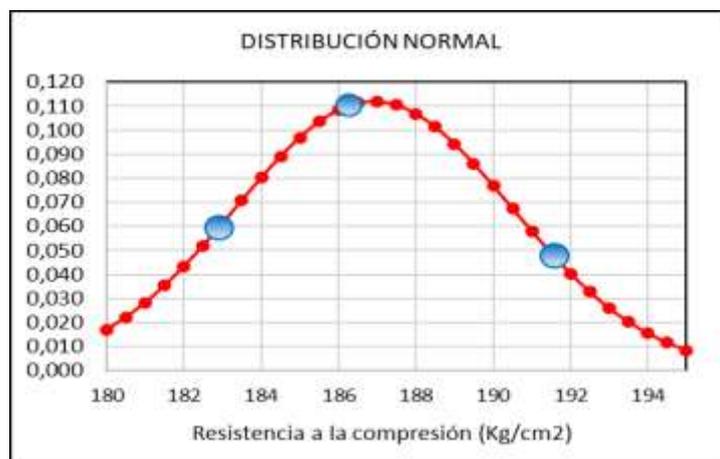


Figura 7. Distribución normal de concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 14 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ($f'c$) OBTENIDAS A LOS 14 DÍAS CON SUSTITUCION DE CENIZA | | MUESTRA | $f'c(Xi)$ | | | | |
|---|---------------|--------------|-----------|---------------|----------|--------------|-----------------------|
| | | 8 % CTE - 01 | 205,89 | | | | |
| | | 8 % CTE - 02 | 207,33 | | | | |
| | | 8 % CTE - 03 | 208,87 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: Rx | | Xmax= 208,87 | 2,98 | | | | |
| | | Xmin= 205,89 | | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 1,16 | | | | |
| MEDIA: u | | | 207,36 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 1,22 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 1,48 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 0,59 | | | | |
| PERCENTIL: | P10> = 0.60 | | 206,18 | | | | |
| PERCENTIL | P25> = 1.5 | | 206,61 | | | | |
| PERCENTIL | P50> = 3.0 | | 207,33 | | | | |
| PERCENTIL | P75> = 4.5 | | 208,10 | | | | |
| PERCENTIL | P90> = 5.4 | | 208,56 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: As ($As < 0$ -> izquierda; $As = 0$; $As > 0$ -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K ($k < 0.263$ -> leptos; $As = 0.263$ -> meso; $As > 0.263$ -> platis) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | Xi | fi | Fi | $fi \cdot Xi$ | $Xi - u$ | $(Xi - u)^2$ | $fi \cdot (Xi - u)^2$ |
| [205,89 207,04 > | 206,47 | 1 | 1 | 206,47 | -0,90 | 0,80 | 0,80 |
| [207,04 208,20 > | 207,62 | 1 | 2 | 207,62 | 0,26 | 0,07 | 0,07 |
| [208,20 209,36 > | 208,78 | 1 | 3 | 208,78 | 1,42 | 2,01 | 2,01 |
| | 207,62 | 3 | | 622,87 | | 2,88 | 2,88 |

Fuente: Elaboración propia.

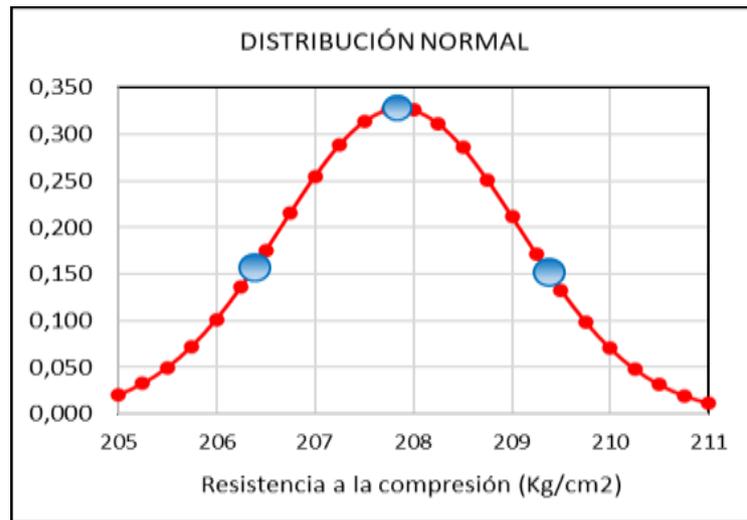


Figura 8. Distribución normal de concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 28 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'_c) OBTENIDAS A LOS 28 DÍAS CON SUSTITUCION DE CENIZA | | MUESTRA | $f'_c(X_i)$ | | | | |
|---|---------------|--------------|-------------|---------------|-----------------|---------------------|---------------------------|
| | | 8 % CTE - 01 | 237,79 | | | | |
| | | 8 % CTE - 02 | 238,48 | | | | |
| | | 8 % CTE - 03 | 241,11 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: R_x | $X_{max} =$ | 241,11 | 3,31 | | | | |
| | $X_{min} =$ | 237,79 | | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 1,29 | | | | |
| MEDIA: \bar{u} | | | 239,13 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 1,43 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 2,04 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 0,60 | | | | |
| PERCENTIL: | P10 > = 0.60 | | 237,93 | | | | |
| PERCENTIL | P25 > = 1.5 | | 238,14 | | | | |
| PERCENTIL | P50 > = 3.0 | | 238,48 | | | | |
| PERCENTIL | P75 > = 4.5 | | 239,79 | | | | |
| PERCENTIL | P90 > = 5.4 | | 240,58 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: A_s ($A_s < 0$ -> izquierda; $A_s = 0$; $A_s > 0$ -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K ($k < 0.263$ -> leptó; $A_s = 0.263$ -> meso; $A_s > 0.263$ -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | X_i | f_i | F_i | $f_i * X_i$ | $X_i - \bar{u}$ | $(X_i - \bar{u})^2$ | $f_i * (X_i - \bar{u})^2$ |
| [237,79 239,08 > | 238,44 | 2 | 2 | 476,87 | -0,69 | 0,48 | 0,95 |
| [239,08 240,37 > | 239,72 | 0 | 2 | 0,00 | 0,60 | 0,36 | 0,00 |
| [240,37 241,66 > | 241,01 | 1 | 3 | 241,01 | 1,88 | 3,55 | 3,55 |
| | 239,72 | 3 | | 717,88 | | 4,39 | 4,51 |

Fuente: Elaboración propia.

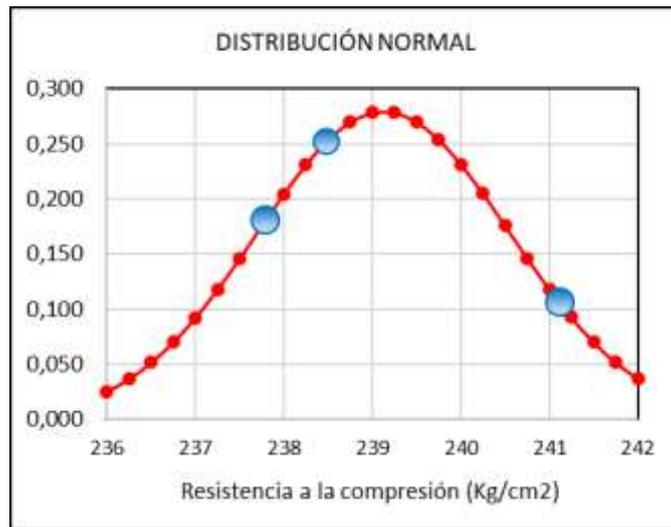


Figura 9. Distribución normal de concreto estándar + 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 7 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'_c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CON SUSTITUCION DE ARCILLA | | MUESTRA | $f'_c(X_i)$ | | | | |
|--|---------------|--------------|-------------|-----------------|-----------|---------------|-------------------------|
| | | 7 % ARC - 01 | 163,60 | | | | |
| | | 7 % ARC - 02 | 163,80 | | | | |
| | | 7 % ARC - 03 | 164,10 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: Rx | | Xmax= 164,10 | 0,50 | | | | |
| | | Xmin= 163,60 | | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 0,19 | | | | |
| MEDIA: u | | | 163,83 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 0,21 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 0,04 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 0,13 | | | | |
| PERCENTIL: | P10 > = 0.60 | | 163,64 | | | | |
| PERCENTIL | P25 > = 1.5 | | 163,70 | | | | |
| PERCENTIL | P50 > = 3.0 | | 163,80 | | | | |
| PERCENTIL | P75 > = 4.5 | | 163,95 | | | | |
| PERCENTIL | P90 > = 5.4 | | 164,04 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: As (As < 0 -> izquierda; As = 0; As > 0 -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K (k < 0.263 -> leptó; As = 0.263 -> meso; As > 0.263 -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | X_i | f_i | F_i | $f_i \cdot X_i$ | $X_i - u$ | $(X_i - u)^2$ | $f_i \cdot (X_i - u)^2$ |
| [163,60 163,79 > | 163,70 | 1 | 1 | 163,70 | -0,14 | 0,02 | 0,02 |
| [163,79 163,99 > | 163,89 | 1 | 2 | 163,89 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| [163,99 164,18 > | 164,09 | 1 | 3 | 164,09 | 0,25 | 0,06 | 0,06 |
| | 163,89 | 3 | | 491,67 | | 0,09 | 0,09 |

Fuente: Elaboración propia.

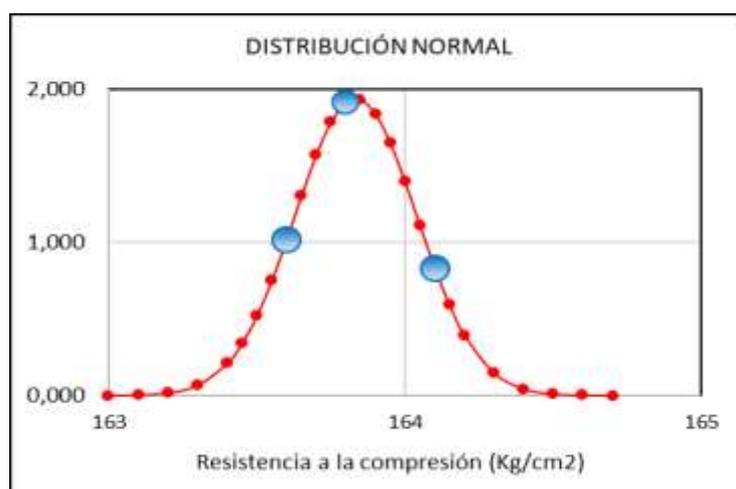


Figura 10. Distribución normal de concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 14 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'_c) OBTENIDAS A LOS 14 DÍAS CON SUSTITUCION DE ARCILLA | MUESTRA | $f'_c(X_i)$ | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|
| | 7 % ARC - 01 | 200,50 | | | | | |
| | 7 % ARC - 02 | 200,50 | | | | | |
| | 7 % ARC - 03 | 200,70 | | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | 3 | | | | | |
| RANGO DE DATOS: R_x | $X_{max} =$ 200,70 $X_{min} =$ 200,50 | 0,20 | | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | 2,57 | 3 | | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | 0,08 | | | | | |
| MEDIA: u | | 200,57 | | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | 0,09 | | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | 0,01 | | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | 0,05 | | | | | |
| PERCENTIL: P10 > = 0.60 | | 200,50 | | | | | |
| PERCENTIL P25 > = 1.5 | | 200,50 | | | | | |
| PERCENTIL P50 > = 3.0 | | 200,50 | | | | | |
| PERCENTIL P75 > = 4.5 | | 200,60 | | | | | |
| PERCENTIL P90 > = 5.4 | | 200,66 | | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: A_s ($A_s < 0$ -> izquierda; $A_s = 0$; $A_s > 0$ -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K ($k < 0.263$ -> leptó; $A_s = 0.263$ -> meso; $A_s > 0.263$ -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | X_i | f_i | F_i | $f_i \cdot X_i$ | $X_i - u$ | $(X_i - u)^2$ | $f_i \cdot (X_i - u)^2$ |
| [200,50 200,58 > | 200,54 | 2 | 2 | 401,08 | -0,03 | 0,00 | 0,00 |
| [200,58 200,66 > | 200,62 | 0 | 2 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| [200,66 200,73 > | 200,69 | 1 | 3 | 200,69 | 0,13 | 0,02 | 0,02 |
| | 200,62 | 3 | | 601,77 | | 0,02 | 0,02 |

Fuente: Elaboración propia.

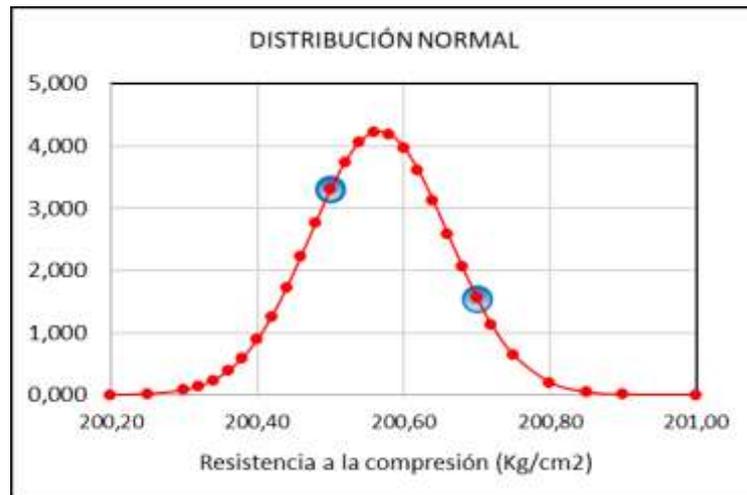


Figura 11. Distribución normal de concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 28 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ($f'c$) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CON SUSTITUCION DE ARCILLA | | MUESTRA | $f'c(Xi)$ | | | | |
|---|---------------|-------------------|-----------|---------------|-----------|---------------|---------------------|
| | | 7 % ARC – 01 | 226,30 | | | | |
| | | 7 % ARC – 02 | 227,00 | | | | |
| | | 7 % ARC – 03 | 227,20 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: R_x | | $X_{max}=$ 227,20 | 0,90 | | | | |
| | | $X_{min}=$ 226,30 | | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 0,35 | | | | |
| MEDIA: u | | | 226,83 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 0,39 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 0,15 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 0,17 | | | | |
| PERCENTIL: | P10> = 0.60 | | 226,44 | | | | |
| PERCENTIL | P25> = 1.5 | | 226,65 | | | | |
| PERCENTIL | P50> = 3.0 | | 227,00 | | | | |
| PERCENTIL | P75> = 4.5 | | 227,10 | | | | |
| PERCENTIL | P90> = 5.4 | | 227,16 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: As ($As < 0$ -> izquierda; $As = 0$; $As > 0$ -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K ($k < 0.263$ -> leptó; $As = 0.263$ -> meso; $As > 0.263$ -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | X_i | f_i | F_i | $f_i * X_i$ | $X_i - u$ | $(X_i - u)^2$ | $f_i * (X_i - u)^2$ |
| [226,30 226,65 > | 226,47 | 1 | 1 | 226,47 | -0,36 | 0,13 | 0,13 |
| [226,65 227,00 > | 226,82 | 0 | 1 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,00 |
| [227,00 227,35 > | 227,17 | 2 | 3 | 454,35 | 0,34 | 0,12 | 0,23 |
| | 226,82 | 3 | | 680,82 | | 0,24 | 0,36 |

Fuente: Elaboración propia.

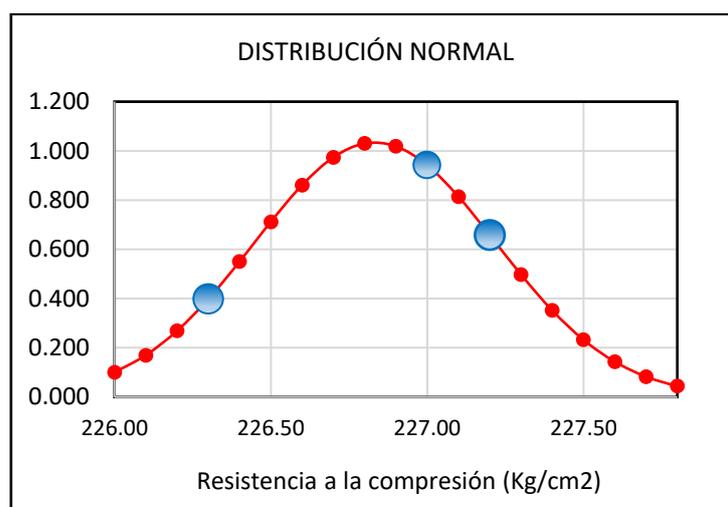


Figura 12. Distribución normal de concreto estándar + 7 % de sustitución de arcilla a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 7 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ($f'c$) OBTENIDAS A LOS 7 DÍAS CON SUSTITUCION DE ARCILLA | | MUESTRA | $f'c(Xi)$ | | | | |
|---|---------------|--------------|-----------|---------------|----------|--------------|-------------------|
| | | 9 % ARC - 01 | 161,90 | | | | |
| | | 9 % ARC - 02 | 162,00 | | | | |
| | | 9 % ARC - 03 | 162,40 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: Rx | | Xmax= 162,40 | 0,50 | | | | |
| | | Xmin= 161,90 | | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 0,19 | | | | |
| MEDIA: u | | | 162,10 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 0,22 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 0,05 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 0,13 | | | | |
| PERCENTIL: | P10> = 0.60 | | 161,92 | | | | |
| | P25> = 1.5 | | 161,95 | | | | |
| | P50> = 3.0 | | 162,00 | | | | |
| | P75> = 4.5 | | 162,20 | | | | |
| | P90> = 5.4 | | 162,32 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: As ($As < 0$ -> izquierda; $As = 0$; $As > 0$ -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K ($k < 0.263$ -> leptó; $As = 0.263$ -> meso; $As > 0.263$ -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | Xi | fi | Fi | $fi * Xi$ | $Xi - u$ | $(Xi - u)^2$ | $fi * (Xi - u)^2$ |
| [161,90 162,09 > | 162,00 | 2 | 2 | 323,99 | -0,10 | 0,01 | 0,02 |
| [162,09 162,29 > | 162,19 | 0 | 2 | 0,00 | 0,09 | 0,01 | 0,00 |
| [162,29 162,48 > | 162,39 | 1 | 3 | 162,39 | 0,29 | 0,08 | 0,08 |
| | 162,19 | 3 | | 486,38 | | 0,10 | 0,10 |

Fuente: Elaboración propia.

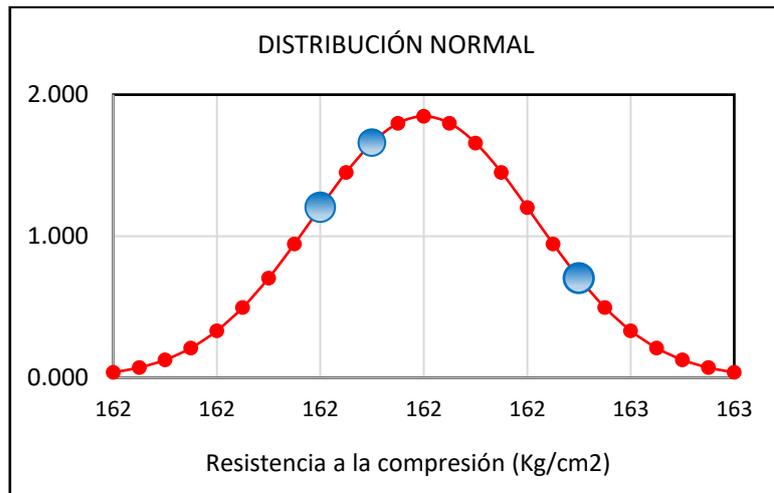


Figura 13. Distribución normal de concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 14 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f^c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CON SUSTITUCION DE ARCILLA | | MUESTRA | $f^c(Xi)$ | | | | |
|--|---------------|--------------|-----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| | | 9 % ARC - 01 | 200,50 | | | | |
| | | 9 % ARC - 02 | 200,60 | | | | |
| | | 9 % ARC - 03 | 200,70 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: Rx | | Xmax= 200,70 | 0,20 | | | | |
| | | Xmin= 200,50 | | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 0,08 | | | | |
| MEDIA: u | | | 200,60 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 0,08 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 0,01 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 0,04 | | | | |
| PERCENTIL: | P10 > = 0.60 | | 200,52 | | | | |
| PERCENTIL | P25 > = 1.5 | | 200,55 | | | | |
| PERCENTIL | P50 > = 3.0 | | 200,60 | | | | |
| PERCENTIL | P75 > = 4.5 | | 200,65 | | | | |
| PERCENTIL | P90 > = 5.4 | | 200,68 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: As (As < 0 -> izquierda; As = 0; As > 0 -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K (k < 0.263 -> leptó; As = 0.263 -> meso; As > 0.263 -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | Xi | fi | Fi | fi*Xi | Xi-u | (Xi-u)^2 | fi.(Xi-u)^2 |
| [200,50 200,58 > | 200,54 | 1 | 1 | 200,54 | -0,06 | 0,00 | 0,00 |
| [200,58 200,66 > | 200,62 | 1 | 2 | 200,62 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| [200,66 200,73 > | 200,69 | 1 | 3 | 200,69 | 0,09 | 0,01 | 0,01 |
| | 200,62 | 3 | | 601,85 | | 0,01 | 0,01 |

Fuente: Elaboración propia.

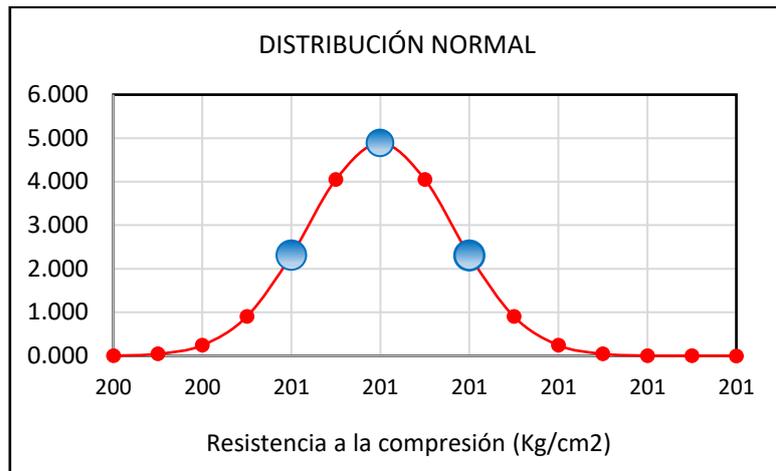


Figura 14. Distribución normal de concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Datos de resistencia a la compresión Concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 28 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'_c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CON SUSTITUCION DE ARCILLA | | MUESTRA | $f'_c(X_i)$ | | | | |
|---|---------------|--------------|-------------|---------------|-----------|---------------|---------------------|
| | | 9 % ARC - 01 | 213,40 | | | | |
| | | 9 % ARC - 02 | 213,60 | | | | |
| | | 9 % ARC - 03 | 213,80 | | | | |
| NÚMERO DE MUESTRAS: n | | | 3 | | | | |
| RANGO DE DATOS: Rx | | Xmax= 213,80 | 0,40 | | | | |
| | | Xmin= 213,40 | | | | | |
| NÚMERO DE INTERVALO DE CLASE: K | | 2,57 | 3 | | | | |
| TAMAÑO DE INTERVALO DE CLASE: C | | | 0,16 | | | | |
| MEDIA: u | | | 213,60 | | | | |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | 0,16 | | | | |
| VARIANZA (S^2) | | | 0,03 | | | | |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | | 0,08 | | | | |
| PERCENTIL: P10 >= 0.60 | | | 213,44 | | | | |
| PERCENTIL P25 >= 1.5 | | | 213,50 | | | | |
| PERCENTIL P50 >= 3.0 | | | 213,60 | | | | |
| PERCENTIL P75 >= 4.5 | | | 213,70 | | | | |
| PERCENTIL P90 >= 5.4 | | | 213,76 | | | | |
| COEFICIENTE DE ASIMETRÍA: As (As < 0 -> izquierda; As = 0; As > 0 -> derecha) | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE CURTOSIS: K (k < 0.263 -> leptó; As = 0.263 -> meso; As > 0.263 -> plati) | | | | | | | |
| Intervalos de Clase | X_i | f_i | F_i | $f_i * X_i$ | $X_i - u$ | $(X_i - u)^2$ | $f_i * (X_i - u)^2$ |
| [213,40 213,56 > | 213,48 | 1 | 1 | 213,48 | -0,12 | 0,01 | 0,01 |
| [213,56 213,71 > | 213,63 | 1 | 2 | 213,63 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| [213,71 213,87 > | 213,79 | 1 | 3 | 213,79 | 0,19 | 0,04 | 0,04 |
| | 213,63 | 3 | | 640,90 | | 0,05 | 0,05 |

Fuente: Elaboración propia.

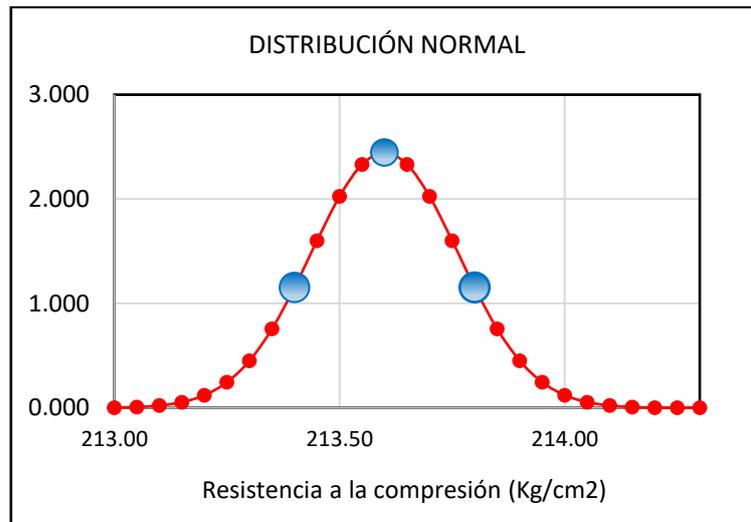


Figura 15. Distribución normal de concreto estándar + 9 % de sustitución de arcilla a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Prueba de hipótesis resistencia a la compresión.

En todos los casos hay dos poblaciones de interés; La primera de las muestras producidas en el hormigón estándar (μ_1) y la segunda muestra son las muestras de hormigón con la sustitución de ceniza en 4% y 8%, arcilla 7% y 9%, calculándose los valores medias y varianzas para los analizados al momento de la adición. tiene que incrementarse la resistencia a la compresión de la muestra, se supone que los valores medios son los mismos a medida que aumenta el valor medio. Para lo cual se considera primero la hipótesis alternativa unilateral.

Se siguieran seis pasos a continuación para las presentes pruebas de hipótesis:

Tabla 48. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 7 días.

| | | |
|---|--|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 4 % CTE | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de ceniza de tronco de eucalipto | CP | 4% CTE |
| Numero de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: \bar{u} | 155,93 | 166,98 |
| Varianza: (S^2) | 0,57 | 27,92 |
| 2. Hipótesis: | | |
| | u_1 : f'c promedio del grupo 1. u_2 : f'c promedio del grupo 2. | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $u_1 \geq u_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Si resistir La compresión (7 días) producida por el hormigón con un contenido de cenizas del 4% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $u_1 < u_2$. La resistencia a la compresión (7 días) desarrollada con 4% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión desarrollada con concreto estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | | |
| | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: | |
| | Entre ellos: Z_0 : estadísticas de prueba. u_1, u_2 : resistencia media de cada grupo σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -3,59 |
| 5. Decisión: | | |
| | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | | |
| | <u>Rechazado: H_0</u> | Decisión |
| | Dado que $Z_0 = -3.59$ es menor que -1.65 , rechazamos H_0 : $u_1 \geq u_2$ y aceptamos el nivel de significancia H_a : u_1 de $\alpha = 0.05$, y se concluye que: la resistencia a la compresión (7 días) desarrollado con 4% de ceniza es mayor que la resistencia desarrollada con el hormigón estándar. | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 14 días.

| | | |
|--|--|---|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 4 % CTE | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de ceniza de tronco de eucalipto | | |
| Numero de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: \bar{u} | 189,63 | 186,11 |
| Varianza: (S^2) | 3,51 | 1,17 |
| 2. Hipótesis: | | |
| u_1 : f'c promedio del grupo 1. u_2 : f'c promedio del grupo 2. | | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $u_1 \geq u_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Si resistir La compresión (14 días) producida por el hormigón con un contenido de cenizas del 4% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $u_1 < u_2$. La resistencia a la compresión (14 días) desarrollada con 4% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión desarrollada con concreto estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: | |
| | $Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ | Entre ellos: Z_0 : estadísticas de prueba. u_1, u_2 : resistencia media de cada grupo σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. |
| | Prueba Z: Z_0 | -2,82 |
| 5. Decisión: | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | <u>Rechazado: H_0</u> | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -2,82$ Menos de $< -1,65$, H_0 se rechaza: $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a : $u_1 < u_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (14 días) producida por un 4% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 28 días.

| | | |
|--|--|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 4 % CTE | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de ceniza de tronco de eucalipto | | |
| Numero de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: \bar{u} | 219,29 | 221,29 |
| Varianza: (S^2) | 1,79 | 76,51 |
| 2. Hipótesis: | | |
| | u_1 : fc promedio del grupo 1. u_2 : fc promedio del grupo 2. | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $u_1 \geq u_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Si resistir La compresión (28 días) producida por el hormigón con un contenido de cenizas del 4% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $u_1 < u_2$. La resistencia a la compresión (28 días) desarrollada con 4% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión desarrollada con concreto estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | | |
| | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: | |
| | Entre ellos: | |
| | Z_0 : estadísticas de prueba. | |
| | u_1, u_2 : resistencia media de cada grupo | |
| | σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo | |
| | n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -0,39 |
| 5. Decisión: | | |
| A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | | |
| 6. Interpretación: | | |
| | <u>Rechazado: H_0</u> | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -0,39$ Menos de $<1,65$, H_0 se rechaza: $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a : $u_1 < u_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (28 días) producida por un 4% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 7 días.

| | | |
|--|---|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 8 % CTE | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de ceniza de tronco de eucalipto | | |
| Numero de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: \bar{u} | 155,93 | 186,91 |
| Varianza: (S^2) | 0,57 | 12,68 |
| 2. Hipótesis: | | |
| u_1 : f'c promedio del grupo 1. u_2 : f'c promedio del grupo 2. | | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $u_1 \geq u_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Si resistir La compresión (7 días) producida por el hormigón con un contenido de cenizas del 8% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $u_1 < u_2$. La resistencia a la compresión (7 días) desarrollada con 8% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión desarrollada con concreto estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: Entre ellos: Z_0 : estadísticas de prueba. u_1, u_2 : resistencia media de cada grupo σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -14,74 |
| 5. Decisión: | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | <u>Rechazado: H_0</u> | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -14,74$ Menos de $< -1,65$, H_0 se rechaza: $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a : $u_1 < u_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (7 días) producida por un 8% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 14 días.

| | | |
|--|--|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 8 % CTE | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de ceniza de tronco de eucalipto | | |
| Numero de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: μ | 189,63 | 207,36 |
| Varianza: (S^2) | 3,51 | 1,48 |
| 2. Hipótesis: | | |
| | μ_1 : f'c promedio del grupo 1. μ_2 : f'c promedio del grupo 2. | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| | $H_0: \mu_1 \geq \mu_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Si resistir La compresión (14 días) producida por el hormigón con un contenido de cenizas del 8% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| | $H_a: \mu_1 < \mu_2$. La resistencia a la compresión (14 días) desarrollada con 8% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión desarrollada con concreto estándar | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | | |
| | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: | |
| | Entre ellos: | |
| | Z_0 : estadísticas de prueba. | |
| | μ_1, μ_2 : resistencia media de cada grupo | |
| | σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo | |
| | n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -13,74 |
| 5. Decisión: | | |
| | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | | |
| | <u>Rechazado: H_0</u> | Decisión |
| | Dado que $Z_0 = -13,74$ Menos de $< -1,65$, H_0 se rechaza: $\mu_1 \geq \mu_2$ y se acepta $H_a: \mu_1 < \mu_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (14 días) producida por un 8% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de ceniza de tronco de eucalipto a la edad de 28 días.

| | | |
|---|--|---|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 8 % CTE | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de ceniza de tronco de eucalipto | | |
| Numero de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: μ | 219,29 | 239,13 |
| Varianza: (S^2) | 1,79 | 2,04 |
| 2. Hipótesis: | | |
| μ_1 : f'c promedio del grupo 1. μ_2 : f'c promedio del grupo 2. | | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $\mu_1 \geq \mu_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Si resistir La compresión (28 días) producida por el hormigón con un contenido de cenizas del 8% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $\mu_1 < \mu_2$. La resistencia a la compresión (28 días) desarrollada con 8% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión desarrollada con concreto estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: | |
| | $Z_0 = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ | Entre ellos: Z_0 : estadísticas de prueba. μ_1, μ_2 : resistencia media de cada grupo σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. |
| | Prueba Z: Z_0 | -17,54 |
| 5. Decisión: | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | <u>Rechazado: H_0</u> | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -17,54$ Menos de $-1,65$, H_0 se rechaza: $\mu_1 \geq \mu_2$ y se acepta H_a : $\mu_1 < \mu_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (28 días) producida por el 8% de ceniza es mayor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de arcilla a la edad de 7 días.

| | | |
|---|---|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 7 % ARC | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de arcilla | | |
| Número de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: \bar{u} | 161,63 | 163,83 |
| Varianza: (S^2) | 0,02 | 0,04 |
| 2. Hipótesis: | | |
| u_1 : f'c promedio del grupo 1. u_2 : f'c promedio del grupo 2. | | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $u_1 \geq u_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Cuando la resistencia a la compresión (7 días) producida por el hormigón de arcilla al 7% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón principal. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $u_1 < u_2$ La resistencia a la compresión del hormigón con 7% de arcilla H_a : u_1 (7 días) es mayor que la resistencia a la compresión del hormigón estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: Entre ellos: Z_0 : estadísticas de prueba. u_1, u_2 : resistencia media de cada grupo σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -15,85 |
| 5. Decisión: | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | Rechazado: H_0 | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -15,85$ Menos de $< -1,65$, H_0 se rechaza: $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a : $u_1 < u_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (7 días) desarrollada con 7% de arcilla es mayor que la resistencia desarrollada con hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de arcilla a la edad de 14 días.

| | | |
|---|--|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 7 % ARC | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de arcilla | | |
| Número de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: μ | 190,40 | 200,57 |
| Varianza: (S^2) | 0,01 | 0,01 |
| 2. Hipótesis: | | |
| μ_1 : f_c promedio del grupo 1. μ_2 : f_c promedio del grupo 2. | | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $\mu_1 \geq \mu_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Cuando la resistencia a la compresión (14 días) producida por el hormigón de arcilla al 7% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón principal. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $\mu_1 < \mu_2$ La resistencia a la compresión del hormigón con 7% de arcilla H_a : μ_1 (14 días) es mayor que la resistencia a la compresión del hormigón estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: | |
| | Entre ellos: | |
| | Z_0 : estadísticas de prueba. | |
| | μ_1, μ_2 : resistencia media de cada grupo | |
| | σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo | |
| | n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -141,19 |
| 5. Decisión: | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | <u>Rechazado: H_0</u> | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -141,19$ Menos de $< -1,65$, H_0 se rechaza: $\mu_1 \geq \mu_2$ y se acepta H_a : $\mu_1 < \mu_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (14 días) desarrollada con 7% de arcilla es mayor que la resistencia desarrollada con hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de arcilla a la edad de 28 días.

| | | |
|--|---|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 7 % ARC | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de arcilla | | |
| Número de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: \bar{u} | 212,00 | 226,83 |
| Varianza: (S^2) | 0,03 | 0,15 |
| 2. Hipótesis: | | |
| u_1 : f'c promedio del grupo 1. u_2 : f'c promedio del grupo 2. | | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $u_1 \geq u_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Cuando la resistencia a la compresión (28 días) producida por el hormigón de arcilla al 7% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón principal. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $u_1 < u_2$ La resistencia a la compresión del hormigón con 7% de arcilla H_a : u_1 (28 días) es mayor que la resistencia a la compresión del hormigón estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: Entre ellos: Z_0 : estadísticas de prueba. u_1, u_2 : resistencia media de cada grupo σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -61,32 |
| 5. Decisión: | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | Rechazado: H_0 | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -61,32$ Menos de $< -1,65$, H_0 se rechaza: $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a : $u_1 < u_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (28 días) desarrollada con 7% de arcilla es mayor que la resistencia desarrollada con hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de arcilla a la edad de 7 días.

| | | |
|--|---|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 9 % ARC | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de arcilla | | |
| Número de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: μ | 161,63 | 162,10 |
| Varianza: (S^2) | 0,02 | 0,05 |
| 2. Hipótesis: | | |
| μ_1 : f'c promedio del grupo 1. μ_2 : f'c promedio del grupo 2. | | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $\mu_1 \geq \mu_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Cuando la resistencia a la compresión (7 días) producida por el hormigón de arcilla al 9% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón principal. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $\mu_1 < \mu_2$ La resistencia a la compresión del hormigón con 9% de arcilla H_a : μ_1 (7 días) es mayor que la resistencia a la compresión del hormigón estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: Entre ellos: Z_0 : estadísticas de prueba. μ_1, μ_2 : resistencia media de cada grupo σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -3,24 |
| 5. Decisión: | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | Rechazado: H_0 | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -3,24$ Menos de $-1,65$, H_0 se rechaza: $\mu_1 \geq \mu_2$ y se acepta H_a : $\mu_1 < \mu_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (7 días) desarrollada con 9% de arcilla es mayor que la resistencia a la compresión desarrollada con hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de arcilla a la edad de 14 días.

| | | |
|---|---|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 9 % ARC | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de arcilla | | |
| Numero de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: μ | 190,40 | 200,60 |
| Varianza: (S^2) | 0,01 | 0,01 |
| 2. Hipótesis: | | |
| μ_1 : f'c promedio del grupo 1. μ_2 : f'c promedio del grupo 2. | | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $\mu_1 \geq \mu_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Cuando la resistencia a la compresión (14 días) producida por el hormigón de arcilla al 9% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón principal. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $\mu_1 < \mu_2$ La resistencia a la compresión del hormigón con 9% de arcilla H_a : μ_1 (14 días) es mayor que la resistencia a la compresión del hormigón estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: Entre ellos: Z_0 : estadísticas de prueba. μ_1, μ_2 : resistencia media de cada grupo σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -153,00 |
| 5. Decisión: | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | Rechazado: H_0 | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -153,00$ Menos de $< -1,65$, H_0 se rechaza: $\mu_1 \geq \mu_2$ y se acepta H_a : $\mu_1 < \mu_2$, el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, y se extraen las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión (14 días) desarrollada con 9% de arcilla es mayor que la resistencia a la compresión desarrollada con hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59. Resultado del supuesto H_0 con Z_0 para hormigón con y sin la adición de arcilla a la edad de 28 días.

| | | |
|--|--|---------------------------------|
| Espécimen principal (1): | CP | |
| Muestra comparada (2): | 9 % ARC | |
| 1. Parámetro de interés: | | |
| % de arcilla | | |
| Número de muestras N° | 3 | 3 |
| Media: μ | 212,00 | 213,60 |
| Varianza: (S^2) | 0,03 | 0,03 |
| 2. Hipótesis: | | |
| μ_1 : f'c promedio del grupo 1. μ_2 : f'c promedio del grupo 2. | | |
| a. Hipótesis nula: | | |
| H_0 : $\mu_1 \geq \mu_2$ Si $Z_0 < -Z$, rechaza la hipótesis nula. Cuando la resistencia a la compresión (28 días) producida por el hormigón de arcilla al 9% es menor que la resistencia a la compresión producida por el hormigón principal. | | |
| b. Hipótesis alternativa: | | |
| H_a : $\mu_1 < \mu_2$ La resistencia a la compresión del hormigón con 9% de arcilla H_a : μ_1 (28 días) es mayor que la resistencia a la compresión del hormigón estándar | | |
| 3. Importancia: $\alpha = 0.05$ $z = 1.65$ | | |
| | Nivel confianza | Valor criterio Z |
| | 80% | 1,28 |
| | 90% | 1,65 |
| | 95% | 1,96 |
| 4. Tabla de prueba: | Las estadísticas de investigación utilizadas en la prueba de hipótesis de ambas poblaciones con media y varianza conocidas se expresan como: | |
| | Entre ellos: | |
| | Z_0 : estadísticas de prueba. | |
| | μ_1, μ_2 : resistencia media de cada grupo | |
| | σ_1, σ_2 : desviación estándar de cada grupo | |
| | n_1, n_2 : número de muestras en cada grupo. | |
| | Prueba Z: Z_0 | -12,00 |
| 5. Decisión: | A partir del punto 3, distribución normal, hay un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confiabilidad del 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Rechazar H_0 si: $Z_0 < -1.65$ | |
| 6. Interpretación: | <u>Rechazado: H_0</u> | Decisión |
| Dado que $Z_0 = -12.00$ es menor que -1.65 , rechazamos H_0 : $\mu_1 \geq \mu_2$ y aceptamos el nivel de significancia H_a : μ_1 de $\alpha = 0.05$, y se concluye que: La resistencia a la compresión (28 días) desarrollado con arcilla al 9% es mayor que la resistencia desarrollada con hormigón estándar. | | |

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3. Coeficiente de Pearson.

El factor de relación de Pearson se adapta a la naturaleza de la información cuantitativa para capturar y calcular variables entre empresas. El título del factor de similitud está dentro de ± 1 y se explica a continuación:

- a) La relación de equivalencia de $r = + 1$ representa la correlación positiva ideal o la correlación directa. Si el valor de la variable independiente aumenta o disminuye, el valor de la variable dependiente aumenta o disminuye (pendiente positiva).
- b) Cuando el valor de la variable independiente aumenta o disminuye (pendiente negativa), si el valor de la variable dependiente disminuye o aumenta, la relación equivalente de $r = -1$ indica la similitud inversa o la relación completamente negativa.
- c) $r = 0$ significa que no hay absolutamente ninguna correlación, es decir, dos variables no están relacionadas o no están relacionadas.

El coeficiente de correlación se define por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2] \cdot [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}}$$

La siguiente expresión se puede utilizar para explicar el rango del coeficiente de correlación

- $r = 0,2$ a $0,3$ coeficiente de correlación muy bajo.
- $r = 0,4$ a $0,5$ coeficiente de correlación bajo.
- $r = 0,6$ a $0,7$ alto coeficiente de correlación.
- $r = 0,8$ a $1,0$ Coeficiente de correlación muy alto.

3.6.4. Coeficiente de determinación.

El coeficiente de determinación R^2 es el valor cuadrado del coeficiente r de Pearson, que representa la relación entre la varianza explicada por la variable y la varianza total. Esto también se llama certeza porque se considera una medida del grado en que una variable afecta a otra variable. El coeficiente de determinación mide la proporción de cambios explicados y definidos por las variables independientes en un modelo de regresión por:

$$R^2 = r^2$$

Tabla 60. Coeficiente de correlación y determinación de hormigón estándar y hormigón con una cantidad de sustitución de cenizas del 4%

| Resistencia del concreto (kg/cm ²) | | | | | |
|--|-------------|---------|----------------|----------------|-----------|
| N° de ensayos | X 4% CTE | Y CP | X ² | X ² | XY |
| 1 | 159,54 | 155,56 | 25453,01 | 24199,40 | 24818,29 |
| 2 | 170,10 | 156,98 | 28934,01 | 24641,56 | 26701,67 |
| 3 | 171,30 | 155,24 | 29343,69 | 24100,90 | 26593,41 |
| 4 | 184,67 | 192,23 | 34103,01 | 36952,71 | 35499,28 |
| 5 | 186,39 | 188,80 | 34741,23 | 35645,34 | 35190,38 |
| 6 | 187,28 | 187,87 | 35073,80 | 35296,48 | 35184,96 |
| 7 | 212,46 | 220,29 | 45139,25 | 48529,04 | 46803,47 |
| 8 | 218,21 | 217,40 | 47615,60 | 47262,89 | 47438,92 |
| 9 | 233,21 | 220,19 | 54386,90 | 48481,68 | 51349,47 |
| n= | 9 | | | | |
| Σ = | 1723,16 | 1694,57 | 334790,51 | 325110,00 | 329579,85 |
| Promedio | 191,46 | 188,29 | | | |
| σ = | 24,67 | 27,50 | | | |
| r = | 0,94599725 | | | | |
| R² = | 0,8949108 | | | | |

El valor (r) indica que existe una alta correlación positiva, es decir, existe una correlación directa entre las variables estándar de resistencia del hormigón y las variables. de resistencia del hormigón con 4% de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto.

A partir del valor R 2 se puede explicar que el 89,94% del cambio de resistencia del hormigón estándar se explica por la variable hormigón, que se suma con 4% de ceniza de tronco de eucalipto, mientras que el 10,16% se explica por otros factores ajenos al modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61. Coeficiente de correlación y determinación de hormigón estándar y hormigón con 8% de sustitución de cenizas.

| Resistencia del concreto (kg/cm ²) | | | | | |
|--|-------------|---------|----------------|----------------|-----------|
| N° de ensayos | X 4% CTE | Y CP | X ² | X ² | XY |
| 1 | 182,91 | 155,56 | 33454,95 | 24199,40 | 28453,29 |
| 2 | 186,27 | 156,98 | 34695,99 | 24641,56 | 29239,75 |
| 3 | 191,56 | 155,24 | 36694,88 | 24100,90 | 29738,52 |
| 4 | 205,89 | 192,23 | 42389,54 | 36952,71 | 39577,88 |
| 5 | 207,33 | 188,80 | 42987,55 | 35645,34 | 39144,68 |
| 6 | 208,87 | 187,87 | 43625,79 | 35296,48 | 39240,75 |
| 7 | 237,79 | 220,29 | 56545,33 | 48529,04 | 52384,07 |
| 8 | 238,48 | 217,40 | 56872,37 | 47262,89 | 51845,47 |
| 9 | 241,11 | 220,19 | 58132,74 | 48481,68 | 53088,35 |
| n= | 9 | | | | |
| Σ= | 1900,20 | 1694,57 | 405399,15 | 325110,00 | 362712,76 |
| Promedio | 211,13 | 188,29 | | | |
| σ= | 22,92 | 27,50 | | | |
| r= | 0,97843808 | | | | |
| R2= | 0,95734108 | | | | |

El valor (r) indica que existe una alta correlación positiva, es decir, existe una correlación directa entre la variable resistencia del hormigón estándar y la variable resistencia del concreto con 8 % de sustitución de ceniza de tronco de eucalipto.

A partir del valor R 2 se puede explicar que el 95,73 % del cambio de resistencia del hormigón estándar se explica por la variable hormigón, que se suma con 8 % de ceniza de tronco de eucalipto, mientras que el 4,27 % se explica por otros factores ajenos al modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62. Coeficiente de correlación y determinación de hormigón estándar y hormigón con sustitución de arcilla en 7%.

| Resistencia del concreto (kg/cm²) | | | | | |
|---|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-----------|
| N° de ensayos | X 4% CTE | Y CP | X² | X² | XY |
| 1 | 163,80 | 161,60 | 26830,44 | 26114,56 | 26470,08 |
| 2 | 164,10 | 161,80 | 26928,81 | 26179,24 | 26551,38 |
| 3 | 163,60 | 161,50 | 26764,96 | 26082,25 | 26421,40 |
| 4 | 200,70 | 190,40 | 40280,49 | 36252,16 | 38213,28 |
| 5 | 200,50 | 190,30 | 40200,25 | 36214,09 | 38155,15 |
| 6 | 200,50 | 190,50 | 40200,25 | 36290,25 | 38195,25 |
| 7 | 227,20 | 212,00 | 51619,84 | 44944,00 | 48166,40 |
| 8 | 226,30 | 212,20 | 51211,69 | 45028,84 | 48020,86 |
| 9 | 227,00 | 211,80 | 51529,00 | 44859,24 | 48078,60 |
| n= | 9 | | | | |
| Σ= | 1773,70 | 1692,10 | 355565,73 | 321964,63 | 338272,40 |
| Promedio | 197,08 | 188,01 | | | |
| σ= | 27,41 | 21,88 | | | |
| r= | 0,999824442 | | | | |
| R²= | 0,999648914 | | | | |

El valor (r) indica que existe una alta correlación positiva, es decir, existe una correlación directa entre la variable resistencia del hormigón estándar y la variable resistencia del concreto con 7 % de sustitución de arcilla.

A partir del valor R² se puede explicar que el 99,96 % del cambio de resistencia del hormigón estándar se explica por la variable hormigón, que se suma con 7 % de arcilla, mientras que el 0,04 % se explica por otros factores ajenos al modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63. Coeficiente de correlación y determinación de hormigón estándar y hormigón con sustitución de arcilla en 9%

| Resistencia del concreto (kg/cm²) | | | | | |
|---|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-----------|
| N° de ensayos | X 4% CTE | Y CP | X² | X² | XY |
| 1 | 161,90 | 161,60 | 26211,61 | 26114,56 | 26163,04 |
| 2 | 162,40 | 161,80 | 26373,76 | 26179,24 | 26276,32 |
| 3 | 162,00 | 161,50 | 26244,00 | 26082,25 | 26163,00 |
| 4 | 200,70 | 190,40 | 40280,49 | 36252,16 | 38213,28 |
| 5 | 200,50 | 190,30 | 40200,25 | 36214,09 | 38155,15 |
| 6 | 200,60 | 190,50 | 40240,36 | 36290,25 | 38214,30 |
| 7 | 213,80 | 212,00 | 45710,44 | 44944,00 | 45325,60 |
| 8 | 213,40 | 212,20 | 45539,56 | 45028,84 | 45283,48 |
| 9 | 213,60 | 211,80 | 45624,96 | 44859,24 | 45240,48 |
| n= | 9 | | | | |
| Σ= | 1728,90 | 1692,10 | 336425,43 | 321964,63 | 329034,65 |
| Promedio | 192,10 | 188,01 | | | |
| σ= | 23,19 | 21,88 | | | |
| r= | 0,980723775 | | | | |
| R²= | 0,961819122 | | | | |

El valor (r) indica que existe una alta correlación positiva, es decir, existe una correlación directa entre la variable resistencia del hormigón estándar y la variable resistencia del concreto con 9 % de sustitución de arcilla.

A partir del valor R² se puede explicar que el 96,18 % del cambio de resistencia del hormigón estándar se explica por la variable hormigón, que se suma con 9 % de arcilla, mientras que el 3,82 % se explica por otros factores ajenos al modelo.

Fuente: Elaboración propia.

IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La prueba de compresión axial del núcleo de hormigón se llevó a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad de San Pedro, mediante esta prueba se pudo obtener diferentes resistencias a la compresión, que dependen de la cantidad de ceniza y arcilla que reemplazo. El análisis y discusión esta caracterizado según los objetivos específicos de este proyecto.

Resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, sustituyendo 4% y 8% de ceniza de tronco de eucalipto. Considerando que el concreto debe tener una resistencia de diseño determinada de acuerdo con el propósito a utilizar, el resultado a utilizar entre el 4% y 8% de ceniza de tronco de eucalipto debe de ser el más óptimo. De acuerdo a los resultados mencionados en el tercer apartado, se puede inferir que es factible reemplazar el cemento por ceniza de tronco de eucalipto, los porcentajes son 4% y 8%. A los 7 días la sustitución de 8% presenta mejores propiedades mecánicas del concreto tal como se puede apreciar en el grafico N° 26 que indica que el 4% tiene como resistencia a la compresión $166,98 \text{ kg/cm}^2$ y el 8% tiene 187 kg/cm^2 , lo cual se analiza que el 8% tiene como 9,49% más de resistencia que el 4% de sustitución. Así mismo también a los 14 días indica que el 4% tiene como resistencia a la compresión $186,11 \text{ kg/cm}^2$ y el 8% tiene 207 kg/cm^2 , lo cual se analiza que el 8% tiene como 10,12% más de resistencia que el 4% de sustitución y por último la resistencia a los 28 días indica que el 4% tiene como resistencia a la compresión $221,29 \text{ kg/cm}^2$ y el 8% tiene 239 kg/cm^2 , lo cual se analiza que el 8% tiene como 9,49% más de resistencia que el 4% de sustitución de ceniza. Ver anexo N° 25

La arcilla de la zona de Acopampa de la ciudad de Carhuaz, los porcentajes utilizados son de 7 % y 9 % para sustitución del concreto. Las propiedades mecánicas del concreto a los 7 días la sustitución de 7% presenta mejores propiedades mecánicas del concreto tal como se puede apreciar en el grafico N° 27 que indica que el 7 % tiene como resistencia a la compresión $163,83 \text{ kg/cm}^2$ y el 9% tiene $162,10 \text{ kg/cm}^2$,

lo cual se analiza que el 7% tiene como 0,83% más de resistencia que el 9% de sustitución. Así mismo a los 14 días indica que el 7% tiene como resistencia a la compresión 200,57 kg/cm² y el 9% tiene 206 kg/cm², lo cual se analiza que el 7% y 9% tiene la misma resistencia y por último a los 28 días indica que el 7% tiene como resistencia a la compresión 226,83 kg/cm² y el 9% tiene 213,6 kg/cm², lo cual se analiza que el 7% tiene como 6,30% más de resistencia que el 9% de sustitución de ceniza. Ver anexo N° 26.

La resistencia a la compresión del hormigón con $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ reemplazó el 4% y el 8% de la ceniza seca de eucalipto, y se comparó con el hormigón estándar de diseño. En el análisis de los resultados del valor de cenizas del hormigón estándar, estos reflejan la posibilidad de utilizar sustitución, como se muestra en la figura 28. Al séptimo día, el 8% de reemplazo tiene una resistencia a la compresión de 187 kg / cm² y el hormigón estándar es de 155,93 kg / cm². Según el análisis, la resistencia del 8% es aproximadamente un 14,75% más alta que la del hormigón estándar. asimismo, al día 14 mostró que la resistencia a la compresión del 8% fue de 207 kg / cm² y el concreto estándar fue de 189,63 kg / cm², según análisis la resistencia del 8% fue superior al 8,84%. Para el hormigón estándar, la resistencia de los últimos 28 días muestra que la resistencia a la compresión del 8% es de 239 kg / cm² y la resistencia a la compresión del hormigón estándar es de 219,29 kg / cm². Según el análisis, la resistencia a la compresión del 8% es de 9,44 en comparación con las cenizas en lugar del hormigón estándar. alto%. Ver anexo N ° 27.

Resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, sustituyendo 7% y 9% de arcilla, analizado y comparado con el concreto patrón de diseño. Los resultados de los valores de la arcilla vs el concreto patrón reflejan la posibilidad de emplear la sustitución como se puede apreciar en el grafico N° 29. A los 7 días la sustitución de 7% tiene como resistencia a la compresión 163,83 kg/cm² y el concreto patrón tiene 161,63 kg/cm², lo cual se analiza que el 7% tiene como 1,05% más de resistencia que concreto patrón. Así mismo también a los 14 días indica que el 7% tiene como resistencia a la compresión 200,57 kg/cm² y el concreto patrón

tiene $190,4 \text{ kg/cm}^2$, lo cual se analiza que el 7% tiene como 4,84 % más de resistencia que el concreto patrón y por último la resistencia a los 28 días indica que el 7 % tiene como resistencia a la compresión $226,68 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto patrón tiene 212 kg/cm^2 , lo cual se analiza que el 7% tiene como 7,06 % más de resistencia que el concreto patrón con sustitución de arcilla. Ver anexo N° 28.

Resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, al agregar cenizas de tronco de eucalipto y arcilla. Para este análisis no se puede determinar un buen resultado por que los tipos de canteras para pulverizado de ceniza, arcilla, agregados finos y gruesos, cementos y diseño de mezcla tiene otras propiedades físicas y químicas. Pero teniendo los gráficos a escalas de resistencia y días se puede hacer una comparación grafica. Como se puede apreciar en el anexo N° 29 la combinación optima con respecto a la ceniza de tronco de eucalipto, arcilla y concreto patrón adquiridas a las tres edades de curado (7, 14 y 28 días), es el grupo de arcilla a en 8 % de sustitución.

Analice la resistencia a la compresión. Por otro lado, en la distribución normal, el nivel de significancia es 0.05 y el nivel de confiabilidad es 90%, lo que corresponde a un valor de $Z = 1.65$. Si $Z_0 < 1,65$, rechace H_0 . Para el hormigón reemplazado por 8% de ceniza de eucalipto, su $Z = -17,54$, que es menor que $Z_0 < -1,65$, y se decide desarrollar la resistencia a la compresión (28 días) con 8% de ceniza, que es mayor que la resistencia producida por el hormigón estándar. $r = 0.9784$ indica que tiene una alta correlación positiva, es decir, existe una correlación directa entre la variable de resistencia del concreto estándar y la variable de resistencia del concreto reemplazado con 8% de ceniza de eucalipto. De R^2 se puede explicar cómo, El 95,73% del cambio de resistencia se explica por la variable hormigón con 8% de ceniza de tronco de eucalipto, mientras que el 4,27% se explica por otros factores ajenos al hormigón. modelo.

V CONCLUSIONES

- Como ha demostrado esta investigación, teniendo en cuenta que el concreto debe tener una resistencia de diseño determinada según el propósito a utilizar, nuestro resultado más óptimo para utilizar es el 8% de ceniza de tronco de eucalipto.
- Teniendo en cuenta que el concreto debe tener una resistencia de diseño determinada según el propósito a utilizar, nuestro resultado más óptimo para utilizar es el 7% de sustitución de arcilla.
- De las muestras experimentales, la sustitución con 4% y 8% de ceniza de tronco de eucalipto según su analizar y comparación, logro supero al concreto estándar o patrón en un orden de 1,75% el (4%) y 9,37% el (8%).
- De las muestras experimentales, la sustitución con 7% y 9% de acilla según su analizar y comparación, logro supero al concreto estándar o patrón en un orden de 8,93% el (7%) y 1,24% el (9%).
- De las combinaciones de sustitución de arcilla y ceniza se pudo evaluar que las resistencias a la compresión los 28 dias son las a óptimas, por lo cual se tiene que el concreto con 4% de ceniza tiene un valor de 105.38% y el 8% tiene 113.87%, para la sustitución con la arcilla el 7% tiene como valor 108.02% y 9% de arcilla tiene 101.71%. El control a los 7 y 14 dias es para evaluar los dias de desencofrado en obra.

VI RECOMENDACIONES

- Continuar estudiando el material de ceniza de tronco de eucalipto, en su temperatura de calcinación y tamaño de grano de cristal.
- Seguir estudiando las canteras de arcillas no solo en la región sino también a nivel nacional con respecto a la fluorescencia de rayos X.
- Se puede seguir aumentando la sustitución de ceniza de tronco de eucalipto mayores al 8%
- Hacer otros estudios con arcillas blancas en mayos porcentajes al 9%.
- Dar uso al (ph) del cemento, ceniza de tronco de eucalipto y la arcilla en próximas tesis para la elaboración del concreto patrón y concretos sustituidos.
- Se recomienda que los futuros estudiantes de tesis realicen investigaciones para determinar el porcentaje máximo de reemplazar al cemento para obtener concreto con resistencia altas en menos días de curado, debido a que los estudios actuales y La cifra anterior aún no ha determinado el porcentaje, que se determina que hará una contribución significativa a la industria de la construcción al reducir el costo de fabricación del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-san-pablo/mecanica/otros/356721507-306087568-tecnologia-del-concreto-flavio-abanto-pdf/4282817/view>
- Acuña, J. (2018). Resistencia a la compresión de un concreto sustituido el cemento en 5% por arcilla del distrito de macate. (*Tesis para obtener el título*). Universidad San Pedro, CHIMBOTE.
- Alvarez , A. (30 de Enero de 2013). *Repositorio ninive*. Obtenido de <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2012/Anibal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castañón, A., García, S., Guerrero, A., & Gómez, F. (12 de Enero de 2012). <https://www.redalyc.org/>. (Universidad Nacional de Colombia) Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49623206006>
- Cherre , D., & Sandoval , I. (12 de Agosto de 2019). *Repositorio Dspace*. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2201/CIV-CHE-SEM-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz , E. (15 de Enero de 2019). *repositorio ulvr*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3273/1/T-ULVR-2874.pdf>
- Farfán , M., Pinedo , D., Araujo , J., & Orbegoso , J. (9 de Setiembre de 2018). <https://www.redalyc.org/>. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=570362486002>
- Gutierrez, S. (30 de Enero de 2016). *Repositorio umsa*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6762/T-2226.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Morejón, L. (2015). *oa.upm*. Obtenido de http://oa.upm.es/38407/1/Tesis_master_Lurdes_Morejon_Salup.pdf

- Pajuelo, L. (2018). Resistencia del concreto con cemento sustituido por la combinación de cal (en 0%, 10% y 12%) y arcilla (en 0%,7% y 9%). (*Tesis para obtener el título*). Universidad San Pedro, CHIMBOTE.
- Pasquel, E. (1993). *Temas de tecnología del concreto en el Perú*. Lima. Obtenido de https://es.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru
- Pérez, Y. (2017). Resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo al cemento en 4% y 8% por la ceniza de tronco de Eucalipto (*Eucalyptus Globulus*). (*Tesis para optar el título*). Universidad San Pedro, Chimbote.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecer a Dios por haberme guiado en este camino tan largo y difícil, pero al mismo tiempo satisfactorio de mi carrera universitaria.

También me gustaría agradecer a mi Madre y Tía por apoyarme siempre en esta etapa de mi vida y por ofrecerme su comprensión y cariño.

También agradecer a mi Hermano, Tíos y mi familia, quienes siempre me han apoyado para lograr este objetivo en mi vida.

ANEXOS

Anexo N° 01. Conceptuación y operacionalización de las variables.

A: Variable I Conceptuación y operacionalización de variables independientes

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores |
|--|---|---|--------------------|---|
| Variable independiente (X) Ceniza de tronco de eucalipto | Este quemando este residuo (como el residuo del tronco del eucalipto) lo que se convierte en cenizas a altas temperaturas, con un contenido de caolinita y sanidina | Este es el esfuerzo máximo que una muestra de hormigón puede soportar bajo una carga de 210 kg.; y que considere los siguientes aspectos con adición de ceniza de troncos de eucalipto. | Adición en 4% masa | Masa de ceniza/total de mezcla <hr/> Volumen de mezcla |
| | | | Adición en 8% masa | Masa de ceniza/total de mezcla <hr/> Volumen de mezcla |
| Variable dependiente (Y) Resistencia a la compresión del concreto | Es hormigón estándar en condiciones normales y su $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ | Este es el esfuerzo máximo que una muestra de concreto puede soportar bajo una carga de 210 kg. | Adición en 0% masa | Volumen de mezcla |

B: Variable II Conceptuación y operacionalización de las variables dependientes.

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores |
|--|--|---|--------------------|--------------------------------|
| Variable independiente (X) | Es un suelo o roca sedimentaria compuesta por agregado de silicato de aluminio hidratado | Este es el esfuerzo máximo que puede soportar una muestra de hormigón bajo una carga de 210 kg. Y que considere los siguientes aspectos con adición de arcilla. | Adición en 7% masa | Masa de ceniza/total de mezcla |
| Arcilla | | | Adición en 9% masa | Masa de ceniza/total de mezcla |
| Variable dependiente (Y) | Es hormigón estándar en condiciones normales y su $f'c = 210$ kg / cm ² | Es una mezcla aglomerada con agua, cemento Portland IP y agregado convencional. | Adición en 0% masa | Volumen de mezcla |
| Resistencia a la compresión del concreto | | | | |

Anexo N° 02. Análisis granulométrico arena con respecto a la ceniza.



ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

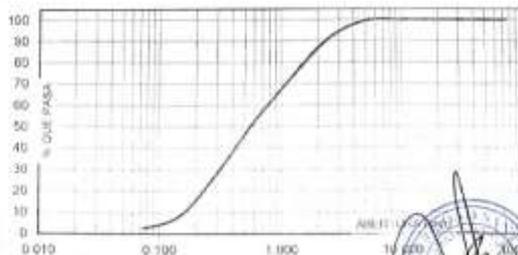
viernes, 11 de Setiembre de 2020

| | |
|-------------------------|---------|
| PESO SECO INICIAL | 1080 |
| PESO SECO LAVADO | 1051.00 |
| PESO PERDIDO POR LAVADO | 29.00 |

| TAMIZ | ABERT. (mm.) | PESO RETEN. (g?) | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|--------|--------------|------------------|--------------------|----------------------|------------|
| No | | | | | |
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N° 4 | 4.750 | 7.10 | 0.66 | 0.66 | 99.34 |
| N° 8 | 2.360 | 97.10 | 8.99 | 9.65 | 90.35 |
| N° 16 | 1.180 | 190.50 | 18.38 | 28.03 | 71.97 |
| N° 30 | 0.600 | 214.10 | 19.82 | 47.85 | 52.15 |
| N° 60 | 0.300 | 250.00 | 23.76 | 71.61 | 28.39 |
| N° 100 | 0.150 | 274.00 | 19.91 | 91.43 | 8.57 |
| N° 200 | 0.075 | 63.00 | 5.89 | 97.31 | 2.69 |
| PLATO | | 29.00 | 2.69 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 1080.00 | 100.00 | | |

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL N° 4
 MÓDULO DE FINEZA 2.49
 HUMEDAD 0.75%

CURVA GRANULOMETRICA



Ing. José Antonio Sánchez Montoya
 CIP 10781
 JEFE

Anexo N° 03. Análisis granulométrico grava con respecto a la ceniza.



ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TEMA: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

| | |
|-------------------------|---------|
| PESO SECO INICIAL | 1005.5 |
| PESO SECO LAVADO | 1005.50 |
| PESO PERDIDO POR LAVADO | 0.00 |

| TAMZ No | ABIERT (mm) | PESO RETEN (gr) | % RETENIDO | | % QUE PASA |
|------------|-------------|-----------------|------------|-----------|------------|
| | | | PARCIAL | ACUMULADO | |
| 3" | 75.000 | | | | |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | |
| 2" | 50.000 | | | | |
| 1 1/2" | 36.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 280.00 | 28.42 | 28.42 | 71.58 |
| 3/4" | 19.000 | 491.50 | 49.50 | 73.33 | 26.67 |
| 1/2" | 12.500 | 240.60 | 23.93 | 97.26 | 2.74 |
| 3/8" | 9.500 | 5.40 | 0.54 | 97.79 | 2.21 |
| N° 4 | 4.750 | 22.20 | 2.21 | 100.00 | 0.00 |
| N° 6 | 2.500 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N° 10 | 1.180 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N° 30 | 0.600 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N° 50 | 0.300 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N° 100 | 0.150 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N° 200 | 0.075 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| PLATO | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 1005.50 | 100.00 | | |

TAMANO MAXIMO NOMINAL 1"
HUMEDAD 0.51%



Ing. Joscet E. Rosado Morales
CIP. 20764

Anexo N° 04. Contenido de humedad agregado fino y grueso con respecto a la ceniza.



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

| LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | | |
|---|-----|--------|--------|------|
| DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE: | | | | |
| Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto. | | | | |
| TESIS: *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento* | | | | |
| FECHA DE CERTIFICACION: viernes, 11 de Setiembre de 2020 | | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | |
| CALICATA : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO - CANTERA RUBEN | | | | |
| MUESTRA : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO - CANTERA RUBEN | | | | |
| PROF. (m) : | | | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | |
| N° TARRO | | 1 | 2 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 1029.1 | 1027.7 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 1025.0 | 1023.4 | |
| PESO DE AGUA | (g) | 4.10 | 4.30 | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 204.20 | 201.0 | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 820.80 | 822.4 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (%) | 0.50 | 0.5 | |
| HUMEDAD PROMEDIO | (%) | | | 0.51 |
| AGREGADO FINO | | | | |
| N° TARRO | | 1 | 2 | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 982.8 | 984.6 | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 979.7 | 976.2 | |
| PESO DE AGUA | (g) | 3.10 | 5.40 | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 207.70 | 208.1 | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 769.90 | 771.1 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (%) | 0.79 | 0.7 | |
| HUMEDAD PROMEDIO | (%) | | | 0.75 |

Anexo N° 05. Peso específico y absorción del agregado fino con respecto a la ceniza.



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

- A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
- B : Peso de frasco+ agua
- C = A + B : Peso frasco + agua +material
- D : Peso de material+agua en el frasco
- E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacío
- F : Peso Material seco en horno
- G= E- (A - F) : Volumen de masa

| | | |
|-------|-------|--|
| 300.0 | 300.0 | |
| 668.0 | 668.0 | |
| 968.0 | 968.0 | |
| 857.9 | 857.9 | |
| 110.1 | 110.1 | |
| 297.0 | 297.0 | |
| 107.1 | 107.1 | |
| 1.01 | 1.01 | |
| 1.01 | | |

ABSORCION (%) : $((A-F)/F) \times 100$
 ABS. PROM. (%) :

- P.e. Bulk (Base Seca) = F/E
- P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E
- P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

| PROMEDIO | | |
|----------|------|--|
| 2.70 | 2.70 | |
| 2.72 | 2.72 | |
| 2.77 | 2.77 | |

PROMEDIO

- P.e. Bulk (Base Seca)
- P.e. Bulk (Base Saturada)
- P.e. Aparente (Base Seca)

| |
|-------|
| 2.698 |
| 2.725 |
| 2.773 |

Ing. José Enrique Soto Martínez
 C.I. 70161

Anexo N° 06. Peso específico y absorción del agregado grueso con respecto a la ceniza.



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS : "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

| | | | | |
|-----------------|--|--------|--------|--|
| A | : Peso de material saturado superficialmente seco (aire) | 1040.8 | 1036.3 | |
| B | : Peso de material saturado superficialmente seco (agua) | 670.5 | 667.5 | |
| C = A - B | : Volumen de masa + volumen de vacios | 370.3 | 368.8 | |
| D | : Peso de material seco en el horno | 1033.7 | 1026.3 | |
| E = C - (A - D) | : Volumen de masa | 361.2 | 358.0 | |
| ABSORCION (%) | : $((A-D)/D) \times 100$ | 0.69 | 0.97 | |
| ABS. PROM. (%) | | 0.83 | | |

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

| PROMEDIO | |
|----------|------|
| 2.79 | 2.78 |
| 2.81 | 2.81 |
| 2.85 | 2.86 |

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

| |
|-------|
| 2.787 |
| 2.810 |
| 2.853 |

Ing. José L. ...

Anexo N° 07. Peso unitario del agregado fino con respecto a la ceniza.



PESOS UNITARIOS AGREGADO FINO

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto,
 TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

PESO UNITARIO SUELTO

| Ensayo N° | 0 1 | 0 2 | 0 3 |
|-------------------------|------------------------|------|------|
| Peso de molde + muestra | 7950 | 7950 | 7900 |
| Peso de molde | 3320 | 3320 | 3320 |
| Peso de muestra | 4630 | 4630 | 4580 |
| Volumen de molde | 2788 | 2788 | 2788 |
| Peso unitario | 1661 | 1661 | 1643 |
| Peso unitario prom. | 1655 Kg/m ³ | | |
| Corregido | 1645 | | |

PESO UNITARIO COMPACTADO

| Ensayo N° | 0 1 | 0 2 | 0 3 |
|-------------------------|------------------------|------|------|
| Peso de molde + muestra | 8350 | 8300 | 8320 |
| Peso de molde | 3320 | 3320 | 3320 |
| Peso de muestra | 5030 | 4980 | 5000 |
| Volumen de molde | 2788 | 2788 | 2788 |
| Peso unitario | 1804 | 1786 | 1793 |
| Peso unitario prom. | 1795 Kg/m ³ | | |
| Corregido | 1784 | | |

Anexo N° 08. Peso unitario del agregado grueso con respecto a la ceniza.



PESOS UNITARIOS AGREGADO GRUESO

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS : "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

PESO UNITARIO SUELTO

| Ensayo N° | 0 1 | 0 2 | 0 3 |
|-------------------------|------------------------|-------|-------|
| Peso de molde + muestra | 17900 | 19900 | 17800 |
| Peso de molde | 5105 | 5105 | 5105 |
| Peso de muestra | 12795 | 14795 | 12695 |
| Volumen de molde | 9360 | 9360 | 9360 |
| Peso unitario | 1367 | 1581 | 1356 |
| Peso unitario prom. | 1435 Kg/m ³ | | |
| Corregido | 1427 | | |

PESO UNITARIO COMPACTADO

| Ensayo N° | 0 1 | 0 2 | 0 3 |
|-------------------------|------------------------|-------|-------|
| Peso de molde + muestra | 19150 | 19500 | 19100 |
| Peso de molde | 5105 | 5105 | 5105 |
| Peso de muestra | 14045 | 14395 | 13995 |
| Volumen de molde | 9360 | 9360 | 9360 |
| Peso unitario | 1501 | 1538 | 1495 |
| Peso unitario prom. | 1511 Kg/m ³ | | |
| Corregido | 1504 | | |

Ing. Josue Espinoza Sotelo Morales
DIRECTOR GENERAL
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

Anexo N° 09. Diseño de mezcla con respecto a la ceniza.



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : Bach. Carlos Alberto Sánchez Díaz
TESIS : Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento.

LUGAR : Huaraz - Ancash
FECHA : 11/09/2020

ESPECIFICACIONES
 - La selección de las proporciones se hará empleando el método de ACI
 - La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento:

| | |
|------------------------|------|
| -Tipo I " Pacasmayo" | |
| -Peso Especifico | 3.12 |

B.- Agua:

-Potable de la Zona

C.- Agregado Fino **CANTERA: VESIQUE**

| | | |
|---------------------------|------|--------------------|
| -Peso Especifico de Masa | 2.70 | tn/m ³ |
| -Peso Unitario Suelto | 1652 | kg/cm ³ |
| -Peso Unitario Compactado | 1801 | kg/cm ³ |
| -Contenido de Humedad | 0.75 | % |
| -Absorción | 1.01 | % |
| -Modulo de Fineza | 2.49 | |

D.- Agregado Grueso **CANTERA: RUBEN**

| | | |
|---------------------------|----------------|--------------------|
| -Piedra | Perfil Angular | |
| -Tamaño Maximo Nominal | 1" | |
| -Peso Especifico de Masa | 2.80 | tn/m ³ |
| -Peso Unitario Suelto | 1427 | kg/cm ³ |
| -Peso Unitario Compactado | 1504 | kg/cm ³ |
| -Contenido de Humedad | 0.51 | % |
| -Absorción | 0.60 | % |

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO
 De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tengo una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA
 Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³

RECTORADO: Av José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 343078 / 343809 / 328034 Fax: 327898
 CAMPUS UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb Los Pinos Telf.: 043 323505/326150/329486 - Bolognesi Av.Fco. Bolognesi 423 Telf.: 343042
 Nuevo Chimbote D1 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 332842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
 OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C.: $193 / 0.684 = 282.16 \text{ kg/m}^3 = 6.64 \text{ bolsas / m}^3$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

| | | |
|------------------|---------|--------------------|
| -Cemento | 282.164 | kg/cm ³ |
| -Agua Efectiva | 196.284 | kg/cm ³ |
| -Agregado Fino | 886.511 | kg/cm ³ |
| -Agregado Grueso | 1057.79 | kg/cm ³ |

PROPORCION EN PESO

| | | | | | | | |
|-------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|-------|-----------|
| $\frac{282.16}{282.16}$ | : | $\frac{886.511}{282.16}$ | : | $\frac{1057.79}{282.16}$ | : | 29.57 | Its/bolsa |
| 1 | : | 3.14 | : | 3.75 | : | | |

PROPORCION EN VOLUMEN

| | | | | | | | |
|---|---|------|---|------|---|-------|-----------|
| 1 | : | 3.14 | : | 3.75 | : | 29.57 | Its/bolsa |
|---|---|------|---|------|---|-------|-----------|



RECTORADO: Av José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327898
CAMPUS UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505/326350/329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
Nuevo Chimbote D1 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/Universidad San Pedro

Anexo N° 10. Diseño de mezcla con respecto a la ceniza.



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA
(4% SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO)

SOLICITA : Bach. Carlos Alberto Sánchez Díaz
TESIS : Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento.
LUGAR : Huaraz - Ancash
FECHA : 11/09/2020

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método de ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm^2 , a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento:

-Tipo I * Pacasmayo*
-Peso Especifico ----- 3.12

B.- Agua:

-Potable de la Zona

C.- Agregado Fino

CANTERA: VESIQUE

-Peso Especifico de Masa 2.70 tn/m³
-Peso Unitario Suelto 1652 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1801 kg/cm³
-Contenido de Humedad 0.75 %
-Absorción 1.01 %
-Modulo de Fineza 2.49

D.- Agregado Grueso

CANTERA: RUBEN

-Piedra Perfil Angular
-Tamaño Maximo Nominal 1"
-Peso Especifico de Masa 2.80 tn/m³
-Peso Unitario Suelto 1427 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1504 kg/cm³
-Contenido de Humedad 0.51 %
-Absorción 0.60 %

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tengo una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³

RECTORADO: Av José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CAMPUS UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n, Urb Los Pinos Telf.: 043 323505/326150/329486 - Bolognesi Av.Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
Nuevo Chimbote D1 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 332842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.685

VOLUMEN ABSOLUTO

| | | |
|------------------------------|--------------|----|
| -Cemento | 0.086 | m3 |
| -4% Ceniza de Tronco de Euc. | 0.004 | m3 |
| -Agua Efectiva | 0.193 | m3 |
| -Agregado Fino | 0.326 | m3 |
| -Agregado Grueso | 0.375 | m3 |
| -Aire | 0.015 | m3 |
| | <u>1.000</u> | m3 |

PESO SECO

| | | |
|------------------------------|---------|--------|
| -Cemento | 270.87 | kg/cm3 |
| -4% Ceniza de Tronco de Euc. | 11.286 | kg/cm3 |
| -Agua Efectiva | 193.00 | lts/m3 |
| -Agregado Fino | 879.94 | kg/cm3 |
| -Agregado Grueso | 1052.41 | kg/cm3 |

PESO CORREGIDOS POR HUMEDAD

| | | |
|------------------------------|---------|--------|
| -Cemento | 270.87 | kg/cm3 |
| -4% Ceniza de Tronco de Euc. | 11.286 | kg/cm3 |
| -Agua Efectiva | 196.28 | lts/m3 |
| -Agregado Fino | 886.51 | kg/cm3 |
| -Agregado Grueso | 1057.79 | kg/cm3 |

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

| | | | | | | |
|-------------------------|---|-------------------------|---|-------------------------|---|--------------------------|
| $\frac{270.87}{270.87}$ | : | $\frac{11.286}{270.87}$ | : | $\frac{886.51}{270.87}$ | : | $\frac{1057.79}{270.87}$ |
|-------------------------|---|-------------------------|---|-------------------------|---|--------------------------|

1 : 0.04 : 3.27 : 3.91 : 30.79 lts/bolsa



Anexo N° 11. Diseño de mezcla con respecto a la ceniza.



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA (8% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : Bach. Carlos Alberto Sánchez Díaz
TESIS : Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento.
LUGAR : Huaraz - Ancash
FECHA : 11/09/2020

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método de ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm^2 , a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento:

-Tipo I " Pacasmayo"
-Peso Especifico ----- 3.12

B.- Agua:

-Potable de la Zona

C.- Agregado Fino

CANTERA: VESIQUE

-Peso Especifico de Masa 2.70 tn/m³
-Peso Unitario Suelto 1652 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1801 kg/cm³
-Contenido de Humedad 0.75 %
-Absorción 1.01 %
-Modulo de Fineza 2.49

D.- Agregado Grueso

CANTERA: RUBEN

-Piedra Perfil Angular
-Tamaño Maximo Nominal 1"
-Peso Especifico de Masa 2.80 tn/m³
-Peso Unitario Suelto 1427 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1504 kg/cm³
-Contenido de Humedad 0.51 %
-Absorción 0.60 %

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³

RECTORADO: Av José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CAMPUS UNIVERSITARIA: Los Pinos B s/n. Urb Los Pinos Telf.: 043 323505/326150/329486 - Bolognesi Av.Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
Nuevo Chimbote 01 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Isidro Nuevo Chimbote Telf.: 043 315704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/Universidad San Pedro



RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.685

VOLUMEN OBSOLUTO

| | | |
|------------------------------|--------------|----|
| -Cemento | 0.083 | m3 |
| -8% Ceniza de Tronco de Euc. | 0.008 | m3 |
| -Agua Efectiva | 0.193 | m3 |
| -Agregado Fino | 0.326 | m3 |
| -Agregado Grueso | 0.375 | m3 |
| -Aire | 0.015 | m3 |
| | <u>1.000</u> | m3 |

PESO SECO

| | | |
|------------------------------|---------|--------|
| -Cemento | 259.592 | kg/cm3 |
| -8% Ceniza de Tronco de Euc. | 22.572 | kg/cm3 |
| -Agua Efectiva | 197.639 | lts/m3 |
| -Agregado Fino | 801.816 | kg/cm3 |
| -Agregado Grueso | 1117.35 | kg/cm3 |

PESO CORREGIDOS POR HUMEDAD

| | | |
|------------------------------|---------|--------|
| -Cemento | 259.592 | kg/cm3 |
| -8% Ceniza de Tronco de Euc. | 22.572 | kg/cm3 |
| -Agua Efectiva | 196.28 | lts/m3 |
| -Agregado Fino | 886.51 | kg/cm3 |
| -Agregado Grueso | 1057.79 | kg/cm3 |

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

| | | | | | | |
|----------------|---|---------------|---|---------------|---|----------------|
| <u>259.562</u> | : | <u>22.572</u> | : | <u>886.51</u> | : | <u>1057.79</u> |
| 259.662 | | 259.662 | | 259.662 | | 259.662 |

1 : 0.086 : 3.41 : 4.07 : 32.12 lts/bolsa



Anexo N° 12. Ensayo de resistencia con respecto a la ceniza.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

$f'c$: 210 kg/cm2

| N° | TESTIGO | PROGRESIVA KM. | SLUMP (") | FECHA | | EDAD DIAS | FC Kg/cm2 | FC/F'c (%) |
|----|----------|-------------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|---------------|
| | ELEMENTO | | | MOLDEO | ROTURA | | | |
| 1 | PATRON | - | 3.2 | 14/06/2016 | 21/06/2016 | 7 | 155.56 | 74.08 |
| 2 | PATRON | - | 3.2 | 14/06/2016 | 21/06/2016 | 7 | 156.98 | 74.75 |
| 3 | PATRON | - | 3.2 | 14/06/2016 | 21/06/2016 | 7 | 155.24 | 73.92 |
| 4 | PATRON | - | 3.2 | 14/06/2016 | 28/06/2016 | 14 | 192.23 | 91.54 |
| 5 | PATRON | - | 3.2 | 14/06/2016 | 28/06/2016 | 14 | 188.80 | 89.90 |
| 6 | PATRON | - | 3.2 | 14/06/2016 | 28/06/2016 | 14 | 187.87 | 89.46 |
| 7 | PATRON | - | 3.2 | 14/06/2016 | 12/07/2016 | 28 | 220.29 | 104.90 |
| 8 | PATRON | - | 3.2 | 14/06/2016 | 12/07/2016 | 28 | 217.40 | 103.52 |
| 9 | PATRON | - | 3.2 | 14/06/2016 | 12/07/2016 | 28 | 220.19 | 104.85 |

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.

Ing. José Enrique Sotelo Mon...
CIP 70781
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Tel.: (043) 483320
 CAMPUS UNIVERBITARIA: Urb. Los Pinos Tel.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Tel.: (043) 483810
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Tel.: (043) 483802 / San Luis Tel.: (043) 483828
 OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto,

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

$f'c =$

| Nº | TESTIGO | PROGRESIVA | SLUMP | FECHA | | EDAD | FC | FC/F'c |
|----|-----------------|------------|-------|------------|------------|------|--------|--------|
| | ELEMENTO | KM. | (") | MOLDEO | ROTURA | DIAS | Kg/cm2 | (%) |
| 1 | EXPERIMENTAL 4% | - | - | 20/06/2016 | 27/06/2016 | 7 | 159.54 | 75.97 |
| 2 | EXPERIMENTAL 4% | - | - | 20/06/2016 | 27/06/2016 | 7 | 170.10 | 81.00 |
| 3 | EXPERIMENTAL 4% | - | - | 20/06/2016 | 27/06/2016 | 7 | 171.30 | 81.57 |
| 4 | EXPERIMENTAL 4% | - | - | 20/06/2016 | 4/07/2016 | 14 | 187.28 | 89.18 |
| 5 | EXPERIMENTAL 4% | - | - | 20/06/2016 | 4/07/2016 | 14 | 184.67 | 87.94 |
| 6 | EXPERIMENTAL 4% | - | - | 20/06/2016 | 4/07/2016 | 14 | 186.31 | 88.72 |
| 7 | EXPERIMENTAL 4% | - | - | 20/06/2016 | 18/07/2016 | 28 | 218.09 | 103.85 |
| 8 | EXPERIMENTAL 4% | - | - | 20/06/2016 | 18/07/2016 | 28 | 233.21 | 111.05 |
| 9 | EXPERIMENTAL 4% | - | - | 20/06/2016 | 18/07/2016 | 28 | 212.46 | 101.17 |

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos al laboratorio por el interesado.

Ing. Jacobo Ernesto Toledo Alonzo
CIP: 20761
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810
 Nuevo Chimbote Av. Pacífico y Anchoyeta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto,

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020.

f_c : 210 kg/cm²

| Nº | TESTIGO | PROGRESIVA KM. | SLUMP (") | FECHA | | EDAD DIAS | FC kg/cm ² | FC/ f_c (%) |
|----|-----------------|-------------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------------------|------------------|
| | ELEMENTO | | | MOLDEO | ROTURA | | | |
| 1 | EXPERIMENTAL BS | - | - | 16/06/2016 | 23/06/2016 | 7 | 182.91 | 87.10 |
| 2 | EXPERIMENTAL BS | - | - | 16/06/2016 | 23/06/2016 | 7 | 191.56 | 91.22 |
| 3 | EXPERIMENTAL BS | - | - | 16/06/2016 | 23/06/2016 | 7 | 186.27 | 88.70 |
| 4 | EXPERIMENTAL BS | - | - | 16/06/2016 | 30/06/2016 | 14 | 205.89 | 98.04 |
| 5 | EXPERIMENTAL BS | - | - | 16/06/2016 | 30/06/2016 | 14 | 208.87 | 99.46 |
| 6 | EXPERIMENTAL BS | - | - | 16/06/2016 | 30/06/2016 | 14 | 207.33 | 98.73 |
| 7 | EXPERIMENTAL BS | - | - | 16/06/2016 | 14/07/2016 | 28 | 238.48 | 113.56 |
| 8 | EXPERIMENTAL BS | - | - | 16/06/2016 | 14/07/2016 | 28 | 238.11 | 113.39 |
| 9 | EXPERIMENTAL BS | - | - | 16/06/2016 | 14/07/2016 | 28 | 241.11 | 114.81 |

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



Ing. Jesús Emilio Soloto Morúa
CIP: 70791

Anexo N° 13. Análisis granulométrico arena con respecto a la arcilla.



ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

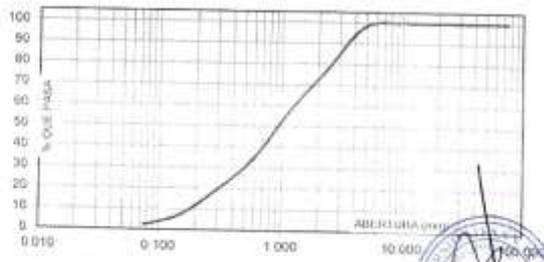
viernes, 11 de Setiembre de 2020

| | |
|-------------------------|--------|
| PESO SECO INICIAL | 796 |
| PESO SECO LAVADO | 777.50 |
| PESO PERDIDO POR LAVADO | 18.50 |

| TAMIZ | ABERT (mm) | PESO RETEN (gr) | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|--------|------------|-----------------|--------------------|----------------------|------------|
| 3" | 75 000 | 0 00 | 0 00 | 0 00 | 100 00 |
| 2 1/2" | 63 000 | 0 00 | 0 00 | 0 00 | 100 00 |
| 2" | 50 000 | 0 00 | 0 00 | 0 00 | 100 00 |
| 1 1/2" | 38 100 | 0 00 | 0 00 | 0 00 | 100 00 |
| 1" | 25 000 | 0 00 | 0 00 | 0 00 | 100 00 |
| 3/4" | 19 000 | 0 00 | 0 00 | 0 00 | 100 00 |
| 1/2" | 12 500 | 0 00 | 0 00 | 0 00 | 100 00 |
| 3/8" | 8 500 | 0 00 | 0 00 | 0 00 | 100 00 |
| N° 4 | 4 750 | 15 90 | 2 00 | 2 00 | 98 00 |
| N° 8 | 2 360 | 165 40 | 20 78 | 22 78 | 77 22 |
| N° 16 | 1 180 | 156 30 | 19 64 | 42 41 | 57 59 |
| N° 30 | 0 600 | 162 40 | 22 91 | 65 33 | 34 67 |
| N° 50 | 0 300 | 120 50 | 15 14 | 80 48 | 19 54 |
| N° 100 | 0 150 | 96 50 | 12 12 | 92 59 | 7 41 |
| N° 200 | 0 075 | 40 50 | 5 09 | 97 68 | 2 32 |
| PLATO | | 18 50 | 2 32 | 100 00 | 0 00 |
| TOTAL | | 795 00 | 100 00 | | |

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL n° 4
 MÓDULO DE FINEZA 3 06
 HUMEDAD 4 53%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 PERU
 Wg. José...
 2020

Anexo N° 14. Análisis granulométrico grava con respecto a la arcilla.



ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

YESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

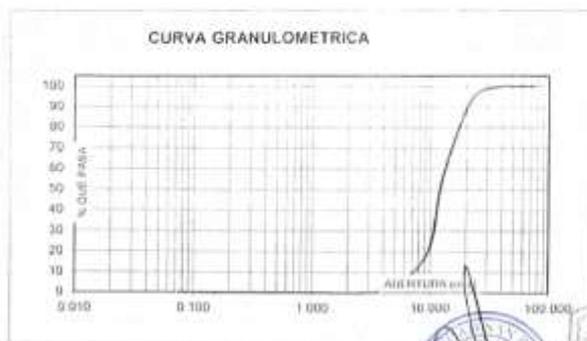
FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

| | |
|-------------------------|---------|
| PESO SECO INICIAL | 4004.5 |
| PESO SECO LAVADO | 4004.50 |
| PESO PERDIDO POR LAVADO | 0.00 |

| TAMIZ | ABERT. (mm.) | PESO RETEN. (gr) | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|--------|--------------|------------------|--------------------|----------------------|------------|
| 3" | 75.000 | | | | |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | |
| 2" | 50.000 | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 125.30 | 3.13 | 3.13 | 96.87 |
| 3/4" | 19.000 | 445.00 | 11.13 | 14.26 | 85.74 |
| 1/2" | 12.500 | 1264.70 | 31.58 | 45.84 | 54.16 |
| 3/8" | 8.500 | 1397.00 | 34.90 | 80.74 | 19.26 |
| N° 4 | 4.750 | 670.50 | 16.74 | 97.49 | 2.51 |
| N° 8 | 2.360 | 100.00 | 2.51 | 100.00 | 0.00 |
| N° 16 | 1.180 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N° 30 | 0.600 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N° 50 | 0.300 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N° 100 | 0.150 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N° 200 | 0.075 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| PLATO | | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 4004.50 | 100.00 | | |

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1"
 MODULO DE FINEZA : 6.92
 HUMEDAD : 1.11%



RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Tel: (043) 483320
 CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Tel.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Tel.: (043) 483810
 Nueva Chimbote Av. Pacífico y Anchoyeta Tel.: (043) 483802 / San Luis Tel.: (043) 483826
 OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

Anexo N° 15. Contenido de humedad de agredo fino y grueso con respecto a la arcilla.



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

| LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS | | | | | |
|---|-----|--------|-------|------|--|
| DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE: | | | | | |
| Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto. | | | | | |
| TEMIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento" | | | | | |
| FECHA DE CERTIFICACION: viernes, 11 de Setiembre de 2020 | | | | | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | |
| CALICATA | | | | | |
| MUESTRA : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO | | | | | |
| PROF. (m) : | | | | | |
| AGREGADO GRUESO | | | | | |
| Nº TARRO | | 1 | 2 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 262.0 | 289.3 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 258.9 | 286.9 | | |
| PESO DE AGUA | (g) | 3.09 | 2.42 | | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 21.26 | 22.5 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 237.66 | 264.4 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (%) | 1.30 | 0.9 | | |
| HUMEDAD PROMEDIO | (%) | | | 1.11 | |
| AGREGADO FINO | | | | | |
| Nº TARRO | | 1 | 2 | | |
| PESO TARRO + SUELO HUMEDO | (g) | 247.4 | 242.8 | | |
| PESO TARRO + SUELO SECO | (g) | 237.6 | 233.0 | | |
| PESO DE AGUA | (g) | 9.81 | 9.80 | | |
| PESO DEL TARRO | (g) | 30.90 | 31.6 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | (g) | 206.60 | 197.4 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (%) | 4.89 | 5.0 | | |
| HUMEDAD PROMEDIO | (%) | | | 4.93 | |

Ing. José Pardo

 CIP: 10701

 JEFE

Anexo N° 16. Peso específico y absorción del agregado fino con respecto a la arcilla.



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

TESIS: Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.
 "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

- A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
- B : Peso de frasco+ agua
- C = A + B : Peso frasco + agua +material
- D : Peso de material+agua en el frasco
- E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacío
- F : Peso Material seco en horno
- G= E - (A - F) : Volumen de masa

ABSORCION (%) : $((A-F/F) \times 100)$
 ABS. PROM. (%) :

| | | |
|--------|--------|--|
| 500.2 | 500.8 | |
| 673.3 | 705.5 | |
| 1173.5 | 1206.3 | |
| 981.0 | 1013.8 | |
| 182.5 | 182.5 | |
| 492.9 | 493.5 | |
| 185.2 | 185.2 | |
| 1.48 | 1.48 | |
| 1.48 | | |

- P.e. Bulk (Base Seca) = F/E
- P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E
- P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

PROMEDIO

| | | |
|------|------|--|
| 2.56 | 2.56 | |
| 2.60 | 2.60 | |
| 2.66 | 2.66 | |

- P.e. Bulk (Base Seca)
- P.e. Bulk (Base Saturada)
- P.e. Aparente (Base Seca)

PROMEDIO

| |
|------|
| 2.56 |
| 2.60 |
| 2.66 |

Anexo N° 17. Peso específico y absorción del agregado grueso con respecto a la arcilla.



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS : "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

| | | | |
|------------------|--|--------|--------|
| A | : Peso de material saturado superficialmente seco (aire) | 1854.2 | 1756.4 |
| B | : Peso de material saturado superficialmente seco (agua) | 1158.3 | 1098.5 |
| C = A - B | : Volumen de masa + volumen de vacios | 695.9 | 657.9 |
| D | : Peso de material seco en el horno | 1837.8 | 1740.5 |
| E = C - (A - D) | : Volumen de masa | 679.9 | 642.0 |
| ABSORCION (%) : | $((A-D)/D) \times 100$ | 0.89 | 0.91 |
| ABS. PROM. (%) : | | 0.90 | |

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO

| | |
|------|------|
| 2.64 | 2.65 |
| 2.66 | 2.67 |
| 2.70 | 2.71 |

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

| |
|------|
| 2.64 |
| 2.67 |
| 2.71 |

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 YERVAVALLE, PERÚ

Ing. Juan Carlos Montiel
 C.P. 20101
 JERVA

Anexo N° 18. Peso unitario agregado fino con respecto a la arcilla.



PESOS UNITARIOS AGREGADO FINO

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

PESO UNITARIO SUELTO

| Ensayo N° | 0 1 | 0 2 | 0 3 |
|-------------------------|------------------------|---------|---------|
| Peso de molde + muestra | 7212.5 | 7256.3 | 7232.4 |
| Peso de molde | 2805.5 | 2805.5 | 2805.5 |
| Peso de muestra | 4407 | 4450.8 | 4426.9 |
| Volumen de molde | 2808.45 | 2808.45 | 2808.45 |
| Peso unitario | 1569 | 1585 | 1576 |
| Peso unitario prom. | 1577 Kg/m ³ | | |

PESO UNITARIO COMPACTADO

| Ensayo N° | 0 1 | 0 2 | 0 3 |
|-------------------------|------------------------|---------|---------|
| Peso de molde + muestra | 7756.8 | 7742.3 | 7721.5 |
| Peso de molde | 2805.5 | 2805.5 | 2805.5 |
| Peso de muestra | 4951.3 | 4936.8 | 4916 |
| Volumen de molde | 2808.45 | 2808.45 | 2808.45 |
| Peso unitario | 1763 | 1758 | 1750 |
| Peso unitario prom. | 1757 Kg/m ³ | | |



Ing. Jacobo Espinoza

Anexo N° 19. Peso unitario agregado grueso con respecto a la arcilla.



PESOS UNITARIOS AGREGADO GRUESO

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con Sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

PESO UNITARIO SUELTO

| Ensayo N° | 0 1 | 0 2 | 0 3 |
|-------------------------|------------|---------|---------|
| Peso de molde + muestra | 21785.6 | 21723.6 | 21853.1 |
| Peso de molde | 7400.8 | 7400.8 | 7400.8 |
| Peso de muestra | 14384.8 | 14322.8 | 14452.3 |
| Volumen de molde | 9422.69 | 9422.69 | 9422.69 |
| Peso unitario | 1527 | 1520 | 1534 |
| Peso unitario prom. | 1527 Kg/m3 | | |

PESO UNITARIO COMPACTADO

| Ensayo N° | 0 1 | 0 2 | 0 3 |
|-------------------------|------------|---------|---------|
| Peso de molde + muestra | 22865.7 | 22912.3 | 22945.9 |
| Peso de molde | 7400.8 | 7400.8 | 7400.8 |
| Peso de muestra | 15464.9 | 15511.5 | 15545.1 |
| Volumen de molde | 9422.69 | 9422.69 | 9422.69 |
| Peso unitario | 1641 | 1646 | 1650 |
| Peso unitario prom. | 1646 Kg/m3 | | |




Ing. Jesús...
Ing. Roberto...

Anexo N° 20. Diseño de mezcla con respecto a la arcilla.



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : Bach. Carlos Alberto Sánchez Díaz
TESIS : Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento.
LUGAR : Huaraz - Ancash
FECHA : 11/09/2020

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método de ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento:

-Tipo 1 " Sol"
-Peso Especifico ----- 3.11

B.- Agua:

-Potable de la Zona

C.- Agregado Fino

CANTERA: TACLLAN

-Peso Especifico de Masa 2.56 tn/cm³
-Peso Unitario Suelto 1546.75 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1757.9 kg/cm³
-Contenido de Humedad 4.93 %
-Absorción 1.48 %
-Modulo de Fineza 3.06

D.- Agregado Grueso

CANTERA: TACLLAN

-Piedra Perfil Angular
-Tamaño Maximo Nominal 3/4"
-Peso Especifico de Masa 2.64 tn/cm³
-Peso Unitario Suelto 1526.81 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1645.73 kg/cm³
-Contenido de Humedad 1.11 %
-Absorción 0.90 %

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³



RECTORADO: Av José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CAMPUS UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505/326150/329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345043
Nuevo Chimbote DI - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 332842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esg. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345879 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.676

FACTOR DE CEMENTO

F.C.: $205 / 0.676 = 303.25 \text{ kg/m}^3 = 7.14 \text{ bolsas / m}^3$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

| | |
|------------------|---------------------------|
| -Cemento | 303.25 kg/cm ³ |
| -Agua Efectiva | 176.13 lts/m ³ |
| -Agregado Fino | 817.03 kg/cm ³ |
| -Agregado Grueso | 998.37 kg/cm ³ |

PROPORCIÓN EN PESO

| | | | | | |
|---------------|---|---------------|---|---------------|-------------------|
| <u>303.25</u> | : | <u>817.03</u> | : | <u>998.37</u> | |
| 303.25 | | 303.25 | | 303.05 | |
| 1 | : | 2.69 | : | 3.29 | : 24.68 lts/bolsa |

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

| | | | | | |
|---|---|------|---|------|-------------------|
| 1 | : | 3.14 | : | 3.75 | : 24.68 lts/bolsa |
|---|---|------|---|------|-------------------|



RECTORADO: Av José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342909 / 328034 Fax: 327896
CAMPUS UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb Los Pinos Telf.: 043 323505/326150/329486 - Bolognesi Av.Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
Nuevo Chimbote D1 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 332842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 339704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

Anexo N° 21. Diseño de mezcla con respecto a la arcilla.



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA
(7% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : Bach. Carlos Alberto Sánchez Díaz
TESIS : Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento.
LUGAR : Huaraz - Ancash
FECHA : 11/09/2020

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método de ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento:

-Tipo I " Sol"
-Peso Especifico ----- 3.11

B.- Agua:

-Potable de la Zona

C.- Agregado Fino

CANTERA: TACLLAN

-Peso Especifico de Masa 2.56 tn/cm³
-Peso Unitario Suelto 1546.75 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1757.9 kg/cm³
-Contenido de Humedad 4.93 %
-Absorción 1.48 %
-Módulo de Fineza 3.06

D.- Agregado Grueso

CANTERA: TACLLAN

-Piedra Perfil Angular
-Tamaño Maximo Nominal 3/4"
-Peso Especifico de Masa 2.64 tn/cm³
-Peso Unitario Suelto 1526.81 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1645.73 kg/cm³
-Contenido de Humedad 1.11 %
-Absorción 0.90 %

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m^3

RECTORADO: Av José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327808
CAMPUS UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505/326150/329488 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
Nuevo Chimbote DI - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/Universidad San Pedro



RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.676

VOLUMEN ABSOLUTO

| | | |
|------------------|--------------|----|
| -Cemento | 0.097 | m3 |
| -7% Arcilla | 0.007 | m3 |
| -Agua Efectiva | 0.210 | m3 |
| -Agregado Fino | 0.296 | m3 |
| -Agregado Grueso | 0.370 | m3 |
| -Aire | 0.020 | m3 |
| | <u>1.000</u> | m3 |

PESO SECO

| | | |
|------------------|--------|--------|
| -Cemento | 283.25 | kg/cm3 |
| -7% Arcilla | 20.25 | kg/cm3 |
| -Agua Efectiva | 205.00 | lts/m3 |
| -Agregado Fino | 778.66 | kg/cm3 |
| -Agregado Grueso | 987.44 | kg/cm3 |

PESO CORREGIDOS POR HUMEDAD

| | | |
|------------------|--------|--------|
| -Cemento | 283.25 | kg/cm3 |
| -7% Arcilla | 20.250 | kg/cm3 |
| -Agua Efectiva | 176.13 | lts/m3 |
| -Agregado Fino | 817.03 | kg/cm3 |
| -Agregado Grueso | 998.37 | kg/cm3 |

PROPORCION EN VOLUMEN

| | | | | | | |
|---------------|---|---------------|--|---------------|--|---------------|
| <u>283.25</u> | : | <u>20.250</u> | | <u>817.03</u> | | <u>998.37</u> |
| 283.25 | | 283.25 | | 283.25 | | 283.25 |

1 : 0.07 : 2.88 : 3.52 : 26.42 lts/bolsa



Anexo N° 22. Diseño de mezcla con respecto a la arcilla.



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA (9% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : Bach. Carlos Alberto Sánchez Díaz
TESIS : Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento.
LUGAR : Huaraz - Ancash
FECHA : 11/09/2020

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método de ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento:

-Tipo I " Sol"
-Peso Especifico : 3.11

B.- Agua:

-Potable de la Zona

C.- Agregado Fino

CANTERA: TACLLAN

-Peso Especifico de Masa 2.56 tn/cm³
-Peso Unitario Suelto 1546.75 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1757.9 kg/cm³
-Contenido de Humedad 4.93 %
-Absorción 1.48 %
-Modulo de Fineza 3.06

D.- Agregado Grueso

CANTERA: TACLLAN

-Piedra Perfil Angular
-Tamaño Maximo Nominal 3/4"
-Peso Especifico de Masa 2.64 tn/cm³
-Peso Unitario Suelto 1526.81 kg/cm³
-Peso Unitario Compactado 1645.73 kg/cm³
-Contenido de Humedad 1.11 %
-Absorción 0.90 %

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³

RECTORADO: Av José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341070 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CAMPUS UNIVERSITARIO: - Los Pinos B s/n. Urb Los Pinos Telf.: 043 323505/326150/325486 - Bolognesi Av.Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
Nuevo Chimbote D1 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345699 - www.usanpedro.edu.pe - Facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.676

VOLUMEN OBSOLUTO

| | | |
|------------------|--------------|----|
| -Cemento | 0.095 | m3 |
| -9% Arcilla | 0.009 | m3 |
| -Agua Efectiva | 0.210 | m3 |
| -Agregado Fino | 0.296 | m3 |
| -Agregado Grueso | 0.370 | m3 |
| -Aire | 0.020 | m3 |
| | <u>1.000</u> | m3 |

PESO SECO

| | | |
|------------------|--------|--------|
| -Cemento | 276.41 | kg/cm3 |
| -9% Arcilla | 26.84 | kg/cm3 |
| -Agua Efectiva | 205.00 | lts/m3 |
| -Agregado Fino | 778.66 | kg/cm3 |
| -Agregado Grueso | 987.44 | kg/cm3 |

PESO CORREGIDOS POR HUMEDAD

| | | |
|------------------|--------|--------|
| -Cemento | 276.41 | kg/cm3 |
| -9% Arcilla | 26.84 | kg/cm3 |
| -Agua Efectiva | 176.13 | lts/m3 |
| -Agregado Fino | 817.03 | kg/cm3 |
| -Agregado Grueso | 998.37 | kg/cm3 |

PROPORCION EN VOLUMEN

| | | | | | | |
|-------------------------|---|------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
| $\frac{276.41}{276.41}$ | : | $\frac{26.84}{276.41}$ | | $\frac{817.03}{276.41}$ | | $\frac{998.37}{276.41}$ |
|-------------------------|---|------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|

1 : 0.097 : 2.95 : 3.61 : 27.08 lts/bolsa



RECTORADO: Av José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CAMPUS UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505/326150/129486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
Nuevo Chimbote 01 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 318704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinal - Telf.: (043) 345899 - www.usapedro.edu.pe - facebook/ universidad San Pedro

Anexo N° 23. Ensayo de resistencia con respecto a la ceniza.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Escaliplo, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

F_C: 210 kg/cm²

| N° | TESTIGO | PROGRESIVA KM. | SLUMP ["] | FECHA | | EDAD DIAS | FC Kg/cm ² | FC/F _C [%] |
|----|--------------------------------------|-------------------|--------------|-----------|------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| | ELEMENTO | | | MOLDEO | ROTURA | | | |
| 1 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 16/08/2018 | 7 | 161.6 | 76.9 |
| 2 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 16/08/2018 | 7 | 161.8 | 77.0 |
| 3 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 16/08/2018 | 7 | 161.5 | 76.9 |
| 4 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 23/08/2018 | 14 | 190.4 | 90.7 |
| 5 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 23/08/2018 | 14 | 190.3 | 90.6 |
| 6 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 23/08/2018 | 14 | 190.5 | 90.7 |
| 7 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 6/09/2018 | 28 | 212.0 | 101.0 |
| 8 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 6/09/2018 | 28 | 212.2 | 101.0 |
| 9 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 6/09/2018 | 28 | 211.8 | 100.9 |

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos al laboratorio por el interesado.


 Ing. Juan Carlos Sánchez Díaz
 CIP: 01791
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto,

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f'c = 210$ kg/cm² del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

FC: 210 kg/cm²

| Nº | TESTIGO ELEMENTO | PROGRESIVA KM. | SLUMP ["] | FECHA | | EDAD DIAS | FC Kg/cm ² | FC/F'c [%] |
|----|--------------------------------------|-------------------|--------------|-----------|------------|--------------|--------------------------|---------------|
| | | | | MOLDEO | ROTURA | | | |
| 1 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (7%) | - | - | 9/08/2018 | 16/08/2018 | 7 | 163.8 | 78.0 |
| 2 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (7%) | - | - | 9/08/2018 | 16/08/2018 | 7 | 164.1 | 78.1 |
| 3 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (7%) | - | - | 9/08/2018 | 16/08/2018 | 7 | 163.6 | 77.9 |
| 4 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (7%) | - | - | 9/08/2018 | 23/08/2018 | 14 | 200.7 | 95.6 |
| 5 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (7%) | - | - | 9/08/2018 | 23/08/2018 | 14 | 200.5 | 95.5 |
| 6 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (7%) | - | - | 9/08/2018 | 23/08/2018 | 14 | 200.6 | 95.5 |
| 7 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (7%) | - | - | 9/08/2018 | 6/09/2018 | 28 | 227.2 | 108.2 |
| 8 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (7%) | - | - | 9/08/2018 | 6/09/2018 | 28 | 226.3 | 107.7 |
| 9 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (7%) | - | - | 9/08/2018 | 6/09/2018 | 28 | 227.0 | 108.1 |

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES: Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



 Ing. Joselyn Prado Escoto Morán
 Jefe



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

DATOS DE INVESTIGADOR SOLICITANTE:

Bach. SANCHEZ DIAZ, Carlos Alberto.

TESIS: "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto, con sustitución de Arcilla y ceniza de tronco de Eucalipto, por cemento"

FECHA DE CERTIFICACION:

viernes, 11 de Setiembre de 2020

F C : 210 kg/cm²

| Nº | TESTIGO ELEMENTO | PROGRESIVA KM. | SLUMP (") | FECHA | | EDAD DIAS | FC Kg/cm ² | FC/F'C (%) |
|----|--------------------------------------|-------------------|--------------|-----------|------------|--------------|--------------------------|---------------|
| | | | | MOLDEO | ROTURA | | | |
| 1 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 16/08/2018 | 7 | 161.9 | 77.1 |
| 2 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 16/08/2018 | 7 | 162.4 | 77.3 |
| 3 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 16/08/2018 | 7 | 162.0 | 77.2 |
| 4 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 23/08/2018 | 14 | 200.7 | 95.6 |
| 5 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 23/08/2018 | 14 | 200.5 | 95.5 |
| 6 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 23/08/2018 | 14 | 200.6 | 95.5 |
| 7 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 6/09/2018 | 28 | 213.8 | 101.8 |
| 8 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 6/09/2018 | 28 | 213.4 | 101.6 |
| 9 | CONCRETO CON CAL (0%) + ARCILLA (0%) | - | - | 9/08/2018 | 6/09/2018 | 28 | 213.6 | 101.7 |

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.


Ing. Juan Carlos Córdova Almonacid
CIP: 70761
JEFE

Anexo N° 24. Tabla estadística y niveles de significación.

Probabilidad acumulada inferior para distribución normal N(0,1) www.vaxasoftware.com

μ = Media

σ = Desviación típica

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$



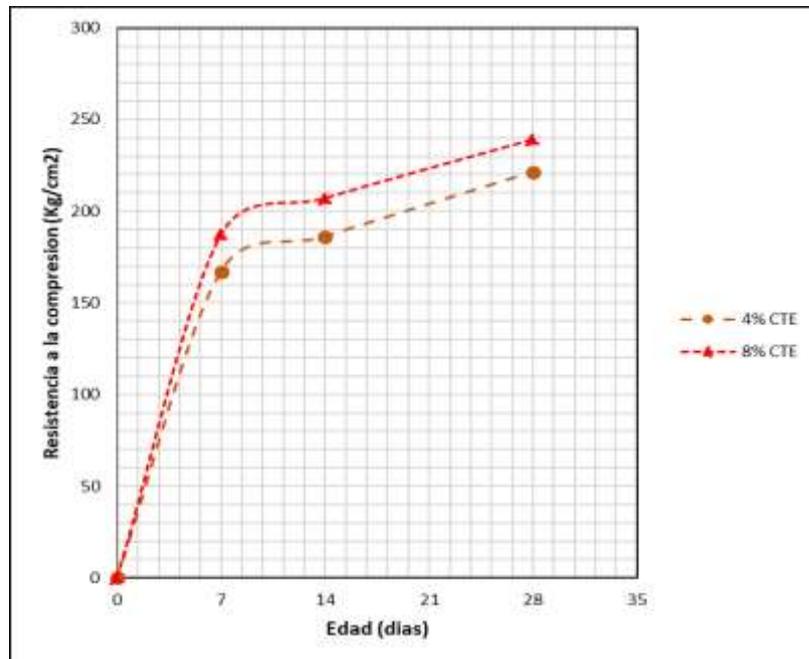
Tipificación: $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

| z_0 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | z_0 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 0,0 | 0,5000 | 0,5040 | 0,5080 | 0,5120 | 0,5160 | 0,5199 | 0,5239 | 0,5279 | 0,5319 | 0,5359 | 0,0 |
| 0,1 | 0,5398 | 0,5438 | 0,5478 | 0,5517 | 0,5557 | 0,5596 | 0,5636 | 0,5675 | 0,5714 | 0,5753 | 0,1 |
| 0,2 | 0,5793 | 0,5832 | 0,5871 | 0,5910 | 0,5948 | 0,5987 | 0,6026 | 0,6064 | 0,6103 | 0,6141 | 0,2 |
| 0,3 | 0,6179 | 0,6217 | 0,6255 | 0,6293 | 0,6331 | 0,6368 | 0,6406 | 0,6443 | 0,6480 | 0,6517 | 0,3 |
| 0,4 | 0,6554 | 0,6591 | 0,6628 | 0,6664 | 0,6700 | 0,6736 | 0,6772 | 0,6808 | 0,6844 | 0,6879 | 0,4 |
| 0,5 | 0,6915 | 0,6950 | 0,6985 | 0,7019 | 0,7054 | 0,7088 | 0,7123 | 0,7157 | 0,7190 | 0,7224 | 0,5 |
| 0,6 | 0,7257 | 0,7291 | 0,7324 | 0,7357 | 0,7389 | 0,7422 | 0,7454 | 0,7486 | 0,7517 | 0,7549 | 0,6 |
| 0,7 | 0,7580 | 0,7611 | 0,7642 | 0,7673 | 0,7704 | 0,7734 | 0,7764 | 0,7794 | 0,7823 | 0,7852 | 0,7 |
| 0,8 | 0,7881 | 0,7910 | 0,7939 | 0,7967 | 0,7995 | 0,8023 | 0,8051 | 0,8078 | 0,8106 | 0,8133 | 0,8 |
| 0,9 | 0,8159 | 0,8186 | 0,8212 | 0,8238 | 0,8264 | 0,8289 | 0,8315 | 0,8340 | 0,8365 | 0,8389 | 0,9 |
| 1,0 | 0,8413 | 0,8438 | 0,8461 | 0,8485 | 0,8508 | 0,8531 | 0,8554 | 0,8577 | 0,8599 | 0,8621 | 1,0 |
| 1,1 | 0,8643 | 0,8665 | 0,8688 | 0,8708 | 0,8729 | 0,8749 | 0,8770 | 0,8790 | 0,8810 | 0,8830 | 1,1 |
| 1,2 | 0,8849 | 0,8869 | 0,8888 | 0,8907 | 0,8925 | 0,8944 | 0,8962 | 0,8980 | 0,8997 | 0,9015 | 1,2 |
| 1,3 | 0,9032 | 0,9049 | 0,9066 | 0,9082 | 0,9099 | 0,9115 | 0,9131 | 0,9147 | 0,9162 | 0,9177 | 1,3 |
| 1,4 | 0,9192 | 0,9207 | 0,9222 | 0,9236 | 0,9251 | 0,9265 | 0,9279 | 0,9292 | 0,9306 | 0,9319 | 1,4 |
| 1,5 | 0,9332 | 0,9345 | 0,9357 | 0,9370 | 0,9382 | 0,9394 | 0,9406 | 0,9418 | 0,9429 | 0,9441 | 1,5 |
| 1,6 | 0,9452 | 0,9463 | 0,9474 | 0,9484 | 0,9495 | 0,9505 | 0,9515 | 0,9525 | 0,9535 | 0,9545 | 1,6 |
| 1,7 | 0,9554 | 0,9564 | 0,9573 | 0,9582 | 0,9591 | 0,9599 | 0,9608 | 0,9616 | 0,9625 | 0,9633 | 1,7 |
| 1,8 | 0,9641 | 0,9649 | 0,9656 | 0,9664 | 0,9671 | 0,9678 | 0,9686 | 0,9693 | 0,9699 | 0,9706 | 1,8 |
| 1,9 | 0,9713 | 0,9719 | 0,9726 | 0,9732 | 0,9738 | 0,9744 | 0,9750 | 0,9756 | 0,9761 | 0,9767 | 1,9 |
| 2,0 | 0,9772 | 0,9778 | 0,9783 | 0,9788 | 0,9793 | 0,9798 | 0,9803 | 0,9808 | 0,9812 | 0,9817 | 2,0 |
| 2,1 | 0,9821 | 0,9826 | 0,9830 | 0,9834 | 0,9838 | 0,9842 | 0,9846 | 0,9850 | 0,9854 | 0,9857 | 2,1 |
| 2,2 | 0,9861 | 0,9864 | 0,9868 | 0,9871 | 0,9875 | 0,9878 | 0,9881 | 0,9884 | 0,9887 | 0,9890 | 2,2 |
| 2,3 | 0,9893 | 0,9896 | 0,9898 | 0,9901 | 0,9904 | 0,9906 | 0,9909 | 0,9911 | 0,9913 | 0,9916 | 2,3 |
| 2,4 | 0,9918 | 0,9920 | 0,9922 | 0,9925 | 0,9927 | 0,9929 | 0,9931 | 0,9932 | 0,9934 | 0,9936 | 2,4 |
| 2,5 | 0,9938 | 0,9940 | 0,9941 | 0,9943 | 0,9945 | 0,9946 | 0,9948 | 0,9949 | 0,9951 | 0,9952 | 2,5 |
| 2,6 | 0,9953 | 0,9955 | 0,9956 | 0,9957 | 0,9959 | 0,9960 | 0,9961 | 0,9962 | 0,9963 | 0,9964 | 2,6 |
| 2,7 | 0,9965 | 0,9966 | 0,9967 | 0,9968 | 0,9969 | 0,9970 | 0,9971 | 0,9972 | 0,9973 | 0,9974 | 2,7 |
| 2,8 | 0,9974 | 0,9975 | 0,9976 | 0,9977 | 0,9977 | 0,9978 | 0,9979 | 0,9979 | 0,9980 | 0,9981 | 2,8 |
| 2,9 | 0,9981 | 0,9982 | 0,9982 | 0,9983 | 0,9984 | 0,9984 | 0,9985 | 0,9985 | 0,9986 | 0,9986 | 2,9 |
| 3,0 | 0,9986 | 0,9986 | 0,9987 | 0,9987 | 0,9988 | 0,9988 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9990 | 0,9990 | 3,0 |
| 3,1 | 0,9990 | 0,9990 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 3,1 |
| 3,2 | 0,9993 | 0,9993 | 0,9993 | 0,9993 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9995 | 3,2 |
| 3,3 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 3,3 |
| 3,4 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 3,4 |
| 3,5 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 3,5 |
| 3,6 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 3,6 |
| 3,7 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 3,7 |
| 3,8 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 3,8 |
| 3,9 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 3,9 |

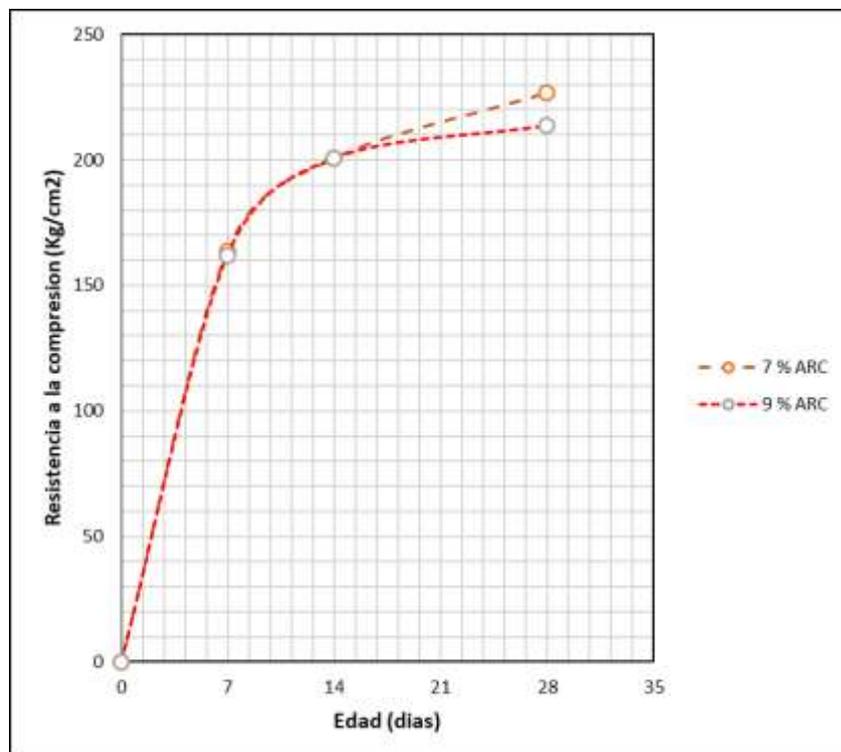
| $1-\alpha$ | 90% | 92% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| α | 10% | 8% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% |
| $z_{1-\alpha}$ | 1,645 | 1,751 | 1,881 | 1,960 | 2,054 | 2,170 | 2,326 | 2,576 |
| z_{α} | 1,282 | 1,405 | 1,555 | 1,645 | 1,751 | 1,881 | 2,054 | 2,326 |

Siendo:
 $1-\alpha$ = Nivel de confianza
 α = Nivel de significación

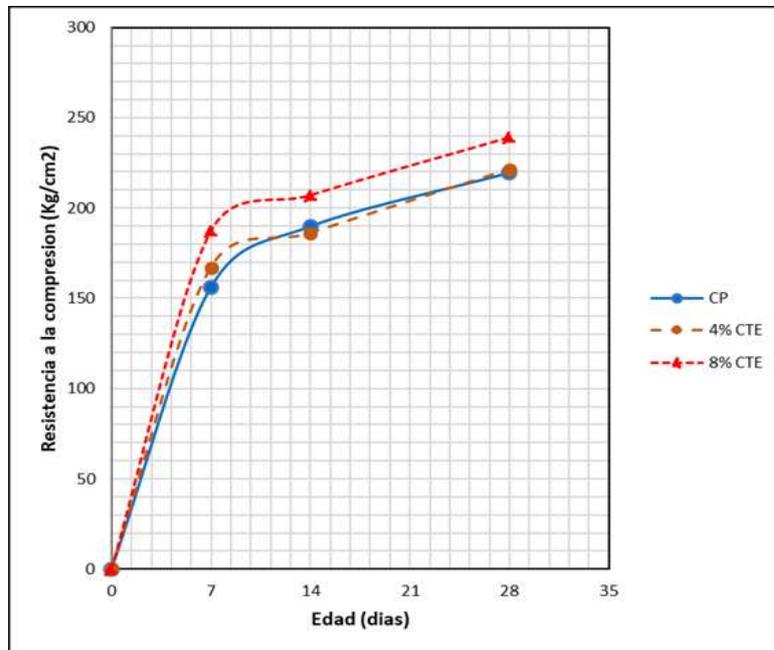
Anexo N° 25. Curva de la prueba de compresión de con respecto a la sustitución con ceniza



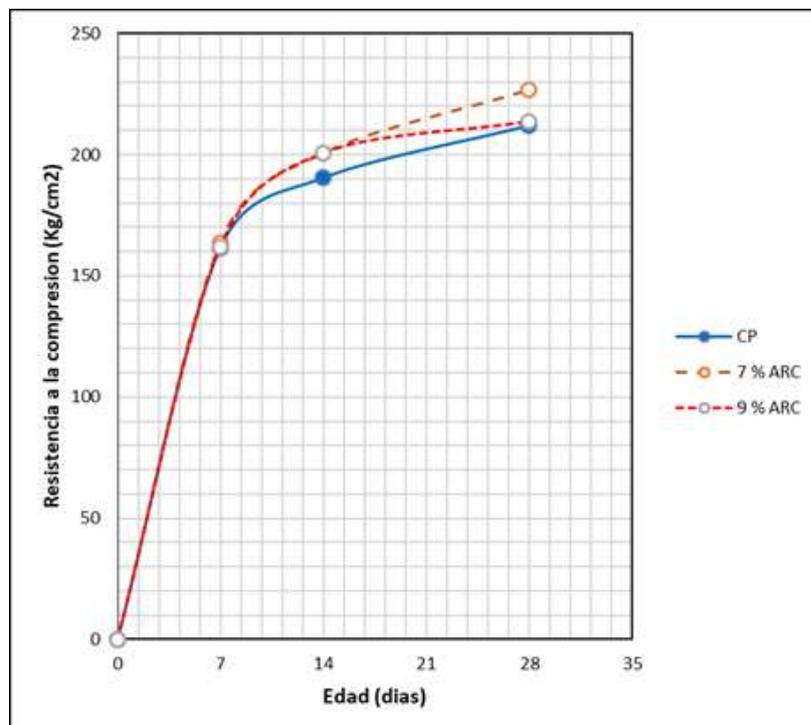
Anexo N° 26. Curva de la prueba de compresión de con respecto a la sustitución con arcilla.



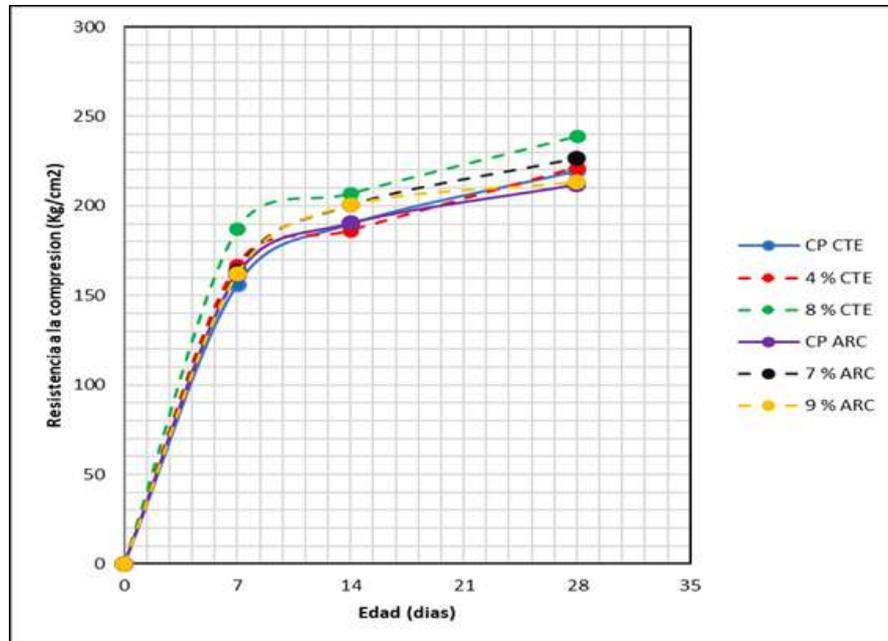
Anexo N° 27. Curva de la prueba de compresión de con respecto a la sustitución con ceniza y el concreto patrón.



Anexo N° 28. Curva de la prueba de compresión de con respecto a la sustitución con arcilla y el concreto patrón.



Anexo N° 29. Curva de la prueba de compresión de con respecto a la sustitución con ceniza, arcilla y el concreto patrón.



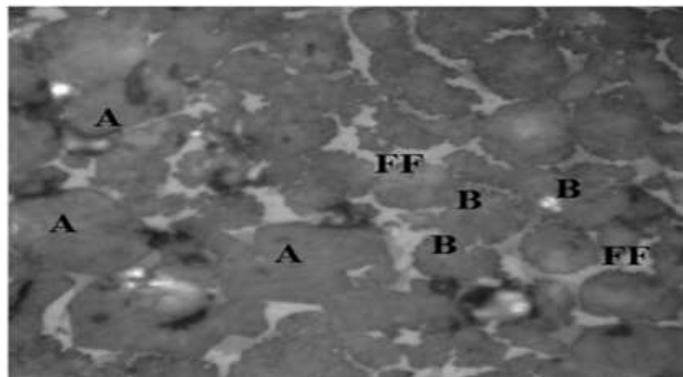
Anexo N° 30. Composición del concreto.



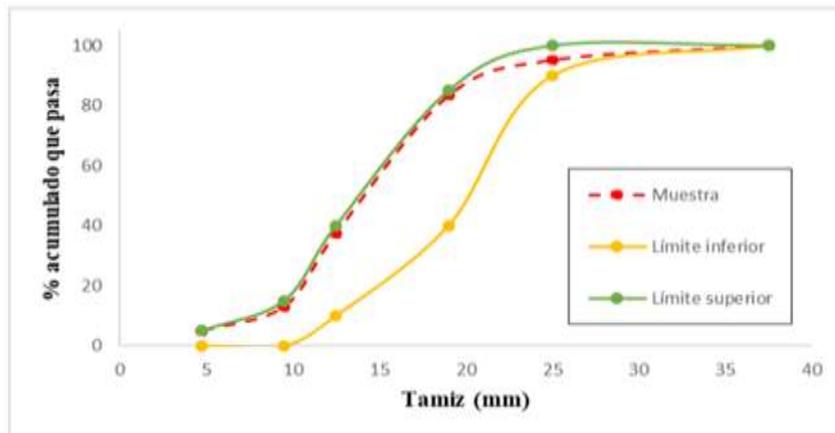
Anexo N° 31. Proceso para la fabricación del cemento



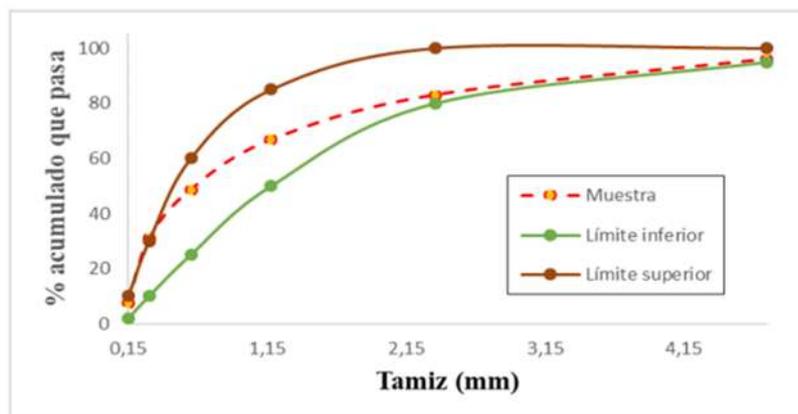
Anexo N° 32. Micrografía del clínker.



Anexo N° 33. Granulometría del agregado grueso – Límites especificación ASTM C136/C136M-05.



Anexo N° 34. Granulometría del agregado fino – Límites especificación ASTM C136/C136M-05.



Anexo N° 35. Composición Química de la ceniza de tronco de eucalipto.



APÉNDICE

A. Formula agregados combinados.

$$mc = \frac{Vol, Abs, A, Fino}{Vol, Abs, A, Agregados} mf + \frac{Vol, Abs, A, Grueso}{Vol, Abs, A, Agregados} mg$$

$$rf = \frac{Vol, Abs, A, Fino}{Vol, Abs, A, Agregados} rg = \frac{Vol, Abs, A, Grueso}{Vol, Abs, A, Agregados}$$

$$mc = rfmf + rgm$$

Donde:

mc: Módulo de finura combinada

mf: módulo de finura de agregado fino

mg: Módulo de finura de agregado gruesos

rf: Factor total finos

rg: Factor total gruesos

B. Porcentaje de Vacíos estándar

$$\% \text{ de vacios} = 100 \left[\frac{(s \times w) - m}{s \times w} \right]$$

Donde:

s: Peso específico de masa

w: Densidad de agua

m: Pes unitario compactado seco

C. Absorción:

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{\text{peso satur. superficialmente} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

D. Peso específico de masa.

$$P_{em} = \frac{w_o}{V - V_a} \times 100$$

Donde:

P_{em} = masa específica de masa,

W_o = peso de aire en la muestra secada al horno (g)

V = el volumen de la botella en cm^3

V_a = peso o volumen cm^3 de agua en gramos.

E. Peso específico de la masa seca

$$\text{Peso específico de masa seca} = \frac{W_o}{V - V_a} \times 100$$

Donde:

W_o : peso del aire de la muestra seca en el horno

V : capacidad de frasco (m^3)

V_u : El peso del agua agregada en el picnómetro (g)

F. Peso específico de masa saturada

$$P_{esss} = \frac{500}{V - V_a} \times 100$$

Donde:

$P_{e SSS}$ = Peso específico de masa saturada.

V = el volumen de frasco en cm^3 .

V_a = peso o volumen cm^3 de agua añadida en frasco.

G. Peso específico aparente (pea) (NTP400.022)

formula:

$$Pea = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \times 100$$

Donde:

Pea = Peso específico aparente.

Wo = Peso del aire en la muestra secada en el horno (Gramos).

V = Volumen del frasco en cm³.

Va = Peso en gramos o volumen cm³ de agua añadida al frasco.

H. Contenido de humedad (NTP 339-185)

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso original de la muestra} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

I. Hipótesis nula Ho: u1 = u2.

Hipótesis alternativa Ha: u1 < u2, Ho se descarta si la muestra aumenta la resistencia con la adición

Para la construcción de la prueba se va a hacer uso del estadístico de la prueba Z

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

J. Definiciones para el diseño de mezcla.

1. Selección de la resistencia promedio.

Dado que no tenemos un registro de los resultados de las pruebas que podamos usar para calcular la desviación estándar, la resistencia promedio requerida debe determinarse a partir de los valores de la tabla 66.

Tabla 64. Resistencia a la compresión promedio

| $f'c$. (kg/cm ²) | $f'cr$. (kg/cm ²) |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Menos de 210 | $f'c + 70$ |
| 210 a 350 | $f'c + 85$ |
| Sobre 350 | $f'c + 98$ |

Fuente: ACI 211.1

Utilizaremos $f'c = 210 + 84 = 294$ kg/cm²

2. Selección del asentamiento.

Slump: 6" a 7" (mezcla plástica)

3. Selección del contenido de aire.

Tabla 65. Contenido de aire atrapado.

| Tamaño máximo nominal | Aire atrapado |
|-----------------------|---------------|
| 3/8" | 3.0 % |
| 1/2" | 2.5 % |
| 3/4" | 2.0 % |
| 1" | 1.5 % |
| 1 1/2" | 1.0 % |
| 2" | 0.5 % |
| 3" | 0.3 % |
| 6" | 0.2 % |

Fuente: ACI 211.1

El contenido de aire para agregados gruesos de TMN de 1" es de 1.5%

4. Selección de volumen unitario del agua de diseño.

Ingresa la Tabla 68 para determinar la unidad de volumen de agua o agua de diseño necesaria para una mezcla de concreto con un asentamiento de 6 "a 7". La mezcla no se mezcla con aire y el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 1 ".

Tabla 66. Volumen unitario de agua.

| Asentamiento | Agua, en lt/m^3 , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada | | | | | | | |
|-------------------------------|---|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 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 211.1

Para nuestro caso el agua de diseño seleccionada varía según la sustitución del cemento.

5. Selección de relación agua cemento.

Ingresando a la Tabla 69, el módulo de finura del agregado fino es variable el tamaño máximo nominal del agregado grueso y se encuentra que la unidad de volumen de agregado grueso compactado seco es según el diseño que se propone para ambas solicitudes en metros cúbicos.

Tabla 67. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

| Tamaño máximo nominal | Volumen de agregado grueso y compactado | | | |
|-----------------------|---|------|------|------|
| | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3.0 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |

Fuente: ACI 211.1

K. Definiciones para el uso de la estadística.

A continuación, definiremos los elementos estadísticos y luego de eso comenzaremos cómo se desarrolla el análisis estadístico:

El rango de datos (R): Es la diferencia entre los valores más alto y más bajo de un conjunto de datos.

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

El número de intervalos de clase (K): Se relaciona con la cantidad de datos (n) en la muestra y se calcula utilizando la fórmula de Sturges, que se define por:

$$K = 1 + 3.322 \log (n)$$

Se recomienda intervalo entre 5 y 15.

Tamaño del intervalo de clase (C): Se utiliza la siguiente proporción

$$C = \frac{R_x}{k}$$

Los intervalos de clase: deben cumplir la condición de que el valor más bajo de los datos sea el límite inferior del intervalo. Para hacer esto, se suma el valor del tamaño del intervalo de clase (C) para obtener el límite superior del intervalo, $L = [Li, Ls>$, es decir:

$$Li = X_{mi}$$

$$Ls = X_{min} + C$$

La categoría frecuencia absoluta (fi): Es el número de observaciones que pertenecen a cada intervalo en el conjunto original.

La frecuencia de clase acumulada absoluta (Fi): Es la suma de las frecuencias de clase en cada intervalo de clase.

Los percentiles: Son 99 valores que dividen una serie de puntuaciones ordenadas en 100 partes iguales.

$$Pr = Li + \left[\frac{r * n + fi - 1}{fi} \right] * C$$

Medidas de dispersión o varianza.

Las medidas de variación o dispersión se relacionan con las medidas de tendencia central ya que el objetivo es cuantificar cuán concentrados o distribuidos están los datos en relación con estas medidas. Nos limitaremos a proporcionar medidas de dispersión asociadas a la media.

La media aritmética: Es la media aritmética de todos los resultados de la prueba.

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

La varianza: Si la población es finita y consta de (n) valores, la varianza se define como:

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

La desviación estándar: Es la raíz cuadrada de la varianza e indica cuán dispersos están los resultados de la media aritmética.

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

Tabla 68. Norma para el control del concreto en relación a la variación total.

| Desviación estándar para diferentes grados de control, en (Kg / cm) | | | | |
|---|------------|------------|------------|-------|
| Excelente | Muy Buena | Buena | Aceptable | Pobre |
| Pruebas de control de campo (in situ o en planta) | | | | |
| < 25 | De 25 a 35 | De 35 a 40 | De 40 a 50 | > 50 |
| Probar mezclas en el laboratorio. | | | | |
| < 15 | De 15 a 17 | De 17 a 20 | De 20 a 25 | > 25 |

Fuente: (Abanto, 2009)

El coeficiente de variación: Es la división entre la desviación estándar y la media aritmética de las muestras, expresada como porcentaje. Esta medida también se conoce como el coeficiente de variación existente entre la desviación estándar y la media, e indica que cuanto mayor es el porcentaje de variación, mayor es la dispersión.

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

El coeficiente de variación es una medida de dispersión relativamente adimensional que sirve para determinar el grado de homogeneidad o heterogeneidad de un grupo o serie estadística que se analiza, y es de gran utilidad sobre todo cuando se comparan distribuciones.

Para poder determinar un grado de control en los datos obtenidos. Se recurre al empleo de valores de dispersión en pruebas de concreto, establecidas en la tabla 13.

Tabla 69. Norma para el control del concreto en relación con la variación dentro del ensayo.

| Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%) | | | | |
|--|-----------|----------|-----------|-------|
| Excelente | Muy Buena | Buena | Aceptable | Pobre |
| Pruebas de control de campo (in situ o en planta) | | | | |
| < 3 | De 3 a 4 | De 4 a 5 | De 5 a 6 | > 6 |
| Probar mezclas en el laboratorio. | | | | |
| < 2 | De 2 a 3 | De 3 a 4 | De 4 a 5 | > 5 |

Fuente: (Abanto, 2009)

Distribución normal.

La distribución normal es la piedra angular teórica de la estadística moderna, que se utiliza para describir el comportamiento aleatorio de muchos procesos que ocurren en la naturaleza y las acciones humanas. Si graficamos los resultados de laboratorio de las pruebas de compresión en una gran cantidad de muestras de concreto, los resultados numéricos de estos resultados formarán un gráfico alrededor del valor central o distribución normal o mejor conocido como campana gaussiana (ver Figura 7). Por tanto, la distribución normal es muy adecuada para el análisis de fiabilidad y control de calidad del hormigón.

$$f(x) = \frac{1}{s \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-u)^2}{2s^2}}$$

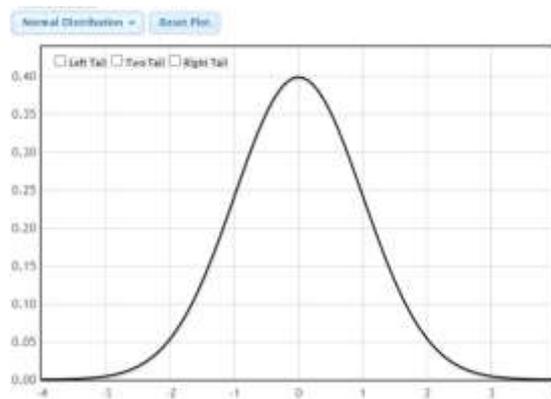


Figura 16. Formas típicas de distribuciones de datos

Fuente:

http://www.lock5stat.com/StatKey/theoretical_distribution/theoretical_distribution.html#normal

Medidas de la forma de la distribución.

Hay dos medidas importantes en estadística, el coeficiente de asimetría mide la forma en que los datos se distribuyen alrededor de la media aritmética y la curtosis mide la deformación vertical (soporte) de los datos. Estas medidas son importantes, ya que nos permiten determinar si la distribución de frecuencias está cerca de una distribución normal, que es la base para la inferencia estadística. Luego, debemos calcular los coeficientes de asimetría y curtosis de la distribución de frecuencia para determinar si el conjunto de datos se aproxima a una distribución normal.

Coefficiente de asimetría: Según nuestras condiciones, existen varias formas de encontrarlo para esta situación Usaremos el coeficiente de asimetría en base al percentil, que viene dado por:

$$As = \frac{P90 - 2P50 + P10}{P90 - P10}$$

Los coeficientes de asimetría se interpretan de la siguiente manera:

Si $As < 0$, la distribución es asimétrica negativa (o sesgada hacia la izquierda). Si $As = 0$, la distribución es simétrica.

Si $As > 0$, la distribución es positiva sesgada (o sesgada hacia la derecha)

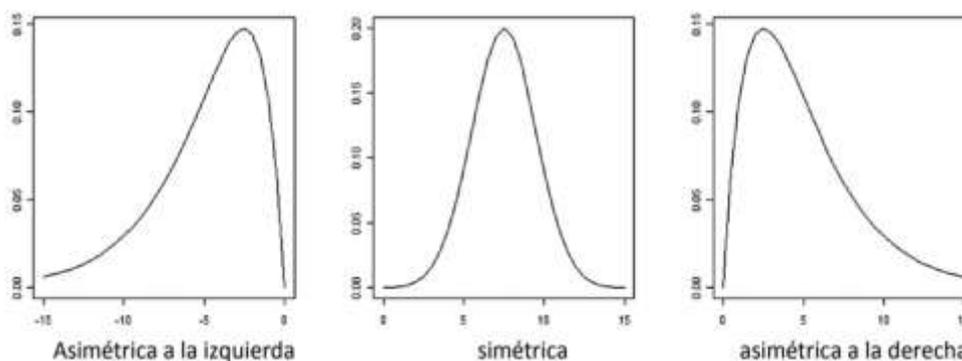


Figura 17. Formas típicas de distribuciones de datos

Fuente:

http://www.lock5stat.com/StatKey/theoretical_distribution/theoretical_distribution.html#normal

El coeficiente de curtosis: Es el mismo que el anterior, según nuestras condiciones existen varias formas de encontrarlo para esta situación, usamos la curtosis en función de percentiles, y viene dado por:

$$k = \frac{P75 - P25}{2 * (P90 - P10)}$$

Los coeficientes de asimetría se interpretan de la siguiente manera:

Si $k < 0,263$, es cuando los datos están muy concentrados hacia la media, la distribución se denomina LEPTOCÚRTICA (más aplanada que la curva normal).

Si $k = 0.263$, es cuando los datos están dispersos regularmente, la distribución se llama MESOCURTIC (apuntando a la curva normal).

Si $k > 0.263$, es cuando los datos están muy dispersos, la distribución se llama PLATICÚRTICA (más puntiaguda que la curva normal).

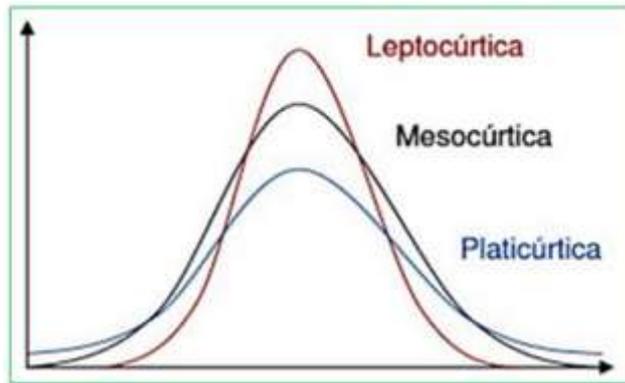


Figura 18. Formas típicas del coeficiente de curtosis.

Fuente:

http://www.lock5stat.com/StatKey/theoretical_distribution/theoretical_distribution.html#normal

Cálculo de la distribución F.

Se utiliza para comparar la uniformidad de dos o más variaciones de población. Para comparar la varianza de dos poblaciones, los supuestos son los siguientes:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ vs } H_1 = \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Las hipótesis nula y alternativa son:

H₀: Todas las partes de la población son iguales.

H₁: No todas las proporciones de la población son iguales.

Si S_1^2 con S_2^2 son las varianzas muestrales de dos muestras aleatorias de tamaños $n_1 \dots n_2$ tomadas de dos poblaciones independientes y con distribución normal con la misma varianza, la prueba se basa en un cociente en lugar de las diferencias entre estas varianzas.

$$F_{cal} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Si *H₀* es verdadero, *F_{cal}* tiene la distribución F de Fisher con n_1-1 grados de libertad en el numerador y n_2-1 grados de libertad en el denominador (n_1

tamaño de muestra con mayor varianza, ingresado de manera similar en el numerador S^2 más grande). El estadístico de prueba resultante debe ser con compararse con un valor de tabla de F (*F tabla*) que indica el valor máximo del estadístico de prueba que se produjo cuando H_0 es verdadero en un nivel de significancia seleccionado. Antes de continuar con este cálculo, se deben considerar las propiedades de la distribución F.

Distribución T de student.

La distribución t (de Student) surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño es pequeño. Se considera que una población es pequeña si tiene menos de 30 sujetos. Se utiliza para determinar la presencia de diferencias significativas entre las medias de una variable cuantitativa dada en dos conjuntos de datos.

Requisitos:

Los datos se distribuyen en cada grupo según una distribución normal.

Las varianzas de las dos muestras deben ser las mismas.

Muestras independientes y menos de 30. Las hipótesis pueden ser:

a) Hipótesis de dos colas.

También se le llama prueba bilateral porque es importante identificar las diferencias del valor hipotético de la media μ_0 encontrada en algún lugar de μ_0 . En tal prueba, el área crítica se divide en dos partes, con la misma probabilidad (generalmente) en cada extremo de la distribución de la estadística de prueba.

$$H_0: \mu_{\bar{X}CV} = \mu_{\bar{X}c}$$

$$H_1: \mu_{\bar{X}CV} \neq \mu_{\bar{X}c}$$



Figura 19. Curva de Distribución para hipótesis de dos colas.

Fuente:

http://www.lock5stat.com/StatKey/theoretical_distribution/theoretical_distribution.html#normal

- b) **Hipótesis unilateral** La hipótesis plantea que existen diferencias entre las medias de los grupos considerados, siempre que una de las dos medias sea mayor que la otra. La hipótesis nula establece que no existen diferencias entre estas medias, o que las diferencias son en sentido contrario a lo expresado en la hipótesis.

$$H_0: \mu_{\bar{X}CV} = \mu_{\bar{X}c}$$

$$H_0: \mu_{\bar{X}CV} > \mu_{\bar{X}c}$$

$$H_1: \mu_{\bar{X}CV} = \mu_{\bar{X}c}$$

$$H_0: \mu_{\bar{X}CV} < \mu_{\bar{X}c}$$



Figura 20. Curva de Distribución para hipótesis de una cola a la derecha.

Fuente:

http://www.lock5stat.com/StatKey/theoretical_distribution/theoretical_distribution.html#normal



Figura 21. Curva de Distribución para hipótesis de una cola a la Izquierda.

Fuente:

http://www.lock5stat.com/StatKey/theoretical_distribution/theoretical_distribution.html#normal

Calculo y Procedimiento

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

Donde:

n_1 y n_2 : tamaños de las muestras 1 y 2.

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 : valores medios de las muestras 1 y 2.

S_1^2 y S_2^2 : varianzas de las muestras 1 y 2, respectivamente.

Prueba de hipótesis.

Según (Hernández, 2014) una hipótesis es una suposición o declaración hecha por una o más poblaciones. En la mayoría de los procesos no es posible trabajar con toda la población, por lo que los estudios se realizan mediante muestreo aleatorio, es decir, se hace una propuesta y se toma una decisión con los datos obtenidos si se hace una propuesta de parámetro. es aceptado o rechazado. Esta oración se llama hipótesis, y el proceso de tomar una decisión sobre la hipótesis se llama prueba de hipótesis.

Las hipótesis estadísticas que examinaremos son: la hipótesis nula, que surge con la esperanza de ser rechazada y denotada por H_0 ; y la hipótesis alternativa, que se acepta una vez que se rechaza el cero, y que se denota H_a . La hipótesis nula de un parámetro de una población se especifica de tal manera que especifica un valor exacto del parámetro, mientras que la alternativa permite la posibilidad de muchos valores. Para realizar la prueba de hipótesis, hay 6 pasos a considerar:

1. Establezca la hipótesis nula (H_0). La hipótesis nula es insustituible, se basa en un único valor, esta hipótesis se suele construir como una cosa igual. Por ejemplo, $H_0: u_1 = u_2$.
2. Determine los parámetros de interés. En otras palabras, el parámetro puede ser la media global "u" según el parámetro a evaluar.
3. Seleccione el nivel de importancia. El nivel de significancia más recomendado es $\alpha = 0.05$, con una probabilidad de certeza del 95%, $\alpha = 0.01$, con una probabilidad de certeza del 99%.
4. Especifique la hipótesis alternativa adecuada (H_a). Hay dos hipótesis alternativas:

Hipótesis bilateral: En el caso de que sea importante verificar la diferencia en los valores de u_1 , esta tiene la misma probabilidad en los lados izquierdo y derecho de la distribución T de Student. Cuando la conclusión extraída no implique ninguna dirección en particular y la respuesta sea "no es igual", utilice el supuesto bilateral.

Hipótesis unilateral: Donde $H_a: u_1 < u_2$, lo que significa que el área clave está en la cola inferior de la distribución T de Student o la pose $H_a: u_1 > u_2$, lo que significa que el área clave está en la cola superior de la distribución T de Student. Distribución estatal. Cuando la proposición

propuesta debe responderse como "mayor que", "menor que", "mayor que", etc., se utiliza la hipótesis unilateral.

5. Configure el área de rechazo para las estadísticas. Determine la zona de exclusión con base en el puntaje T obtenido. Para la hipótesis con alternativas unilaterales: (ver anexo N° 22)

Ho: $u_1 = u_2$

Ha: $u_1 > u_2$

Entonces, si: $Z_o < Z$ se rechaza la hipótesis

6. Establezca estadísticas de prueba. El estadístico de prueba nos permitirá rechazar o aceptar la hipótesis con base en el valor obtenido y el nivel de significancia, es decir, si el valor del estadístico de prueba está dentro de la región crítica, entonces se tomó una decisión. Más real. Para el caso donde hay 2 poblaciones en estudio, la estadística de prueba será:

$$Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Entre ellos:

u_1 : El valor medio de la distribución normal del hormigón.

u_2 : El valor medio de la distribución del hormigón modificado.

σ_1 σ_2 : Desviación de distribución del hormigón ordinario.

σ_2 : La diferencia en la distribución del hormigón modificado.

N_1 : La muestra total de hormigón ordinario.

N_2 : Muestra total de hormigón modificado.

Si ambas poblaciones muestran la distribución T de student, la distribución $u_1 - u_2$ también será la distribución T de student. La puntuación Z indica la dirección y el grado de desviación del valor único obtenido del valor promedio (u) de las unidades de desviación estándar.