



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL

TEMA:

“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL
HORMIGÓN ADICIONADO CENIZA DE CÁSCARA DE NUEZ”

AUTORA: Irene Elizabeth Muyulema Sailema

TUTORA: Ing. M.Sc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre

AMBATO - ECUADOR

Septiembre - 2023

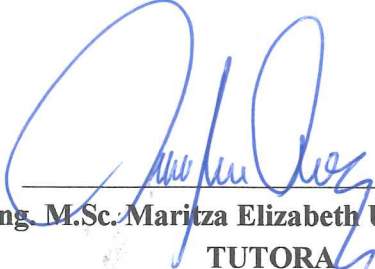
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema “**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN ADICIONADO CENIZA DE CÁSCARA DE NUEZ**”, elaborado por la Srta. Irene Elizabeth Muyulema Sailema, portadora de la cédula de ciudadanía C.I. 1850689678, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2023



Ing. M.Sc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre
TUTORA

AUTORÍA DE TRABAJO TITULACIÓN

Yo, Irene Elizabeth Muyulema Sailema, con C.I. 1850689678 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Trabajo Experimental con el tema: **“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN ADICIONADO CENIZA DE CÁSCARA DE NUEZ”**, así como también los análisis estadísticos, ideas, criterios, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2023



Irene Elizabeth Muyulema Sailema

C.I. 1850689678

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, septiembre 2023



Irene Elizabeth Muyulema Sailema

C.I. 1850689678

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Irene Elizabeth Muyulema Sailema de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema “**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN ADICIONADO CENIZA DE CÁSCARA DE NUEZ**”

Ambato, septiembre 2023

Para constancia firman



Ing. María Fernanda Pico Núñez, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera, Mg
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico primeramente a Dios por darme sabiduría y entendimiento, por ser mi luz y mi guía en este camino que juntos hemos logrado culminar. A mis padres Rafael y Carmen por ser mi ejemplo de perseverancia, por darme fuerzas en cada dificultad que se me presento en el transcurso de mi vida universitaria y por todo el amor que me han demostrado. A mi Esposo Wilson y A mi hijo Eliezer que han sido el enfoque de mi vida para culminar con esta etapa tan importante en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios porque ha sido mi fortaleza en mis debilidades, me acompañado en cada etapa de mi vida, ciertamente este logro se lo debo a Él pues siempre ha caminado conmigo.

Agradezco a mis padres Rafael y Carmen por ser mi ejemplo a seguir, por todo el apoyo que me brindaron, por las palabras de aliento en momentos difíciles y por todo el amor que siempre han tenido para mí.

Agradezco a mis hermanos Viviana, David y Daniel por todo el apoyo que me brindaron y por ser incondicionales en mi vida.

Agradezco también a mi esposo Wilson por apoyarme en los buenos y malos momentos, por siempre brindarme su ayuda y por el amor con que supo decirme “sigue adelante tu puedes”.

Agradezco a mi más grande amor a mi hijo Eliezer por ser el motor de mi vida y por el cual no me di por vencida.

Finalmente agradezco a la Ing. Maritza Ureña por las tutorías que me ha brindado durante el tiempo que se me ha tomado el desarrollo de este trabajo experimental.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES	
PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DE TRABAJO TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	5
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo General:.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos:.....	7
CAPÍTULO II	8
METODOLOGÍA	8
2.1. Materiales y Equipos	8
2.1.1. Materiales y equipos usados para el objetivo 1:.....	8
2.1.2. Materiales y equipos usados para el objetivo 2:.....	13
2.1.3. Materiales y equipos usados para el objetivo 3:.....	14
2.2. Métodos	14
2.2.1. Etapa 1 Preliminar.....	15
2.2.2. Etapa 2 – Ensayos de Laboratorio.....	16
2.2.3. Etapa 3 – Resistencia a compresión de probetas.....	24
2.2.4. Etapa 4 – Comparación de Resistencia a Compresión.....	26
CAPÍTULO III	27

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1. Análisis de los ensayos realizados a los agregados	27
3.1.1. Ensayos de laboratorio realizados a los agregados	27
3.1.2. Ensayo de laboratorio realizado al cemento.....	36
3.1.3. Ensayos realizados a la Ceniza de Cáscara de Nuez.....	37
3.1.4. Dosificación del Hormigón	38
3.1.5. Dosificación al peso de hormigón simple y de hormigón con adición de Ceniza de Cáscara de Nuez	40
3.2. Análisis y discusión de resultados.....	45
3.2.1. Propiedades del Hormigón en Estado Fresco.....	45
3.2.2. Propiedades del hormigón en estado endurecido	51
3.2.3. Comparación de resistencia a compresión de probetas de hormigón simple y con adición de ceniza de cáscara de nuez.....	63
3.3. Análisis de Precios Unitarios.....	66
3.4. Análisis Costo-Beneficio.....	68
3.5. Verificación de hipótesis:	68
CAPÍTULO IV	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
4.2. Conclusiones:	69
4.3. Recomendaciones:.....	71
C. MATERIALES DE REFERENCIA	72
Referencias bibliográficas:.....	72
Anexos.....	76

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1.- Descripción de materiales usados para la obtención de ceniza	8
TABLA 2.- Descripción de materiales usados para la elaboración de hormigón. .	9
TABLA 3.- Descripción de equipo utilizado para la elaboración de hormigón. ...	9
TABLA 4.- Descripción de materiales y equipo usado para elaboración de probetas.....	12
TABLA 5.- Descripción de equipo usado para ensayo a compresión de probetas.....	14
TABLA 6.- Descripción de equipo usado para la comparación de resistencias. .	14
TABLA 7.- Límites en % que debe pasar el árido fino	16

TABLA 8.-	Requisitos para la gradación de áridos gruesos.....	17
TABLA 9.-	Nomenclatura para el método de la densidad óptima.....	21
TABLA 10.-	Cantidad de Pasta en % según el asentamiento.....	22
TABLA 11.-	Resistencia a compresión del hormigón en función de la relación agua/cemento (w/c).....	22
TABLA 12.-	Número de capas requeridas para los cilindros.....	24
TABLA 13.-	Número de golpes de acuerdo al diámetro de los cilindros.....	24
TABLA 14.-	Cantidad de probetas a ensayar.....	25
TABLA 15.-	Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de probetas.....	26
TABLA 16.-	Análisis granulométrico del agregado fino.....	27
TABLA 17.-	Análisis granulométrico del agregado grueso.....	28
TABLA 18.-	Densidad aparente suelta y compacta del agregado fino.....	29
TABLA 19.-	Densidad aparente suelta y compacta del agregado fino.....	30
TABLA 20.-	Densidad aparente compactada de la mezcla.....	31
TABLA 21.-	Densidad Real del Agregado Fino.....	32
TABLA 22.-	Capacidad de Absorción del Agregado Fino.....	33
TABLA 23.-	Densidad Real Agregado Grueso.....	33
TABLA 24.-	Capacidad de Absorción del Agregado Grueso.....	34
TABLA 25.-	Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	35
TABLA 26.-	Contenido de humedad del Agregado Grueso.....	35
TABLA 27.-	Densidad Real del Cemento.....	36
TABLA 28.-	Contenido de Humedad y Capacidad de Absorción de la ceniza de cáscara de nuez.....	37
TABLA 29.-	Resultados de Ensayos realizados.....	38
TABLA 30.-	Dosificación del Hormigón por el Método de las Densidades Óptimas.....	39
TABLA 31.-	Corrección por Humedad.....	40
TABLA 32.-	Dosificación al peso $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	40
TABLA 33.-	Dosificación con adición de 0.5% de Ceniza de Cáscara de Nuez ..	41
TABLA 34.-	Dosificación con adición de 1% de Ceniza de Cáscara de Nuez	42
TABLA 35.-	Dosificación adición de 1.5% de Ceniza de Cáscara de Nuez	43
TABLA 36.-	Dosificación con adición de 2% de Ceniza de Cáscara de Nuez	44
TABLA 37.-	Propiedades del Hormigón en Estado Fresco $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	45
TABLA 38.-	Elaborado por: Muyulema Irene Propiedades del Hormigón Fresco con 0.5% de Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez	46

TABLA 39.-	Propiedades del Hormigón Fresco con 1% de Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez.....	47
TABLA 40.-	Propiedades del Hormigón Fresco con 1.5% de Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez.....	48
TABLA 41.-	Propiedades del Hormigón Fresco con 2% de Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez.....	49
TABLA 42.-	Ensayo a compresión de cilindros de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$ a los 7 días.....	51
TABLA 43.-	Ensayo a compresión de cilindros de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$ a los 14 días.....	52
TABLA 44.-	Ensayo a Compresión de Probetas de Hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$ a los 28 días.....	53
TABLA 45.-	Ensayo a Compresión de Probetas con Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez a los 7 días.....	54
TABLA 46.-	Ensayo a Compresión de Probetas con Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez a los 14 días.....	57
TABLA 47.-	Ensayo a Compresión de Probetas con Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez a los 28 días.....	60
TABLA 48.-	Comparación de Resistencia a Compresión de probetas de hormigón simple y con adición de ceniza de cáscara de nuez.....	63
TABLA 49.-	Costo de hormigón simple $f'c=240\text{kg/cm}^2$	66
TABLA 50.-	Costo de hormigón adicionado 1% de ceniza de cáscara de nuez....	67
TABLA 51.-	Cuadro Comparativo de Análisis Costo – Beneficio.....	68

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICO 1.	Gráfica de Barras de Comparación de Resistencia a los 7 días	55
GRÁFICO 2.	Resistencia a Compresión a los 7 días Vs % de ceniza de cáscara de nuez.....	55
GRÁFICO 3.	Comparación de Resistencia a los 14 días	58
GRÁFICO 4.	Resistencia a Compresión a los 14 días Vs % de ceniza de cáscara de nuez.....	58
GRÁFICO 5.	Comparación de Resistencia a los 28 días	61
GRÁFICO 6.	Resistencia a Compresión a los 28 días Vs % de ceniza de cáscara de nuez.....	61
GRÁFICO 7.	Curva de resistencia de las probetas ensayadas a compresión.....	64
GRÁFICO 8.	Resistencia de las probetas ensayadas a compresión.....	64

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación tuvo como finalidad comparar los resultados obtenidos del ensayo a compresión de las probetas de hormigón simple y hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez en sustitución parcial del cemento.

Empezó con la calcinación de cáscaras de nuez entre 500 a 600°C para obtener la ceniza. Se realizó ensayos para determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados, del cemento y de la ceniza de cáscara de nuez según las normas NTE INEN, observando que fueron eficientes para la mezcla del hormigón. Se realizó el cálculo de la dosificación por el Método de Densidad Óptima para un hormigón de 240 kg/cm², con ello se procedió a elaborar las muestras de hormigón simple y con adición de ceniza en porcentajes del 0.5, 1, 1.5 y 2 por ciento, para lo que se estimó 3 probetas por porcentaje y por día de ensayo dando una total de 45.

Finalmente se efectuó los ensayos a compresión de las probetas de hormigón simple y con adición ceniza a los 7,14 y 28 días de edad, con lo que se concluyó que a los 28 días hubo un aumento en la resistencia a compresión con las adiciones del 0.5 y 1 por ciento con valores de 325.66 y 335.45 kg/cm² respectivamente, no obstante, se observó que con la adición del 1.5 y 2 por ciento tuvo una disminución considerable con valores de 292.95 y 285.06 kg/cm², demostrando que esta investigación tuvo un impacto importante en la búsqueda de nuevas formas de producir el hormigón.

Palabras clave: Cáscara de nuez, Ceniza, Densidades óptimas, Resistencia a compresión, Calcinación.

ABSTRACT

This research aimed to compare the results obtained from the compression test of simple concrete specimens and concrete added walnut shell ash in partial substitution of cement.

He began with the calcination of walnut shells between 500 to 600°C to obtain the ash. Tests were carried out to determine the physical-mechanical properties of aggregates, cement and walnut shell ash according to NTE INEN standards, observing that they were efficient for mixing concrete. The calculation of the dosage was carried out by the Optimal Density Method for a concrete of 240 kg / cm², with this we proceeded to elaborate the samples of simple concrete and with addition of ash in percentages of 0.5, 1, 1.5 and 2 percent, for which it was estimated 3 specimens per percentage and per day of test giving a total of 45.

Finally, compression tests of simple concrete specimens and ash addition were carried out at 7, 14 and 28 days of age, which concluded that at 28 days there was an increase in compressive strength with additions of 0.5 and 1 percent with values of 325.66 and 335.45 kg / cm² respectively, however, it was observed that with the addition of 1.5 and 2 percent it had a considerable decrease with values of 292.95 and 285.06 kg / cm², demonstrating that this research had an important impact on the search for new ways to produce concrete.

Keywords: Walnut shell, Ash, Optimal densities, Compressive strength, Calcination.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

El hormigón ha sido uno de los materiales más empleados en la construcción desde la época de la edad de piedra hasta nuestros tiempos, pues este es un material con alta resistencia a las vibraciones y a las temperaturas. Los edificios, túneles, puentes, presas, entre otras infraestructuras son ejemplo de lo que se puede construir con este material. [1]

Varios descubrimientos en Lepensky y Danubio permitieron afirmar que, durante la edad de piedra, los habitantes construían sus viviendas usando piedra caliza, arena, grava y agua. Este tipo de mezcla se considerará como un hormigón rudimentario. [2]

Por otro lado, los constructores romanos quienes poseían una gran habilidad constructiva y la facilidad de obtener cerca arenas volcánicas con propiedades cementicias en el año 200 a.C descubrieron un cementante natural; la ceniza volcánica también conocida como puzolana, material extraído de Puzzuoli proveniente del monte Versubio. Esto llevo a cabo la creación del “cemento romano” que al ser mezclado con cal y agua formaba un aglomerante hidráulico que contaba con propiedades físicas y mecánicas casi similares a la del hormigón usado en la actualidad, este fue usado para la construcción del Coliseo Romano y el Teatro de Pompeya. [2][3]

Posteriormente el ingeniero Louis Vicat entre los años 1786-1861 estableció bases de cemento artificial, pues realizó una investigación acerca de los aglomerantes hidráulicos y sus tiempos de fraguado. Vicat fue el primer científico en estudiar a profundidad y demostrar que las propiedades de la cal natural están arraigadas a la arcilla diseminada. En 1818 publicó un artículo en una revista científica sobre la fabricación del cemento denominado “*Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires.*” en la que dio a conocer como se obtiene la cal hidráulica partiendo de cualquier tipo de piedra caliza a partir de apagar la cal para luego mezclarla con agua y arcilla pura conformando así una masa pegajosa

la que sería introducida al horno una vez secada al sol, obteniendo de esta manera un material nuevo con propiedades distintas. [4]

Y en el año 1824 en Reino Unido el inventor Joseph Aspedin patentó un invento; la mezcla de Clinker molido obtenido por medio de la incineración entre 1350-1450°C adicionalmente se agregaba una cierta proporción de yeso, a este invento lo llamó “Cemento Portland” debido a que se usaría piedra extraída de la famosa cantera ubicada en Portland. [4] Este nuevo material fue capaz de adecuarse a las construcciones y en 1828 este fue utilizado en el túnel que atravesaba el Río Támesis como recubrimiento, además en 1865 se edificó la primera carretera [5]

En Ecuador, la industria del cemento comienza en el año a 1923 con la fundación de plantas, industrias y construcciones. Hoy en día existen algunas compañías que se encargan de la producción de cemento, dos de ellas son privadas (HOLCIM y LAFARGE) y los dos restantes son del estado ecuatoriano (CHIMBORAZO Y GUAPAN). Estas empresas nacionales son las encargadas de proporcionar el 100% de cemento a todo el Ecuador. [6]

De acuerdo con el laboratorio de ingeniería sostenible a nivel global alrededor del 5% de las emisiones totales de CO₂ se debe a la industria del cemento. Dentro de esta industria los procesos que mayor contaminación generan, con más del 60% se debe a la descarbonatación, es decir de la transformación de la caliza en cal viva, y entre el 30 y 40% se debe al manejo de combustibles necesarios para su elaboración y transporte. [7] Por otra parte las emisiones que se generan en este ámbito dependen de las características de la producción como la tecnología, eficiencia de producción, ubicación geográfica, selección de combustibles para el horno y combinación de fuentes de energía usadas para generar electricidad.[8]

Según Ana León y Vanessa Guillén [9], en su investigación “*Determinación de la energía contenida y emisiones de CO₂ en el proceso de fabricación del Cemento*” presenta datos cuantitativos de energía y emisiones de CO₂ realizados en Ecuador los mismos que resultan del proceso de fabricación de cemento. Se estableció que 1

tonelada de cemento consume 3.191,64 MJ de energía y genera 510.54 Kg CO₂. Asimismo, en esta investigación se demostró que la clinkerización genera la mayor contribución de emisiones liberadas en la atmosfera por su proceso de calcinación de la caliza y por la quema de combustibles fuel oil.

La forma de reducir las emisiones totales es sustituir parcialmente al cemento con un material de menor impacto, o a su vez con subproductos que ayuden a reducir la huella de carbono sin que afecte a sus propiedades mecánicas. Unos de estos materiales pueden ser las puzolanas pues tienen un impacto positivo al sustituirlas parcialmente por el cemento pues ayudan a mejorar la resistencia del hormigón [7]

Las puzolanas son materiales silíceos o silíceo-aluminosos que por sí solos contienen poco o ningún valor cementante, por otro lado, estas finamente divididas y en presencia de humedad e hidróxido de calcio reaccionan químicamente a temperatura ambiente, formando así propiedades cementantes.[10]Al contar con estas características hace posible sustituir ciertas cantidades de cemento por puzolana sin afectar o incluso mejorar su resistencia. [11]

Las puzolanas se dividen en dos grupos: Las puzolanas naturales de origen mineral son procedentes de erupciones explosivas como las cenizas volcánicas, de origen orgánico como las rocas sedimentarias lustras o marinas, además estas pueden formarse por la acumulación de esqueletos y caparzones silíceos de animales y plantas microscópicas. Las Puzolanas artificiales son aquellas que se obtienen por medio de la incineración de rocas arcillosas o esquistas o de residuos agrícolas los mismos que al ser quemados a una temperatura adecuada generan un residuo mineral rico en sílice y alúmina. [11]

Para puzolanas adquiridas de desechos agrícolas la manera más viable para el mejoramiento de sus propiedades es una calcinación controlada, además la temperatura de combustión debe estar en un rango que oscila entre 400 – 800°C, con ello se garantiza de que la sílice se formará en fases amorfas, de mucha reactividad. [12]

La nuez es un producto de origen agrícola está localizada en 68 países entre los más importantes Estados Unidos con un 53.1% es el mayor productor y consumidor a nivel mundial, en segundo lugar, Australia con el 27.9% y en tercer lugar Kenya con 3.6%. Los principales surtidores de nueces a Norteamérica son los países de Guatemala, Kenya, Sudáfrica y Costa Rica. En Latinoamérica que el principal productor es Brasil con un total de producción del 33% alrededor de 205 toneladas para el mercado estadounidense y el 28% alrededor de 174 toneladas destinado al mercado europeo y el restante destinado a otros países. [13]

En 1976 el árbol de nuez es conocida por primera vez en Ecuador por Donald Brainer y en 1988 se realizó la primera importación comercial de plantas. Actualmente en Ecuador existen entre 2000 a 4000 hectáreas sembradas, además el clima es una ventaja favorable pudiendo así cosechar todo el año. Las provincias en donde se encuentran localizadas estas plantaciones son: Santo Domingo, La Concordia, Puerto Quito Imbabura, Archidona, Tungurahua, Morona Santiago, etc. [13]

De la cruz, Sáenz y Cortés[14], en su investigación de carácter experimental titulada “*Concreto ligero utilizando cáscara de nuez*” se evidenció que al sustituir parcialmente el agregado grueso por porcentajes 10%, 15% y 20% de cáscara de nuez triturada, su resistencia a compresión tiene un valor óptimo con el 15%. Mientras que al adicionar el humo sílice en diferentes porcentajes al 15% de cáscara de nuez triturada muestra una resistencia a compresión creciente.

Izquierdo Juan, Alvares María, Rojas Manuel [15], en su investigación titulada “*Uso de la ceniza de bagazo de caña como reemplazo parcial del cemento portland*”, se evidenció que la ceniza de bagazo de caña posee un alto contenido de sílice lo cual hace que este material tenga una alta actividad puzolánica además de un mejoramiento en sus propiedades mecánicas y durabilidad, pues por la reacción puzolánica la porosidad es disminuida y con ello aumenta la resistencia a diferentes esfuerzos.

Por otro lado, en la investigación realizada en el XVIII Concurso Universitario de Feria de las Ciencias en México titulada “*Nuezistente*” se realizó un estudio que busca crear una mezcla a partir de polímeros para reutilizar los desechos generados por la industrialización de la nuez, por medio de pruebas, pasos y hallazgos sobre dicho material. En México, el 95% de la cáscara de nuez es desechada lo que provoca un aumento de contaminación y por ende un alto volumen de basura, por lo que, si se da el uso de este residuo por medio de la creación de nuevos productos, el volumen de basura disminuiría considerablemente. En esta investigación evidenció que la nuez es un producto innovador debido a que es resistente a factores externos tales como la presión, químicos y al fuego, lo que conlleva a que este producto sea viable para producir distintos productos de uso común. [16]

Flores Vargas Patricia [17], realizó una investigación titulada “*Adición de cenizas de cáscara de nuez para incrementar la resistencia a compresión del concreto 210kg/cm², Puno - Perú*” donde se demostró que con el 1% de adición de ceniza de cáscara de nuez la resistencia a compresión incrementa en un 6.5% a comparación de la resistencia del concreto convencional. [17]

Con lo descrito anteriormente vemos que el hormigón a lo largo del tiempo siempre ha sido de gran utilidad tanto para el desarrollo económico como para de la civilización, debido a su alto costo y el impacto ambiental que genera la producción del cemento así como los residuos agrícolas se ha buscado la forma de innovar nuevas alternativas en la producción del hormigón como lo es el material puzolánico, el cual no tiene efecto a la resistencia, sino que es posible aumentarla con las proporciones adecuadas.

1.2. Justificación

En los últimos años, se ha visto el deterioro notable del medio ambiente ocasionadas por actividades productivas y explotación de recursos renovables y no renovables por lo que se ha optado buscar nuevos mecanismos que ayuden a conservar y proteger

nuestro medio ambiente, para ello se ha tomado en cuenta los residuos de productos agrícolas como lo es la cáscara de nuez.

En Chile, actualmente la cáscara de nuez se la comercializa a muy bajo costo y es usada como biocombustible, además se usa también para la decoración de caminos y jardines, pero en su mayor parte la cáscara es acumulada como desechos en las industrias y vertederos, contaminando espacios y atrayendo con ello a mosquitos en localidades cercanas. [18]

En Ecuador, el manejo inadecuado de estos residuos en las empresas agroalimentarias incide sobre el equilibrio medioambiental, ya que al ser arrojados en botaderos a cielo abierto produce una contaminación grave sobre el suelo, el agua y otros espacios naturales. Por otro lado, los residuos agroindustriales al tener excelentes características físicas, químicas y biológicas pueden ser aprovechados para diversas aplicaciones pues poseen un enorme potencial.[19]

El elevado nivel de utilización de recursos naturales, energéticos, las emisiones de CO₂ y otros contaminantes nos han llevado a buscar posibilidades futuras en la construcción, una de estas posibilidades es disminuir el consumo de cemento al reemplazarlo con adiciones parciales que sustituyan a este material por otro de menor impacto. [20]

Esta investigación tiene el propósito de estudiar el comportamiento del hormigón con la adición de ceniza de cáscara de nuez que tiene por objeto mejorar las propiedades del mismo, brindando con ello una construcción con materiales de calidad y también el de ofrecer a la población una mejor calidad de vida y seguridad para su integridad física, así como el de disminuir el impacto ambiental. Además, el desarrollo de este proyecto es probable puesto que existen fuentes bibliográficas que lo sustenten y, además equipo necesario para ser analizado con lo que se obtendrá datos verídicos.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General:

- Determinar la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Elaborar probetas de hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez en porcentajes del 0.5%, 1%, 1.5% y 2%.
- Ensayar a compresión a los 7,14 y 28 días de edad, probetas de hormigón elaborado con ceniza de cáscara de nuez.
- Comparar la diferencia de resistencia a compresión que existe entre el hormigón $f'c=240\text{kg/cm}$ y el hormigón con la adición de ceniza de cáscara de nuez de porcentajes de 0.5%,1%, 1.5% y 2%.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales y Equipos

2.1.1. Materiales y equipos usados para el objetivo 1:

- Elaborar probetas de hormigón adicionado cáscara de nuez en porcentajes del 0.5, 1%, 1.5% y 2%.

Para el cumplimiento de este objetivo en primer lugar se realizó un pretratamiento a las cáscaras de nueces donde se utilizó los siguientes materiales y equipos.

TABLA 1.- Descripción de materiales usados para la obtención de ceniza

MATERIAL	DETALLE	DESCRIPCIÓN
<i>Cáscara de Nuez</i>	– Origen: Plantaciones ubicadas en Cevallos	Se realizó un lavado profundo en donde se eliminó en su mayor parte todas las impurezas, además se realizó un lavado especial con cal pues ayuda a eliminar los microorganismos y grasas existentes.
<i>Horno Industrial</i>	– Marca: Casa ImplenoX	Se usó para la incineración de nueces a una temperatura entre 500°C y 600°C por un tiempo de 10 minutos.
<i>Pirómetro Industrial</i>	– Marca: Infrared. – Modelo: DT-600. – Temperatura: - 50°C a 600°C.	Fue usado para la medición de temperatura en el proceso de incineración.
<i>Molino de Granos</i>	– Marca: Corona	Se utilizó para moler las cáscaras de nuez que no se deshicieron por total.

Elaborado por: Muyulema Irene

Luego se realizó varios ensayos según las normas ASTM e INEN, para esto se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

TABLA 2.- Descripción de materiales usados para la elaboración de hormigón.

MATERIAL	DETALLE	DESCRIPCIÓN
<i>Agregado Grueso</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Origen: Cantera Villacrés – Tipo: triturada – Tamaño: 3/4" 	Se compone de roca o grava dura cuya función es ser mezclada junto con otros materiales para la fabricación de hormigón.
<i>Agregado Fino</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Origen: Cantera Villacrés – Tipo: Natural – Tamaño: fino 	Esta es una arena natural proveniente de las cantera y es utilizada para la fabricación de hormigón.
<i>Cemento</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Marca: HOLCIM – Tipo: GU 	Se utilizó para los ensayos y la fabricación de hormigón su función principal es dar resistencia y durabilidad.

Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 3.- Descripción de equipo utilizado para la elaboración de hormigón.

ENSAYO	NORMA	EQUIPO	DESCRIPCIÓN
<i>Granulometría</i>	(NTE INEN 696:2010 / ASTM C-136)	Horno eléctrico <ul style="list-style-type: none"> – Marca: Humboldt. – Potencia: 1920 W. 	Se usó para secar las muestra a una temperatura uniforme de 110°C ± 5°C.
		Tamices cuadrados <ul style="list-style-type: none"> – Aberturas: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4 	Se usó para el tamizaje de agregados finos colocados en orden ascendente.
		Tamices redondos <ul style="list-style-type: none"> – Marca: Humboldt. – Aberturas: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 	Se usó para el tamizaje de agregados gruesos colocados en orden ascendente.
		Secadora <ul style="list-style-type: none"> – Marca: Umco 	Se usó para el secado de muestras a fin de lograr muestras saturadas superficialmente secas.

<i>Densidad Real y Absorción del agregado fino.</i>	(NTE INEN 856:2010 /ASTM C-128)	<i>Cono de Absorción de Arena</i> <ul style="list-style-type: none"> – ϕsuperior: 40mm – ϕ inferior: 90 mm – Altura: 75 mm 	Se utilizó para verificar si la muestra está en estado saturado superficialmente seco.
		<i>Pistón</i> <ul style="list-style-type: none"> – Diámetro:25.4 mm – Altura:168 mm. 	Se utilizó para compactar la arena introducida dentro del cono de Absorción de Arena.
		<i>Picnómetro</i> <ul style="list-style-type: none"> – Marca: LMS. – Material: Vidrio Boro 33. – Volumen nominal: 500 ml. – Tapón: NS 19 / 26. – Precisión: 0.25 ml 	Es un instrumento utilizado para medir la densidad de sustancias, debe estar bien calibrado y sin burbujas de aire para obtener mediciones con exactitud.
		<i>Pipeta</i> <ul style="list-style-type: none"> – Material: Vidrio Boro 33. – Volumen nominal: 20 ml. 	Estas permiten la transferencia de líquidos de un recipiente a otro.
		<i>Probeta</i> <ul style="list-style-type: none"> – Material: Polipropileno – Capacidad: 1000 ml. – Diámetro exterior: 66 mm – Altura: 439 mm 	Es un instrumento volumétrico utilizado para medir un determinado volumen pues cuenta con una escala por la parte exterior.
		<i>Balanza electrónica en gr.</i> <ul style="list-style-type: none"> – Marca: CHQ-DJ. – Modelo: DJ6001A 	Es un instrumento que sirve para pesar o medir la masa de un elemento o material.
		<i>Horno eléctrico</i> <ul style="list-style-type: none"> – Marca: Humboldt. – Potencia: 1920 W. 	Se usó para secar las muestra a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

<i>Densidad Real y Absorción del agregado grueso</i>	(NTE INEN 857:2010 /ASTM C-127)	Canastilla Metálica <ul style="list-style-type: none"> – Diámetro interno: 203 mm – Altura:203mm – Material: Malla de alambre N°8 reforzado tipo aro. 	Se usó para determinar el peso del agregado grueso dentro y fuera del agua.
<i>Densidad Real del Cemento</i>	(NTE INEN 156 /ASTM C-188)	Picnómetro <ul style="list-style-type: none"> – Marca: LMS. – Material: Vidrio Boro 33. – Volumen nominal: 500 ml. – Tapón: NS 19 / 26. – Precisión: 0.25 ml 	Es un instrumento utilizado para medir la densidad de sustancias, debe estar bien calibrado y sin burbujas de aire para obtener mediciones con exactitud.
		Pipeta <ul style="list-style-type: none"> – Material: Vidrio Boro 33. – Volumen nominal: 20 ml.. 	Estas permiten la transferencia de líquidos de un recipiente a otro.
		Balanza electrónica en gr. <ul style="list-style-type: none"> – Marca: CHQ-DJ. – Modelo: DJ6001A 	Es un instrumento que sirve para pesar o medir la masa de un elemento o material.
		Embudo <ul style="list-style-type: none"> – Marca: PICA. – Diámetro: 12 cm – Altura: 11cm. 	Se utilizó para pasar los líquidos dentro del picnómetro.
<i>Densidad Aparente Suelta y Compactada del Agregado Fino, Grueso y Mezcla.</i>	(NTE INEN 858:2010 /ASTM C-29)	Balanza electrónica grande kg. <ul style="list-style-type: none"> – Marca: NFC BALANZAS – Modelo: JW1-250 – Capacidad: 50kg 	Es un instrumento que sirve para pesar o medir la masa de un elemento o material.
		Molde Metálico para densidad aparente <ul style="list-style-type: none"> – Diámetro interno:30cm – Altura: 28.5cm – Peso: 9.83 kg 	Se utilizó para determinar la densidad aparente suelta y compacta de los agregados.

		Varilla Compactadora – Diámetro: 16mm con punta redondeada – Altura: 610 mm.	Se usó para compactar el material, pues con esta se quitan los vacíos de aire existentes atrapados al verter el material.
<i>Contenido de humedad</i>	(NTE INEN 862:2011 /ASTM C-566)	Horno eléctrico – Marca: Humboldt. – Potencia: 1920 W	Se usó para secar las muestra a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
		Recipientes Metálicos pequeños – Dimensiones: 648 x 610 – Geometría: redondos	Se usaron para tomar muestras en porciones pequeñas.
		Balanza electrónica en gr. – Marca: CHQ-DJ. – Modelo: DJ6001A	Es un instrumento que sirve para pesar o medir la masa de un elemento o material.

Elaborado por: Muyulema Irene

En esta sección se describen los equipos que se utilizaron para la fabricación de probetas de hormigón.

TABLA 4.- Descripción de materiales y equipo usado para elaboración de probetas.

EQUIPO	NORMAS	DETALLE	DESCRIPCIÓN
<i>Moldes Cilíndricos</i>	NTE INEN 3124- ASTM C39)	– Material: hierro – Dimensiones internas: 10mm x 20mm – Peso: 7.71 kg	Se usa para la colocación del hormigón fresco dando forma así a las probetas.
<i>Concretera</i>	(NTE INEN 1855-1)	– Material: hierro fundido – Tipo: eléctrica – Voltaje: 110 a 220V	Esta máquina es usada para la elaboración de hormigón. En el cual se coloca la arena, grava, agua y cemento a fin de que estas se mezclen homogéneamente.

<i>Cono de Abrams</i>	(ASTM C 143 / ASTM C 192 / AASHTO T23 / AASHTO T 119 / AASHTO T 126)	<ul style="list-style-type: none"> – Material: metálico en forma de cono – Base superior: 100 mm; Base inferior: 200mm; Altura: 300mm – Capacidad: 5.5 lts 	Es un instrumento que mide la consistencia del hormigón. Esta se obtiene mediante un valor de asentamiento que se visualiza y mide al retirar el cono que ha sido llenado con anterioridad.
<i>Varilla compactadora</i>	(ASTM C31 / ASTM C124 / ASTM C138 / ASTM C143 / ASTM C157 / ASTM C192 / ASTM C232 / ASTM C234)	<ul style="list-style-type: none"> – Material: Varilla de acero – Base superior: 100 mm – Base inferior: 200mm – Altura: 300mm 	Es un instrumento usado para realizar la compactación de las muestras mediante una serie de golpes por cada capa. Por cada capa 25 golpes.
<i>Cámara de curado</i>	(ASTM C 192)	<ul style="list-style-type: none"> – Base superior: 100 mm – Base inferior: 200mm – Altura: 300mm – Temperatura: 22±2°C. 	Se lo utiliza después de que el hormigón sea desencofrado para su curado final, estas deben mantenerse durante todo el tiempo sumergidas en el agua libre.

Elaborado por: Muyulema Irene

2.1.2. Materiales y equipos usados para el objetivo 2:

- Ensayar a compresión probetas a los 7,14 y 28 días de edad del hormigón elaborado con ceniza de cáscara de nuez.

A continuación, se presenta el equipo utilizado para dar cumplimiento al objetivo 2:

TABLA 5.- Descripción de equipo usado para ensayo a compresión de probetas.

EQUIPO	DETALLE	DESCRIPCIÓN
<i>Máquina de Compresión</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Marca: Shimadzu. – Modelo: Concreto 2000x. – Capacidad de prueba: 40 a 2000 KN en rango de 6 etapas. 	Esta máquina nos ayudó a realizar las pruebas a compresión en el hormigón de una manera eficaz y segura sin causar fracturas explosivas, pues cuenta con un indicador de carga de aguja lo que es ideal para la lectura de la carga total, además tiene un control bajo el software Trapezium X

Elaborado por: Muyulema Irene

2.1.3. Materiales y equipos usados para el objetivo 3:

- Comparar la diferencia de resistencia a compresión que existe entre el hormigón $f'c=240\text{kg/cm}$ y el hormigón con la adición de ceniza de cáscara de nuez de porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% y 2%.

Los materiales y equipos que se utilizaron para dar cumplimiento al objetivo 3 se dan a conocer en la siguiente tabla:

TABLA 6.- Descripción de equipo usado para la comparación de resistencias.

EQUIPO	DETALLE	DESCRIPCIÓN
<i>Laptop</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Marca: LEGION. – Modelo: 5 15!MH05H. 	<p>Los softwares que se usaron para esta investigación fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Excel 2016 • Microsoft Word 2016

Elaborado por: Muyulema Irene

2.2.Métodos

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos en este trabajo experimental, se ha dividido en 4 etapas como se muestran a continuación:

2.2.1. Etapa 1 Preliminar

En esta etapa se realizó estudios preliminares como es la recolección de información bibliográfica y recolección de materia prima para la elaboración de probetas de hormigón, a continuación, se detallan los procedimientos:

- **Recolección de Información Bibliográfica**

Se extrajo toda la información correspondiente a la historia del hormigón, puzolanas artificiales, la nuez en mercados nacionales e internacionales y hormigones adicionado ceniza de cáscara de nuez en sustitución parcial del cemento, las mismas que sustentan conceptos y procedimiento para el desarrollo de cálculos y ensayos.

Este apartado se efectuó con la ayuda de la investigación bibliográfica pues consiste en indagar información en medios online especializados como son libros, artículos y revistas científicas, páginas web, entre otras.

- **Recolección de cáscaras de nuez y proceso de calcinación de las mismas.**

En primer lugar, se recolecto las cáscaras de nuez provenientes de sembradíos ubicados en el Cantón Cevallos, posteriormente se realizó el lavado profundo de las cáscaras para la eliminación de residuos externos, finalmente estas fueron trasladadas a una mezcla de agua y cal con el objetivo de eliminar microorganismos y grasas naturales existentes.

Para la obtención de ceniza de cáscara de nuez, en primer lugar, se dejó secar las cáscaras, luego se procedió a la calcinación de las mismas en un horno industrial a temperaturas que varía de entre 500 y 600°C durante 10 minutos, finalmente cuando estas enfriaron fueron molidas a través de un molino de granos.

2.2.2. Etapa 2 – Ensayos de Laboratorio

En esta etapa se efectuó una investigación de laboratorio la cual consistió en realizar ensayos a los agregados, cemento y ceniza de cáscara de nuez, además se dio lugar a una investigación experimental pues se elaboraron de probetas de hormigón simple y con adición de ceniza de cáscara de nuez.

- **Ensayos de Laboratorio:**

1. **Granulometría de agregados finos y gruesos (NTE INEN 696:2010 y ASTM C-136):**

Corresponde a la gradación de muestras expuestas a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 1 día, estas serán colocadas en tamices según su tamaño de mayor a menor, luego tamizarlas y recoger información de la masa quedada en cada tamiz. De esta manera se obtiene los porcentajes del material retenido y acumulado. A continuación, se muestran los límites permitidos para agregado fino y grueso. [21]

TABLA 7.- Límites en % que debe pasar el árido fino

Tamiz (pulgadas)	Tamiz (mm)	Límite Inferior (%)	Límite Superior (%)
3/8"	9.5	100	100
No.4	4.75	95	100
No.8	2.36	80	100
No.16	1.18	50	85
No.30	0.6	25	60
No.50	0.3	5	30
No.100	0.15	0	10
No.200	0.075	-	-

Fuente: NTE INEN 872 [22]

TABLA 8.- Requisitos para la gradación de áridos gruesos

Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300 µm
1	de 90 a 37,5	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
2	de 63 a 37,5	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	de 50 a 25,0	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
357	de 50 a 4,75	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	de 37,5 a 19,0	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---
467	de 37,5 a 4,75	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	de 25,0 a 12,5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	de 25,0, a 9,5	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	de 25,0 a 4,75	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	de 19,0 a 9,5	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	de 19,0 a 4,75	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	de 12,5 a 4,75	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	de 9,5 a 2,36	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	de 9,5 a 1,18	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	de 4,75 a 1,18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTE INEN 872 [22]

2. Densidad Real y Capacidad de Absorción del agregado fino (NTE INEN 856:2010 y ASTM C-128):

Para este ensayo la muestra de arena fue secada a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, después de que ésta se enfrió, se sumergió en agua durante 24h. A continuación, se vertió el agua en exceso cuidando que no haya pérdida de arena, se expandió la muestra sobre un recipiente plano y se procedió a secar esta con una secadora cuidando que el secado sea homogéneo.

Luego se realizó el ensayo para la determinación de la humedad superficial, para ello se colocó el cono de arena sobre un espacio libre, manteniéndolo firme con la mano y llenándolo en 3 capas compactando cada una de ellas con 25 golpes ligeros con la ayuda de un pistón. Finalmente, se removió el exceso de árido alrededor de la base y se levantó verticalmente el molde. El árido se desmoronó ligeramente lo que indicó que la muestra se encontraba en estado saturado superficialmente seca (SSS).

Después de esto se separó 500 g de muestra (SSS), y se colocó dentro del picnómetro junto con el agua hasta el indicador marcado en el mismo, se removió hasta quitar las burbujas de aire del agregado. Posteriormente luego de ser eliminadas las burbujas, se registró la masa total de la muestra, agua y picnómetro. Finalmente se recogieron muestras en recipientes metálicos que son llevados al horno durante un día, se determinó la masa tanto de la muestra húmeda y seca después de haber salido del horno. [23]

Para el cálculo de la densidad real y capacidad de absorción del agregado fino se usó las siguientes fórmulas:

$$\text{Densidad Real (DRF)} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$\text{Capacidad de Absorción (CA\%)} = \frac{(S - A)}{A} * 100$$

Donde:

A = masa de la muestra seca, g.

B = masa del picnómetro lleno con agua, g.

$S = \text{masa de la muestra SSS}$ [23]

3. Densidad Real y capacidad de Absorción del agregado grueso (NTE INEN 857:2010 y ASTM C-127):

Para este ensayo se ocupó el ripio previamente secado y enfriado, este se sumergió en agua durante 24h. Luego se retiró el exceso de agua con una franela para así lograr una muestra en condición de Saturado Superficial Seco (SSS). Se procedió a tomar datos de la masa de la canastilla tanto en el aire como el en agua y también con el respectivo material. Finalmente se recogen muestras en recipientes metálicos y éstos son llevados al horno durante 24 horas, se debe determinar la masa tanto de la muestra húmeda y seca después de haber salido del horno.[24]

Fórmulas para el cálculo de la Densidad real y Absorción del agregado grueso:

$$\text{Densidad Real (DRG)} = \frac{B}{(B - C)}$$

$$\text{Capacidad de Absorción (CA\%)} = \frac{(B - A)}{A} * 100$$

Donde:

$A = \text{masa de la muestra seca al horno en el aire, en gramos}$

$B = \text{masa de la muestra SSS en el aire, en gramos}$

$C = \text{masa aparente en agua de la muestra SSS, en gramos}$ [24]

4. Densidad real del cemento según la norma (NTE INEN 156 y ASTM C-188):

Este ensayo se lo efectuó con el método del picnómetro, en éste se introdujo cemento y gasolina con la misma temperatura evitando que el cemento se adhiriera al interior del frasco. Posteriormente se giró el picnómetro en posición inclinada para la eliminación de burbujas de aire. Finalmente se tomó información de las masas respectivas.[25]

Fórmulas para el cálculo de la densidad del cemento:

$$Densidad Real (DRC) = \frac{Masa\ de\ cemento\ (g)}{Volumen\ de\ gasolina\ desalojada(cm^3)}$$

[25]

5. Densidad aparente compactada y suelta de la mezcla (NTE INEN 858:2010 y ASTM C-29):

En este ensayo se utilizó agregado fino y grueso previamente secos a una temperatura de $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$. Se colocó el agregado en el molde metálico de una forma suelta y se procedió a tomar datos de su masa. Luego se colocó el agregado dividiéndolo en tres capas y en cada una de estas compactándola con 25 golpes mediante una varilla de punta redonda para finalmente ser enrazada, se procedió a tomar datos de la masa. Finalmente se realizó el proceso compactado con la unión de los dos agregados en proporciones determinadas en base al ripio.[26]

Fórmula para el cálculo de la densidad aparente de los agregados:

$$Densidad\ Aparente\ (DA) = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

$G = masa\ del\ agregado + molde, en\ kilogramos$

$T = masa\ del\ molde, en\ kilogramos$

$V = volumen\ del\ molde\ en\ m^3$ [26]

6. Contenido de humedad para los agregados según la norma (NTE INEN 862:2011 y ASTM C-566):

Para la realización del ensayo se utilizó muestras en condiciones que no hayan sido alteradas, estas se introdujeron en un horno por un periodo de 24h con el fin de obtener una masa de la muestra seca y, compararla con la masa de la muestra en estado natural con lo que se obtuvo el resultado del contenido de humedad tanto en el agregado fino como el grueso será expresado en porcentaje. [27]

Fórmula para el cálculo del contenido de humedad en %:

$$\text{Contenido Humedad (CH\%)} = \frac{(W - D)}{D} * 100$$

Donde:

W = masa de la muestra en gramos.

D = masa de la muestra seca en gramos. [27]

- Elaboración de probetas de hormigón simple y con adición de ceniza de cáscara de nuez

Con la información anteriormente recolectada sobre las propiedades mecánicas de los agregados se comenzó a preparar la mezcla de hormigón para una resistencia de 240kg/cm² y luego con la adición de ceniza de cáscara de nuez del 0.5%,1%,1.5% y 2% en sustitución parcial del cemento mediante el método de densidades óptimas que prácticamente se basa en el cálculo de la dosificación del hormigón para una resistencia de diseño específica.

Fórmulas a utilizar para el cálculo de la dosificación:

TABLA 9.- Nomenclatura para el método de la densidad óptima

Nomenclatura	Descripción	Nomenclatura	Descripción
DRC	Densidad real del cemento	CAA	Capacidad de absorción de la arena
DRA	Densidad real de la arena	CAR	Capacidad de absorción del ripio
DRR	Densidad real del ripio	CHA	Contenido de humedad de la arena
DSA	Densidad aparente suelta de la arena	CHR	Contenido de humedad del ripio
DSR	Densidad aparente suelta del ripio	CHN	Contenido de humedad de la ceniza
DCA	Densidad aparente compactada de la arena	CAN	Capacidad de absorción de la ceniza
DCR	Densidad aparente compactada del ripio	C	Cemento
POA	Porcentaje óptimo de la arena	W	Agua
POR	Porcentaje óptimo del ripio	A	Arena
DOM	Densidad óptima de la mezcla	R	Ripio

Elaborado por: Muyulema Irene

➤ **Densidad real de la mezcla**

$$DRM = \frac{(DRA * POA) + (DRR * POR)}{100}$$

➤ **Porcentaje óptimo de vacíos**

$$POV\% = \frac{(DRM - DOM)}{DRM} * 100$$

TABLA 10.- Cantidad de Pasta en % según el asentamiento

Asentamiento (cm)	Cantidad de Pasta (%)
0 - 3	POV + 2% + 0.03(POV)
3 - 6	POV + 2% + 0.06(POV)
6 - 9	POV + 2% + 0.08(POV)
9 - 12	POV + 2% + 0.11(POV)
12 - 15	POV + 2% + 0.13(POV)

Fuente:[28]

➤ **Cantidad de Pasta**

$$CP = POV + 2\% + 0.08(POV)$$

➤ **Relación Agua Cemento**

TABLA 11.- Resistencia a compresión del hormigón en función de la relación agua/cemento (w/c)

Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)	Relación w/c
320	0.51
300	0.52
280	0.53
250	0.56
240	0.57
210	0.58
180	0.62
150	0.7

Fuente:[28]

➤ **Cantidad de cemento**

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$$

➤ **Cantidad de agua**

$$W = \frac{W}{C} * C$$

➤ **Cantidad de arena**

$$A = (1000 - CP) * \frac{DRA * POA}{100}$$

➤ **Cantidad de ripio**

$$R = (1000 - CP) * \frac{DRR * POR}{100}$$

➤ **Dosificación al peso de los materiales**

$$\text{Dosificación (W, A, R)} = \frac{\text{cantidad de material de mezclado(W, A, R,)por 1 m}^3}{\text{cantidad de cemento}}$$

➤ **Cálculo de la cantidad de materiales para un saco de cemento**

$$\text{Cantidad(W, A, R)por 1 saco} = \frac{\text{Dosificación (W, A, R)} * 50\text{kg}}{1}$$

➤ **Corrección de la dosificación por humedad**

$$\text{Corrección por humedad de la arena} = \left(\frac{CAA - CHA}{100\%} \right) * A$$

$$\text{Corrección por humedad del ripio} = \left(\frac{CAR - CHR}{100\%} \right) * R$$

$$\text{Corrección por humedad de la ceniza} = \left(\frac{CA - CH}{100\%} \right) * CN$$

Antes de verter la mezcla en los moldes cilíndricos se debe realizar el ensayo de asentamiento para lo cual se colocó el cono de Abrams sobre una superficie plana, rígida, húmeda y no absorbente donde el operador se paró firmemente hasta llenar el molde. La mezcla se colocó en 3 capas y éstas fueron compactadas con 25 golpes a través de una varilla de compactación. A continuación, se retiró el molde y se procedió a medir el asentamiento determinando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y la parte superior de la muestra.

Una vez verificado al asentamiento, la mezcla se vertió en los moldes cilíndricos divididos en 2 capas, compactadas con 25 golpes mediante la varilla de compactación

[29], y enrazadas en las superficies superiores con la varilla de compactación hasta donde la consistencia del hormigón lo permita. Finalmente se retiró los especímenes de los moldes cilíndricos después que hayan pasado 24 horas, los cuáles se llevaron inmediatamente a la cámara de curado con temperaturas de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta el momento del ensayo. [30]

TABLA 12.- Número de capas requeridas para los cilindros

Tipo y tamaño de espécimen	Modo de consolidación	Número de capas aproximadamente Igual profundidad
Cilindros		
Diámetro, mm(plg)		
75 a 100 (3 o 4)	varillado	2
150(6)	varillado	3
225(9)	varillado	4
Hasta 225(9)	varillado	2

Fuente: NTE-INEN 3124[30]

TABLA 13.- Número de golpes de acuerdo al diámetro de los cilindros

Cilindros		
Diámetro del cilindro, mm(plg)	Diámetro de la varilla , mm(plg)	Número de golpes/capa
75(3) hasta < 150(6)	$10 \pm 2(3/8 \pm 1/16)$	25
150(6)	$16 \pm 2(5/8 \pm 1/16)$	250
200(8)	$16 \pm 2(5/8 \pm 1/16)$	50
250(10)	$186 \pm 2(5/8 \pm 1/16)$	75












































Fuente: NTE-INEN 3124[30]

2.2.3. Etapa 3 – Resistencia a compresión de probetas

Esta etapa corresponde a una investigación exploratoria puesto que se realizó el ensayo de compresión a los 7,14 y 28 días de edad, la cual consiste en colocar las muestras curadas húmedas en el centro de carga del bloque circular de la máquina de compresión a una velocidad entre 0.25 ± 0.05 Mpa/s, una vez puesta la muestra se verificó los indicadores y se aplicó la carga hasta donde el indicador señalo el decrecimiento del esfuerzo, además el espécimen debe mostrar una fractura bien definida. [31]

Una vez ensayadas las probetas se tomó los datos generados para cada cilindro para su respectiva correlación. Todas las probetas de hormigón se ensayan en los tiempos indicados, sin embargo, las existen tiempos de tolerancia por cualquier imprevisto que pueda surgir como lo indica en la Tabla 15.

TABLA 14.- Cantidad de probetas a ensayar

Días	Ensayo a compresión $f'c=240\text{kg/cm}^2$	Ensayo a compresión adicionado ceniza de cascara de nuez			
	Patrón	0.5%	1%	1.50%	2%
7 días					
					
					
14 días					
					
					
28 días					
					
					
Subtotal	9 probetas	9 probetas	9 probetas	9 probetas	9 probetas
Total = 45 probetas					

Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 15.- Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de probetas

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	$\pm 0.5h$ o 2.1%
3 días	2 horas o 2.8%
7 días	6 horas o 3.6%
28 días	20 horas o 3.0%
90 días	2 días o 2.2%

[31]

2.2.4. Etapa 4 – Comparación de Resistencia a Compresión

Es una investigación descriptiva pues se detallaron los resultados obtenidos mediante la representación de los mismos, además se realizó gráficos comparativos para cada porcentaje de adición en el hormigón, donde se demostró cual es el porcentaje óptimo que supera la resistencia de diseño.



CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de los ensayos realizados a los agregados

3.1.1. Ensayos de laboratorio realizados a los agregados

TABLA 16.- Análisis granulométrico del agregado fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>									
Análisis Granulométrico del Agregado Fino									
Origen:		Cantera Villacrés							
Fecha:		18/Mayo/2023							
Ensayado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth							
Norma:		NTE INEN 696:2010 / ASTM C-136							
Muestra (gr):		600.30				Pérdida de la muestra:		0.35%	
Tamiz (pulgadas)	Tamiz (mm)	Retenido Parcial (gr)	Retenido Acumulado (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Límite Inferior (%) NTE INEN 872	Límite Superior (%) NTE INEN 872	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	
No. 4	4.75	6.80	6.80	1.13	1.13	98.87	95.00	100.00	
No. 8	2.36	102.00	108.80	16.99	18.12	81.88	80.00	100.00	
No. 16	1.18	122.90	231.70	20.47	38.60	61.40	50.00	85.00	
No. 30	0.60	107.60	339.30	17.92	56.52	43.48	25.00	60.00	
No. 50	0.30	129.00	468.30	21.49	78.01	21.99	5.00	30.00	
No. 100	0.15	80.70	549.00	13.44	91.45	8.55	0.00	10.00	
No. 200	0.075	38.50	587.50	6.41	97.87	2.13	-	-	
Bandeja		10.7	598.20	1.78	99.65	0.35	-	-	
Módulo de Finura:					2.838				

Análisis Granulométrico del Agregado Fino

—●— Límite Inferior - - - ● - - - Límite Superior —●— Porcentaje que Pasa



Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

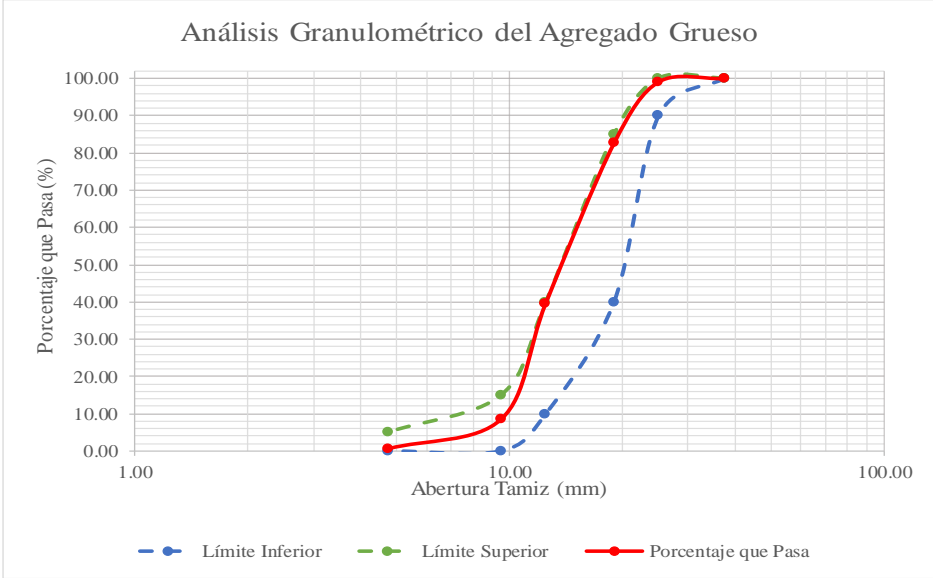
En la tabla 16, se muestran los resultados obtenidos del ensayo de granulometría del agregado fino con lo que se pudo determinar un módulo de finura de 2.83 el cual se

encuentra dentro de los intervalos de 2.3 a 3.1 que rige la Norma NTE INEN 872. En cuanto a la curva granulométrica se puede observar que tiene una buena disposición del tamaño de partículas puesto que la curva generada a partir de los resultados obtenidos se encuentra dentro de los límites establecidos en Norma NTE INEN 872, considerando así que este material es óptimo para la elaboración de hormigones.

TABLA 17.- Análisis granulométrico del agregado grueso

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>								
Análisis Granulométrico del Agregado Grueso								
Origen:		Cantera Villacrés						
Fecha:		18/Mayo/2023						
Ensayado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth						
Norma:		NTE INEN 696:2010 / ASTM C-136						
Muestra (gr):		10000.02		Pérdida de la muestra:		0.05%		
Tamiz (pulgadas)	Tamiz (mm)	Retenido Parcial (gr)	Retenido Acumulado (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)	Límite Inferior (%)NTE INEN 872	Límite Superior (%)NTE INEN 872
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.00	90.00	90.00	0.90	0.90	99.10	90.00	100.00
3/4"	19.00	1645.00	1735.00	16.45	17.35	82.65	40.00	85.00
1/2"	12.50	4292.00	6027.00	42.92	60.27	39.73	10.00	40.00
3/8"	9.50	3124.00	9151.00	31.24	91.51	8.49	0.00	15.00
No. 4	4.75	795.00	9946.00	7.95	99.46	0.54	0.00	5.00
Bandeja		49	9995.00	0.49	99.95	0.05	-	-
Tamaño Nominal Máximo:				1"				

Análisis Granulométrico del Agregado Grueso



—●— Límite Inferior —●— Límite Superior —●— Porcentaje que Pasa

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:



En la tabla 17, se muestran los resultados obtenidos del ensayo de granulometría del agregado grueso donde se determinó un tamaño máximo nominal de 1" considerándolo como aceptable. En cuanto a la curva granulométrica se puede observar que tiene una buena disposición del tamaño de partículas puesto que la curva generada a partir de los resultados obtenidos se encuentra dentro de los límites establecidos en Norma NTE INEN 872, considerando así que este material es óptimo para la elaboración de hormigones.

TABLA 18.- Densidad aparente suelta y compacta del agregado fino

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
Densidad Aparente Suelta y Compactada del Agregado Fino					
Origen:	Cantera Villacrés				
Fecha:	22/Mayo/2023				
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth				
Norma:	NTE INEN 858:2010 /ASTM C-29				
Descripción		Unidad	Valor		
Masa del recipiente:		Kg	9.95		
Altura del recipiente:		cm	28.50		
Diámetro del recipiente:		cm	29.90		
Volumen del recipiente:		dm ³	20.01		
Densidad Aparente	Agregado + Recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Densidad Aparente (Kg/dm ³)	Densidad Aparente Promedio (Kg/dm ³)	
Suelta	41.580	31.630	1.581	1.588	
	41.895	31.945	1.596		
Compactada	44.160	34.210	1.710	1.716	
	44.420	34.470	1.723		

Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 19.- Densidad aparente suelta y compacta del agregado fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>				
Densidad Aparente Suelta y Compactada del Agregado Grueso				
Origen:	Cantera Villacrés			
Fecha:	22/Mayo/2023			
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth			
Norma:	NTE INEN 858:2010 /ASTM C-29			
Fecha:	6/10/2022			
Descripción		Unidad	Valor	
Masa del recipiente:		Kg	9.95	
Altura del recipiente:		cm	28.50	
Diámetro del recipiente:		cm	29.90	
Volumen del recipiente:		dm ³	20.01	
Densidad Aparente	Agregado + Recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Densidad Aparente (Kg/dm ³)	Densidad Aparente Promedio (Kg/dm ³)
Suelta	36.100	26.150	1.307	1.324
	36.800	26.850	1.342	
Compactada	38.830	28.880	1.443	1.449
	39.070	29.120	1.455	

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 18 y 19, se muestra los resultados obtenidos de la densidad suelta de los agregados, dando así un valor de 1.58 Kg/dm³ para agregado fino y un valor de 1.32 Kg/dm³ para agregado grueso, se puede comprobar que estos valores son menores a los obtenidos de la densidad compacta pues con el agregado fino se obtuvo un valor de 1.71 Kg/dm³ y con el agregado grueso un valor de 1.44 Kg/dm³, esto se debe al varillado realizado durante el ensayo del mismo puesto que con esta práctica los vacíos entre partículas reducen. Asimismo, se comprobó que las densidades del agregado fino son más altas que las del agregado grueso puesto que el tamaño y forma de las partículas influyen para un mejor acomodo en el recipiente

TABLA 20.- Densidad aparente compactada de la mezcla



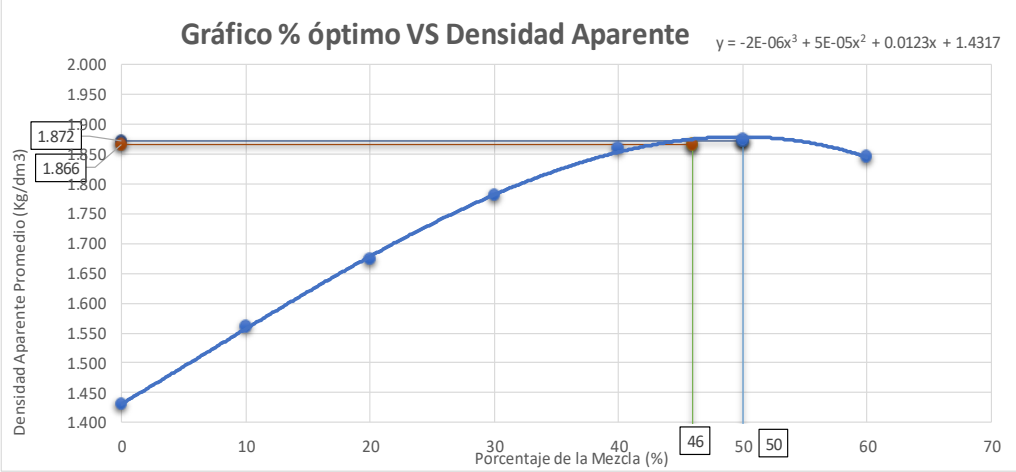
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>							
Densidad Aparente Compactada de la Mezcla							
Origen:		Cantera Villacrés					
Fecha:		22/Mayo/2023					
Ensayado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth					
Norma:		NTE INEN 858:2010 /ASTM C-29					
<i>Masa del recipiente:</i>		9.95	Kg		<i>Diámetro del recipiente:</i>	29.90 cm	
<i>Altura del recipiente:</i>		28.50	cm		<i>Volumen del recipiente:</i>	20.01 dm ³	
Porcentaje de Mezcla (%)	Cantidad (Kg)		Agregado Fino Añadido (Kg)	Agregado + Recipiente (Kg)	Agregado (Kg)	Densidad Aparente Mezcla (Kg/dm ³)	Densidad Aparente Promedio (Kg/dm ³)
	A. Grueso	A. Fino					
					Agregado Fino + Agregado Grueso		
100	0	40.00	0.00	0.00	38.395	28.445	1.421
					38.780	28.830	1.441
90	10	40.00	4.44	4.44	40.975	31.025	1.550
					41.375	31.425	1.570
80	20	40.00	10.00	5.56	43.230	33.280	1.663
					43.680	33.730	1.686
70	30	40.00	17.14	7.14	46.055	36.105	1.804
					45.150	35.200	1.759
60	40	40.00	26.67	9.52	47.320	37.370	1.867
					47.010	37.060	1.852
50	50	40.00	40.00	13.33	47.520	37.570	1.877
					47.362	37.412	1.870
40	60	40.00	60.00	20.00	46.980	37.030	1.850
					46.820	36.870	1.842

Gráfico % óptimo VS Densidad Aparente $y = -2E-06x^3 + 5E-05x^2 + 0.0123x + 1.4317$



Porcentaje Máximo de Agregado Fino	50	%
Porcentaje Máximo de Agregado Grueso	50	%
Porcentaje Óptimo de Agregado Fino	46	%
Porcentaje Óptimo de Agregado Grueso	54	%
Densidad Aparente Máxima del Agregado (Mezcla)	1.872	Kg/dm ³
Densidad Aparente Óptimo del Agregado (Mezcla)	1.866	Kg/dm ³

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 20, se muestran los valores obtenidos del ensayo de densidad aparente compacta de la mezcla, teniendo un valor de densidad óptima de 1.86 Kg/dm³ y un valor óptimo del agregado fino de 46% y del agregado grueso de 54%.

TABLA 21.- Densidad Real del Agregado Fino


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>			
Densidad Real del Agregado Fino			
Origen:	Cantera Villacrés		
Fecha:	19/Mayo/2023		
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth		
Norma:	NTE INEN 856:2010 /ASTM C-128		
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor
m1	Masa del picnómetro	gr	172.60
m2	Masa del picnómetro + Muestra SSS	gr	672.40
m3	Masa del picnómetro + Muestra SSS + Agua	gr	968.70
m4 = m3 - m2	Masa de agua añadida	gr	296.30
m5	Masa del picnómetro + 500 cm ³ de agua	gr	670.70
m6 = m5 - m1	Masa de 500 cm ³ de agua	gr	498.10
DA = m6/500cm ³	Densidad del agua	gr/cm ³	0.996
m7 = m6 - m4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	201.80
Msss = m2 - m1	Masa del agregado	gr	499.80
Vsss = m7/DA	Volumen del agua desalojada	cm ³	202.57
DRA = Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm ³	2.467

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 21, se determinó el valor de la densidad real del agregado fino siendo este 2.46gr/cm³ el cual demuestra una calidad apta para ser aplicada en el hormigón debido a que la densidad del agregado fino no debe ser menor de 2.3gr/cm³.

TABLA 22.- Capacidad de Absorción del Agregado Fino



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
Capacidad de Absorción del Agregado Fino					
Origen:	Cantera Villacrés				
Fecha:	19/Mayo/2023				
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth				
Norma:	NTE INEN 856:2010 /ASTM C-128				
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor		
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
m8	Masa del recipiente	gr	30.88	30.75	38.10
m9	Masa del recipiente + Muestra SSS	gr	194.03	197.22	288.84
m10 = m9 - m8	Masa de la muestra SSS	gr	163.15	166.47	250.74
m11	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	190.78	193.67	285.29
m12 = m11 - m8	Masa de la muestra seca	gr	159.90	162.92	247.19
CA = ((m10 - m12)/m12)*100	Capacidad de absorción	%	2.03	2.18	1.44
CAA = (CA1+CA2+CA3)/2	Capacidad de absorción promedio de la arena	%	1.88		

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 22, se muestra el valor de capacidad de absorción del agregado fino, el cual fue de 1.88% el mismo que se localiza entre el rango admisible para agregados finos que va entre 0.2% y 2%, evidenciando de esta manera que es un agregado apto para la elaboración del hormigón.

TABLA 23.- Densidad Real Agregado Grueso



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>			
Densidad Real del Agregado Grueso			
Origen:	Cantera Villacrés		
Fecha:	19/Mayo/2023		
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth		
Norma:	NTE INEN 857:2010 /ASTM C-128		
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor
m1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1453.00
m2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1284.00
m3	Masa de la canastilla + Muestra SSS en el aire	gr	4458.00
m4	Masa de la canastilla + Muestra SSS en el agua	gr	3125.00
DA	Densidad real del agua	gr/cm3	1.000
m5 = m3 - m1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	3005.00
m6 = m4 - m2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	1841.00
VR = (m5-m6)/DA	Volumen real de la muestra	cm3	1164.00
DRR = m5/VR	Densidad real del ripio	gr/cm3	2.582

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 23, se determinó el valor de la densidad real del agregado grueso, siendo este 2.58 gr/cm³ el cual demuestra una calidad apta para ser aplicada en el hormigón debido a que la densidad del agregado grueso no debe ser menor de 2.3gr/cm³.

TABLA 24.- Capacidad de Absorción del Agregado Grueso



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
Capacidad de Absorción del Agregado Grueso					
Origen:	Cantera Villacrés				
Fecha:	19/Mayo/2023				
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth				
Norma:	NTE INEN 857:2010 /ASTM C-127				
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor		
			Muestra 1	Muestra 2	
m7	Masa del recipiente	gr	7.80	7.40	
m8	Masa del recipiente + Muestra SSS	gr	119.40	134.30	
m9 = m8 - m7	Masa de la muestra SSS	gr	111.60	126.90	
m10	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	117.40	130.20	
m11 = m10 - m7	Masa de la muestra seca	gr	109.60	122.80	
$CA = ((m9 - m11)/m11)*100$	Capacidad de absorción	%	1.82	3.34	
$CAR = (CA1+CA2)/2$	Capacidad de absorción promedio del ripio	%	2.58		

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:



En la tabla 24, se muestra el valor de capacidad de absorción del agregado grueso, el cual fue de 2.58 % el mismo que se localiza entre el rango admisible para agregados gruesos que va entre 0.2% y 4%, evidenciando de esta manera que es un agregado apto para la elaboración del hormigón.

TABLA 25.- Contenido de Humedad del Agregado Fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>						
Contenido de Humedad del Agregado Fino						
Origen:	Cantera Villacrés					
Fecha:	18/Mayo/2023					
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth					
Norma:	NTE INEN 862:2011 /ASTM C-566					
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor			
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
m1	Masa del recipiente	gr	7.20	7.20	7.90	7.50
m2	Masa del recipiente + Muestra	gr	78.60	76.70	70.00	73.70
m3 = m2 - m1	Masa de la muestra	gr	71.40	69.50	62.10	66.20
m4	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	78.40	76.60	69.90	73.30
m5 = m4 - m1	Masa de la muestra seca	gr	71.20	69.40	62.00	65.80
CH	Contenido de Humedad	%	0.28	0.14	0.16	0.61
CHA	Contenido de Humedad promedio de la arena	%	0.30			

Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 26.- Contenido de humedad del Agregado Grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>						
Contenido de Humedad del Agregado Grueso						
Origen:	Cantera Villacrés					
Fecha:	18/Mayo/2023					
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth					
Norma:	NTE INEN 862:2011 /ASTM C-566					
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor			
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
m1	Masa del recipiente	gr	7.20	7.30	7.60	7.20
m2	Masa del recipiente + Muestra	gr	89.60	103.70	89.20	100.90
m3 = m2 - m1	Masa de la muestra	gr	82.40	96.40	81.60	93.70
m4	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	87.20	101.20	86.90	97.10
m5 = m4 - m1	Masa de la muestra seca	gr	80.00	93.90	79.30	89.90
CH	Contenido de Humedad	%	3.00	2.66	2.90	4.23
CHR	Contenido de Humedad promedio del ripio	%	3.20			

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En las tablas 25 y 26, se muestran los ensayos de contenido de humedad de los agregados fino y grueso obtenidos mediante la norma NTE INEN 862. Encontrando así un valor promedio de contenido de humedad para agregado fino de 0.30% y de agregado grueso de 3.20%.

3.1.2. Ensayo de laboratorio realizado al cemento

TABLA 27.- Densidad Real del Cemento

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>			
Densidad Real del Cemento			
Origen:	Cantera Villacrés		
Fecha:	18/Mayo/2023		
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth		
Norma:	NTE INEN 156 /ASTM C-188		
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor
m1	Masa del picnómetro	gr	172.60
m2	Masa del picnómetro + Cemento	gr	236.60
m3	Masa del picnómetro + Cemento + Gasolina	gr	587.70
m4 = m3 - m2	Masa de gasolina añadida	gr	351.10
m5	Masa del picnómetro + 500 cm3 de gasolina	gr	540.50
m6 = m5 - m1	Masa de 500 cm3 de gasolina	gr	367.90
DG = m6/500cm3	Densidad de la gasolina	gr/cm3	0.736
m7 = m6 - m4	Masa de la gasolina desalojada por el cemento	gr	16.80
Mc = m2 - m1	Masa del cemento	gr	64.00
Vc = m7/DG	Volumen de gasolina desalojada	cm3	22.83
DRC = Msss/Vsss	Densidad real del cemento	gr/cm3	2.803

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 27, se determinó un valor de 2.803 gr/cm³ de la densidad real del cemento tipo GU, demostrando así que este valor no cumple con respecto al intervalo de densidad real de cementos que va desde 2.90 gr/cm³ a 3.15gr/cm³, pero al ser esta una diferencia mínima se consideró como aceptable para la elaboración del hormigón.

3.1.3. Ensayos realizados a la Ceniza de Cáscara de Nuez

TABLA 28.- Contenido de Humedad y Capacidad de Absorción de la ceniza de cáscara de nuez.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
Contenido de Humedad de la ceniza de cáscara de nuez					
Origen:	Cantera Villacrés				
Fecha:	19/Mayo/2023				
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth				
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor		
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
m1	Masa del recipiente	gr	30.50	30.90	30.90
m2	Masa del recipiente + Muestra	gr	42.60	42.60	43.10
m3 = m2 - m1	Masa de la muestra	gr	12.10	11.70	12.20
m4	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	41.90	41.90	42.30
m5 = m4 - m1	Masa de la muestra seca	gr	11.40	11.00	11.40
CH	Contenido de Humedad	%	6.14	6.36	7.02
CHN	Contenido de Humedad promedio de la ceniza de cáscara de nuez	%	6.51		
Capacidad de absorción de la ceniza de cáscara de nuez					
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor		
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
m7	Masa del recipiente	gr	31.00	30.90	30.8
m8	Masa del recipiente + Muestra SSS	gr	58.10	60.30	50.9
m9 = m8 - m7	Masa de la muestra SSS	gr	27.10	29.40	20.10
m10	Masa del recipiente + Muestra seca	gr	53.70	55.20	46.9
m11 = m10 - m7	Masa de la muestra seca	gr	22.70	24.30	16.10
CA = ((m9-m11)/m11)*100	Capacidad de absorción	%	19.38	20.99	24.84
CAN = (CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio de la ceniza de cáscara de nuez	%	21.74		

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 28, se muestran los ensayos de contenido de humedad y capacidad de absorción de la ceniza de cáscara de nuez, dando un valor de 6.51% de contenido de humedad y un valor de 21.74% de capacidad de absorción.

3.1.4. Dosificación del Hormigón

TABLA 29.- Resultados de Ensayos realizados


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>			
Datos obtenidos de los Ensayos			
Origen:	Cantera Villacrés		
Fecha:	22/Mayo/2023		
Ensayado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth		
Nomenclatura	Descripción	Unidad	Valor
DRC	Densidad real del cemento	Kg/dm ³	2.803
DRA	Densidad real de la arena	Kg/dm ³	2.467
DRR	Densidad real del ripio	Kg/dm ³	2.582
DSA	Densidad aparente suelta de la arena	Kg/dm ³	1.588
DSR	Densidad aparente suelta del ripio	Kg/dm ³	1.324
DCA	Densidad aparente compactada de la arena	Kg/dm ³	1.716
DCR	Densidad aparente compactada del ripio	Kg/dm ³	1.449
POA	Porcentaje óptimo de la arena	%	46.000
POR	Porcentaje óptimo del ripio	%	54.000
DOM	Densidad óptima de la mezcla	Kg/dm ³	1.866
CAA	Capacidad de absorción de la arena	%	1.88
CAR	Capacidad de absorción del ripio	%	2.58
CHA	Contenido de humedad de la arena	%	0.30
CHR	Contenido de humedad del ripio	%	3.20
MFA	Módulo de finura de la arena		2.838

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 29, se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los agregados, cemento y ceniza de cáscara de nuez, los mismos que sirvieron para el cálculo de la dosificación.

TABLA 30.- Dosificación del Hormigón por el Método de las Densidades Óptimas



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
Dosificación del hormigón por el método de la densidad óptima					
Origen:	Cantera Villacrés				
Fecha:	22/Mayo/2023				
Realizado por:	Muyulema Sailema Irene Elizabeth				
DATOS DE ENSAYOS		DATOS DE TABLAS			
f'c =	240	kg/cm ²	W/C = 0.57		
Asentamiento	6 - 9	cm.	CP = POV + 2% + 0.08POV		
DRC	2.803	Kg/dm ³	Cálculos:		
DRA	2.467	Kg/dm ³	DRM =	2.529	Kg/dm ³
DRR	2.582	Kg/dm ³	POV =	26.205	%
DSA	1.588	Kg/dm ³	CP =	303.009	dm ³
DSR	1.324	Kg/dm ³	C=	326.958	kg
POA	46.000	%	W=	186.366	lts
POR	54.000	%	A=	791.054	kg
DOM	1.866	Kg/dm ³	R=	971.655	kg
Dosificación al Peso					
Material	Cantidad de Kg por cada m ³ de Hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en (kg) por cada saco de cemento de 50kg		
W	186.366	0.570	28.500		
C	326.958	1.000	50.000		
A	791.054	2.419	120.972		
R	971.655	2.972	148.590		
TOTAL	2276.033	Kg/m ³			
Nomenclatura					
W/C	Relación Agua/Cemento	C=	Cemento		
DRM =	Densidad Real de la Mezcla	W=	Agua		
POV =	Porcentaje óptimo de vacíos	A=	Arena		
CP =	Cantidad de Pasta (%)	R=	Ripio		

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 30, se muestran las cantidades de material necesario para la realización de la mezcla un hormigón de resistencia 240 Kg/cm² a los 28 días mediante el método de densidades óptimas.

TABLA 31.- Corrección por Humedad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>								
Corrección de la dosificación por humedad								
Fecha:		22/Mayo/2023						
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth						
Material	Dosificación al peso	Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	C. A (%)	C. H (%)	Corrección de Humedad		Cantidad Corregida Dosificación de hormigón para cilindros (Kg)	Corrección Dosificación al peso
					%	Kg		
W	0.570	2.635	-	-	-	0.093	2.727	0.590
C	1.000	4.622	-	-	-	-	4.622	1.000
A	2.419	11.183	1.883	0.299	1.584	0.177	11.006	2.381
R	2.972	13.736	2.582	3.197	-0.616	-0.085	13.821	2.990



Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 31, se muestran las cantidades de material que integran la mezcla de hormigón esta debe ser corregida en función de las condiciones de húmedas de los agregados a utilizar.



3.1.5. Dosificación al peso de hormigón simple y de hormigón con adición de Ceniza de Cáscara de Nuez

TABLA 32.- Dosificación al peso $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>		
Dosificación al peso $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ para cilindros		
Fecha:		22/Mayo/2023
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth
Volumen del Cilindro	0.0016	m3
Número total de cilindros	9	
Volumen de hormigón necesario	0.014	m3
Material	Cantidad necesaria para las muestras	Unidad
Cemento	4.62	kg
Agua	2.73	ltrs
Arena	11.01	kg
Ripio	13.82	kg

Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 33.- Dosificación con adición de 0.5% de Ceniza de Cáscara de Nuez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
Dosificación al peso con 0.5% de ceniza de cáscara de nuez					
Fecha:		23/Mayo/2023			
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth			
Volumen del Cilindro		0.0016		m3	
Número total de cilindros		9			
Volumen de hormigón necesario		0.014		m3	
Material	Cantidad necesaria para las muestras	Cantidad necesaria con reemplazo parcial del cemento		Unidad	
Cemento	4.62	4.39		kg	
Agua	2.73	2.76		ltrs	
Arena	11.01	11.01		kg	
Ripio	13.82	13.82		kg	
0.5 % Ceniza	0.00	0.23		kg	
Corrección Cantidad de Agua por Reemplazo de Ceniza					
Contenido de Humedad (C.H.)	6.51	%	Corrección por humedad corregida (C.H.C.) = (C.A.- C.H.) =	15.23	%
Capacidad de Absorción (C.A)	21.74	%			
Cantidad de Agua (W)	2.73	ltrs	Peso 0.5% Ceniza (CN) =	0.23	kg
Cantidad de Agua Corregida (W +((C.H.C/100)*CN)=				2.76	ltrs

Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 34.- Dosificación con adición de 1% de Ceniza de Cáscara de Nuez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
Dosificación al peso con 1% de ceniza de cáscara de nuez					
Fecha:		23/Mayo/2023			
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth			
Volumen del Cilindro		0.0016		m3	
Número total de cilindros		9			
Volumen de hormigón necesario		0.014		m3	
Material	Cantidad necesaria para las muestras	Cantidad necesaria con reemplazo parcial del cemento	Unidad		
Cemento	4.62	4.16	kg		
Agua	2.73	2.80	ltrs		
Arena	11.01	11.01	kg		
Ripio	13.82	13.82	kg		
1 % Ceniza	0.00	0.46	kg		
Corrección Cantidad de Agua por Reemplazo de Ceniza					
Contenido de Humedad (C.H.)	6.51	%	Corrección por humedad corregida (C.H.C.) = (C.A.- C.H.) =	15.23	%
Capacidad de Absorción (C.A)	21.74	%			
Cantidad de Agua (W)	2.73	ltrs	Peso 1 % Ceniza (CN) =	0.46	kg
Cantidad de Agua Corregida (W +((C.H.C/100)*CN)=				2.80	ltrs

Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 35.- Dosificación adición de 1.5% de Ceniza de Cáscara de Nuez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
Dosificación al peso con 1.5% de ceniza de cáscara de nuez					
Fecha:		23/Mayo/2023			
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth			
Volumen del Cilindro		0.0016		m3	
Número total de cilindros		9			
Volumen de hormigón necesario		0.014		m3	
Material	Cantidad necesaria para las muestras	Cantidad necesaria con reemplazo parcial del cemento		Unidad	
Cemento	4.62	3.93		kg	
Agua	2.73	2.83		ltrs	
Arena	11.01	11.01		kg	
Ripio	13.82	13.82		kg	
1.5 % Ceniza	0.00	0.69		kg	
Corrección Cantidad de Agua por Reemplazo de Ceniza					
Contenido de Humedad (C.H.)	6.51	%	Corrección por humedad corregida (C.H.C.) = (C.A.- C.H.) =	15.23	%
Capacidad de Absorción (C.A)	21.74	%			
Cantidad de Agua (W)	2.73	ltrs	Peso 1.5% Ceniza (CN) =	0.69	kg
Cantidad de Agua Corregida (W +((C.H.C/100)*CN)=				2.83	ltrs

Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 36.- Dosificación con adición de 2% de Ceniza de Cáscara de Nuez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
Dosificación al peso con 2 % de ceniza de cáscara de nuez					
Fecha:		23/Mayo/2023			
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth			
Volumen del Cilindro		0.0016		m3	
Número total de cilindros		9			
Volumen de hormigón necesario		0.014		m3	
Material	Cantidad necesaria para las muestras	Cantidad necesaria con reemplazo parcial del cemento		Unidad	
Cemento	4.62	3.70		kg	
Agua	2.73	2.87		ltrs	
Arena	11.01	11.01		kg	
Ripio	13.82	13.82		kg	
2 % Ceniza	0.00	0.92		kg	
Corrección Cantidad de Agua por Reemplazo de Ceniza					
Contenido de Humedad (C.H.)	6.51	%	Capacidad de absorción Corregida (C.A.C) = (C.A. - C.H.) =	15.23	%
Capacidad de Absorción (C.A)	21.74	%			
Cantidad de Agua (W)	2.73	ltrs	Peso 2 % Ceniza (CN) =	0.92	kg
Cantidad de Agua Corregida (W + ((C.H.C/100)*CN)=				2.87	ltrs

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En las tablas de la 32 a la 36, se muestra las cantidades calculadas de cada material necesario en base a la dosificación correspondiente tanto para hormigón simple y hormigón con adición de ceniza de cáscara de nuez en sustitución parcial del cemento cuyas características alcancen una resistencia de 240kg/cm², por medio de la elaboración de 45 probetas 9 por cada porcentaje.

3.2. Análisis y discusión de resultados

3.2.1. Propiedades del Hormigón en Estado Fresco

TABLA 37.- Propiedades del Hormigón en Estado Fresco $f'c = 240\text{kg/cm}^2$







 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>									
Propiedades del Hormigón Simple en Estado Fresco									
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth			Fecha:		23/05/2023		
Norma		NTE INEN 1578 y NTE INEN 1579							
Molde	Diámetro del Molde (cm)	Altura del Molde (cm)	Volumen del Molde (m³)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón (Kg)	Asentamiento (cm)	Densidad (Kg/m³)	Densidad Media (Kg/m³)
S 1	10.00	20.00	0.00157	7.748	11.204	3.46	7.40	2200.16	2212.47
S 2	10.00	20.00	0.00157	7.720	11.185	3.47		2205.89	
S 3	10.00	20.00	0.00157	7.720	11.225	3.51		2231.35	
S 4	10.00	20.00	0.00157	7.739	11.220	3.48		2216.07	2219.68
S 5	10.00	20.00	0.00157	7.717	11.189	3.47		2210.34	
S 6	10.00	20.00	0.00157	7.720	11.227	3.51		2232.63	
S 7	10.00	20.00	0.00157	5.178	8.786	3.61		2296.92	2302.02
S 8	10.00	20.00	0.00157	5.201	8.817	3.62		2302.02	
S 9	10.00	20.00	0.00157	5.155	8.779	3.62		2307.11	

TABLA 38.- Elaborado por: Muyulema Irene Propiedades del Hormigón Fresco con 0.5% de Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>									
Propiedades del Hormigón Fresco con Adición del 0.5% de Ceniza de Cáscara de Nuez									
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth			Fecha:		24/05/2023		
Norma		NTE INEN 1578 y NTE INEN 1579							
Molde	Diámetro del Molde (cm)	Altura del Molde (cm)	Volumen del Molde (m3)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón (Kg)	Asentamiento (cm)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Media (Kg/m3)
AC05- 1	10.00	20.00	0.00157	4.707	8.515	3.81	7.00	2424.25	2425.31
AC05- 2	10.00	20.00	0.00157	4.680	8.496	3.82		2429.34	
AC05- 3	10.00	20.00	0.00157	4.677	8.482	3.81		2422.34	
AC05- 4	10.00	20.00	0.00157	4.772	8.549	3.78		2404.51	2348.07
AC05- 5	10.00	20.00	0.00157	5.191	9.017	3.83		2435.71	
AC05- 6	10.00	20.00	0.00157	7.737	11.199	3.46		2203.98	
AC05- 7	9.90	20.00	0.00154	7.727	11.195	3.47		2252.62	2218.07
AC05- 8	10.00	20.00	0.00157	7.740	11.197	3.46		2200.79	
AC05- 9	10.00	20.00	0.00157	7.731	11.188	3.46		2200.79	



Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 39.- Propiedades del Hormigón Fresco con 1% de Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>									
Propiedades del Hormigón Fresco con Adición del 1% de Ceniza de Cáscara de Nuez									
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth			Fecha:		24/05/2023		
Norma		NTE INEN 1578 y NTE INEN 1579							
Molde	Diámetro del Molde (cm)	Altura del Molde (cm)	Volumen del Molde (m3)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón (Kg)	Asentamiento (cm)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Media (Kg/m3)
AC1 -1	10.00	20.00	0.00157	7.748	11.190	3.44	7.30	2191.25	2200.79
AC1 -2	10.00	20.00	0.00157	7.720	11.170	3.45		2196.34	
AC1 -3	10.00	20.00	0.00157	7.720	11.199	3.48		2214.80	
AC1 -4	10.00	20.00	0.00157	7.739	11.224	3.49		2218.62	2215.44
AC1 -5	10.00	20.00	0.00157	7.717	11.201	3.48		2217.98	
AC1 -6	10.00	20.00	0.00157	7.720	11.191	3.47		2209.71	
AC1 -7	10.00	20.00	0.00157	5.178	8.821	3.64		2319.21	2302.02
AC1 -8	10.00	20.00	0.00157	5.201	8.812	3.61		2298.83	
AC1 -9	10.00	20.00	0.00157	5.155	8.749	3.59		2288.01	



Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 40.- Propiedades del Hormigón Fresco con 1.5% de Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez."</i>									
Propiedades del Hormigón Fresco con Adición del 1.5% de Ceniza de Cáscara de Nuez									
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth			Fecha:		29/05/2023		
Norma		NTE INEN 1578 y NTE INEN 1579							
Molde	Diámetro del Molde (cm)	Altura del Molde (cm)	Volumen del Molde (m3)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón (Kg)	Asentamiento (cm)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Media (Kg/m3)
AC1.5-1	10.00	20.00	0.00157	7.748	11.265	3.52	7.00	2238.99	2231.99
AC1.5-2	10.00	20.00	0.00157	7.720	11.207	3.49		2219.89	
AC1.5-3	10.00	20.00	0.00157	7.720	11.234	3.51		2237.08	
AC1.5-4	10.00	20.00	0.00157	7.739	11.232	3.49		2223.71	2221.38
AC1.5-5	10.00	20.00	0.00157	7.717	11.199	3.48		2216.71	
AC1.5-6	10.00	20.00	0.00157	7.720	11.213	3.49		2223.71	
AC1.5-7	10.00	20.00	0.00157	5.178	8.794	3.62		2302.02	2282.07
AC1.5-8	10.00	20.00	0.00157	5.201	8.840	3.64		2316.66	
AC1.5-9	10.00	20.00	0.00157	7.711	11.210	3.50		2227.53	

Elaborado por: Muyulema Irene

TABLA 41.- Propiedades del Hormigón Fresco con 2% de Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez."</i>									
Propiedades del Hormigón Fresco con Adición del 2% de Ceniza de Cáscara de Nuez									
Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth			Fecha:		29/05/2023		
Norma		NTE INEN 1578 y NTE INEN 1579							
Molde	Diámetro del Molde (cm)	Altura del Molde (cm)	Volumen del Molde (m3)	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Hormigón (Kg)	Peso del Hormigón (Kg)	Asentamiento (cm)	Densidad (Kg/m3)	Densidad Media (Kg/m3)
AC2-1	10.00	20.00	0.00157	4.707	8.454	3.75	7.20	2385.41	2390.51
AC2-2	10.00	20.00	0.00157	4.680	8.425	3.75		2384.14	
AC2-3	10.00	20.00	0.00157	4.677	8.450	3.77		2401.97	
AC2-4	10.00	20.00	0.00157	4.772	8.600	3.83		2436.98	2355.07
AC2-5	10.00	20.00	0.00157	5.191	8.979	3.79		2411.52	
AC2-6	10.00	20.00	0.00157	7.737	11.219	3.48		2216.71	
AC2-7	9.90	20.00	0.00154	7.727	11.231	3.50		2276.01	2243.48
AC2-8	10.00	20.00	0.00157	7.740	11.248	3.51		2233.26	
AC2-9	10.00	20.00	0.00157	7.731	11.220	3.49		2221.17	

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

De acuerdo a la norma NTE INEN 1578 e NTE INEN 1579, se pudo establecer propiedades del hormigón en estado fresco, entre las que se destacan la consistencia y la densidad. En las tablas 37, 38, 39, 40 y 41, se presenta probetas con denominación “S” que tienen relación con la mezcla de hormigón simple mientras que las probetas con denominación “AC” tienen relación con la mezcla de hormigón con adición de ceniza de cáscara de nuez.

- Los valores de densidad obtenidos en las diferentes mezclas de hormigón van desde 2200.79 kg/m³ a los 2390.51 kg/m³, valores que se encuentran dentro del rango de un hormigón común estipulados en la normativa ACI 318-19.
- En relación a la trabajabilidad y homogeneidad en forma general se considera que se obtuvo un muy buen comportamiento, tanto para el hormigón común como para los hormigones con adición del 0.5%, 1%, 1.5% y 2%.
- Con respecto a la consistencia se pudo observar un asentamiento de 7.40cm en la mezcla de hormigón común, 7.00 cm en la mezcla de hormigón con adición del 0.5% y 1.5% de ceniza de cáscara de nuez, 7.30cm en la mezcla de hormigón con adición del 1% de ceniza de cáscara de nuez y 7.2cm en la mezcla de hormigón con adición del 2% de ceniza de cáscara de nuez. Valores que se localizan dentro del rango determinado (6-9) los mismos para los cuales fueron diseñados.

3.2.2. Propiedades del hormigón en estado endurecido

TABLA 42.- Ensayo a compresión de cilindros de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$ a los 7 días

Realizado por:		Muyulema Sailema Irene Elizabeth												
Norma		NTE INEN 1573												
Probeta	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Media (Kg/m ³)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)	
S 1	23/25/2023	30/05/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.445	2193.16	2201.22	128.68	13117.23	167.01	163.02	
S 2			10.00	78.54	20.00	0.00157	3.448	2195.06		127.61	13008.15	165.62		
S 3			10.00	78.54	20.00	0.00157	3.480	2215.44		120.53	12286.44	156.44		

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 42 se encuentran valores obtenidos del ensayo de compresión y densidad de las probetas de hormigón simple a los 7 días de edad, para este caso, el valor de densidad promedio que se tuvo fue de 2201.22 kg/m³ lo cual sobrepasa adecuadamente el valor indicado en la ACI 318-19 de 2160 kg/cm³. Por otro lado, el valor de la resistencia promedio del hormigón simple fue de 163.02 kg/cm² cuyo valor se ubica dentro del límite inferior de 156 kg/cm² y límite superior 180 kg/cm² de la resistencia de diseño de 240kg/cm² a los 7 días de edad.

TABLA 43.- Ensayo a compresión de cilindros de hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$ a los 14 días



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 													
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>													
Ensayo a Compresión del Hormigón Simple de $f'c$ 210 Kg/cm² a los 14 días													
Realizado por:			Muyulema Sailema Irene Elizabeth										
Norma			NTE INEN 1573										
Probeta	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Media (Kg/m ³)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)
S 4	23/25/2023	6/6/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.469	2208.43	2208.43	166.20	16941.90	215.71	214.79
S 5			10.00	78.54	20.00	0.00157	3.450	2196.34		164.19	16737.00	213.10	
S 6			10.00	78.54	20.00	0.00157	3.488	2220.53		166.09	16930.68	215.57	

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 43 se presentan los valores obtenidos del ensayo de compresión y densidad de las probetas de hormigón simple a los 14 días de edad. El valor de densidad promedio que se tuvo a esta edad fue de 2208.43 kg/m³ lo cual sobrepasa adecuadamente el valor indicado en la ACI 318-19 de 2160 kg/cm³. Por otro lado, el valor de la resistencia promedio del hormigón simple fue de 214.79 kg/cm² cuyo valor se ubica dentro del límite inferior de 192 kg/cm² y límite superior 216 kg/cm² de la resistencia de diseño de 240kg/cm² a los 14 días de edad.

TABLA 44.- Ensayo a Compresión de Probetas de Hormigón $f'c = 240\text{kg/cm}^2$ a los 28 días



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 													
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>													
Ensayo a Compresión del Hormigón Simple de $f'c$ 210 Kg/cm² a los 28 días													
Realizado por:			Muyulema Sailema Irene Elizabeth										
Norma			NTE INEN 1573										
Probeta	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Media (Kg/m ³)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)
S 7	23/25/2023	20/06/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.597	2289.92	2295.86	194.05	19780.84	251.86	251.65
S 8			10.00	78.54	20.00	0.00157	3.606	2295.65		194.72	19849.13	252.73	
S 9			10.00	78.54	20.00	0.00157	3.616	2302.02		192.89	19662.59	250.35	

Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

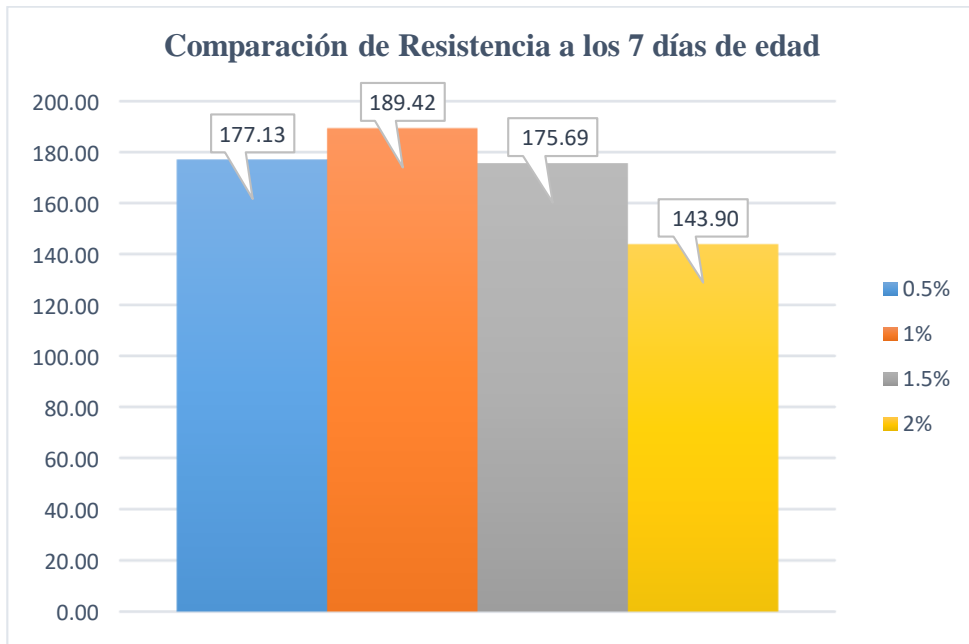
En la tabla 44 se presentan los valores obtenidos del ensayo de compresión y densidad de las probetas de hormigón simple a los 28 días de edad, siendo el valor de densidad promedio de 2295.86 kg/m³ lo cual sobrepasa adecuadamente el valor indicado en la ACI 318-19 de 2160 kg/cm³. Además, el valor de la resistencia promedio del hormigón simple fue de 251.65 kg/cm² cuyo valor se ubica dentro del límite inferior de 228 kg/cm² y límite superior 252 kg/cm².

TABLA 45.- Ensayo a Compresión de Probetas con Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez a los 7 días

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 														
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>														
Ensayo a Compresión del Hormigón Adicionado Ceniza de Cáscara de Nuez a los 7 días														
Realizado por:				Muyulema Sailema Irene Elizabeth										
Norma				NTE INEN 1573										
Probeta	% Adición de Ceniza	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Media (Kg/m ³)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)
AC05- 1	0.5%	24/05/2023	31/05/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.661	2330.66	2394.54	138.46	14114.17	179.71	177.13
AC05- 2				10.00	78.54	20.00	0.00157	4.011	2553.48		135.46	13808.36	175.81	
AC05- 3				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.612	2299.47		135.50	13812.44	175.87	
AC1 -1	1%	24/05/2023	31/05/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.434	2186.15	2205.89	142.20	14495.41	184.56	189.42
AC1 -2				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.461	2203.34		149.35	15224.26	193.84	
AC1 -3				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.500	2228.17		146.27	14910.30	189.84	
AC1.5-1	1.5%	29/05/2023	5/6/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.492	2223.08	2204.61	140.39	14310.91	182.21	175.69
AC1.5-2				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.473	2210.98		130.12	13264.02	168.88	
AC1.5-3				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.424	2179.79		135.58	13820.59	175.97	
AC2-1	2%	29/05/2023	5/6/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.738	2379.68	2389.45	110.60	11274.21	143.55	143.90
AC2-2				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.735	2377.77		108.75	11085.63	141.15	
AC2-3				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.787	2410.88		113.27	11546.38	147.01	

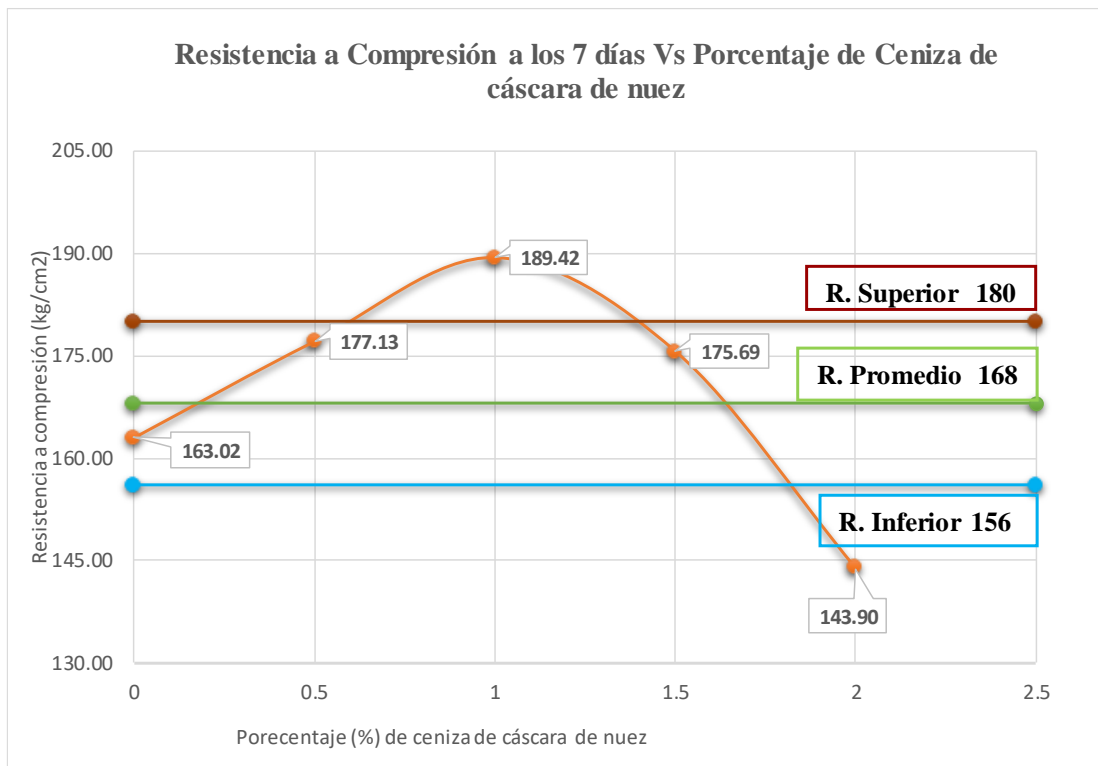
Elaborado por: Muyulema Irene

GRÁFICO 1. Gráfica de Barras de Comparación de Resistencia a los 7 días



Elaborado por: Muyulema Irene

GRÁFICO 2. Resistencia a Compresión a los 7 días Vs % de ceniza de cáscara de nuez





Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis y Discusión:

En la tabla 45 se puede apreciar los valores obtenidos de densidad promedio de las probetas que van desde 2204.61 kg/m³ a los 2394.54 kg/m³ los cuales superan adecuadamente el valor indicado en la norma ACI 318-19 de 2160 kg/m³. Además, los valores promedio obtenidos de la resistencia a compresión para los porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% de ceniza de cáscara de nuez añadida superan al valor de resistencia a compresión del hormigón simple, siendo entre estos el valor más alto 189.42kg/cm² que corresponde al 1% de adición de ceniza. Sin embargo, el valor promedio alcanzado con el 2% de adición de ceniza de cáscara de nuez se encuentra por debajo del valor del hormigón simple de 163.02 kg/cm² y del límite inferior de la resistencia de diseño de 156 kg/cm² a los 7 días de edad.

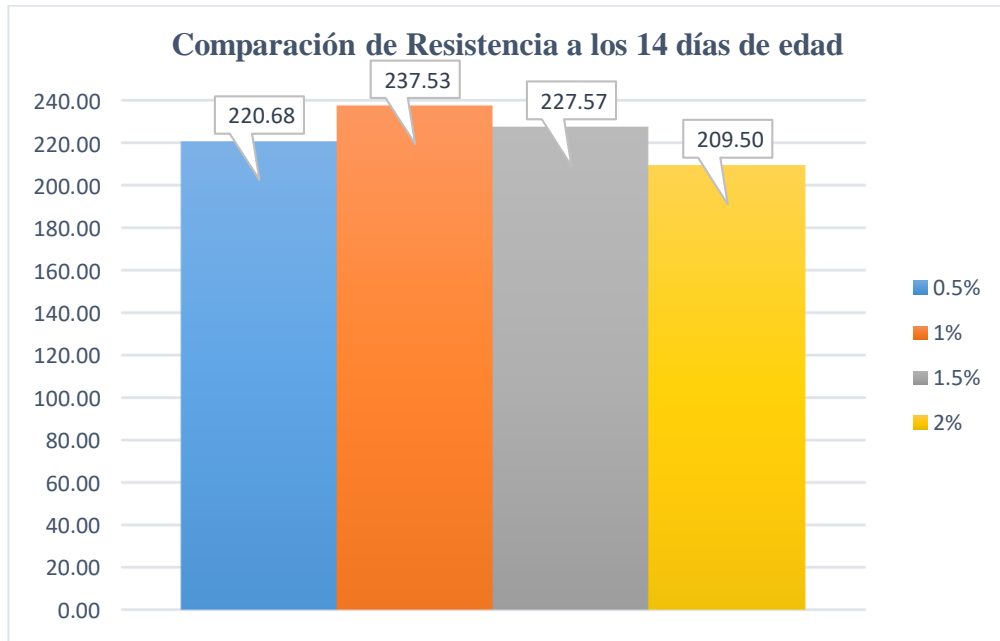
En la investigación titulada “Adición de ceniza de cáscaras de nuez para incrementar la resistencia a compresión del concreto 210kg/cm², Puno – Perú” se obtuvo valores de resistencias a compresión promedio a los 7 días de 182.07 kg/cm² con el 0%, 187.27kg/cm² con el 0.5%, 203.4kg/cm² con el 1% y 185.17kg/cm² con el 1.5% siendo el porcentaje más óptimo el de 1% de adición de ceniza pues su resistencia se incrementa en un 11.71% de su resistencia de diseño. Los resultados se asimilan mucho a la presente investigación pues el valor promedio más alto se consiguió con el 1% de adición de ceniza logrando un incremento del 16.19 % respecto a su resistencia de diseño.

TABLA 46.- Ensayo a Compresión de Probetas con Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez a los 14 días

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div>  </div>														
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>														
Ensayo a Compresión del Hormigón Adicionado Ceniza de Cáscara de Nuez a los 14 días														
Realizado por:				Muyulema Sailema Irene Elizabeth										
Norma				NTE INEN 1573										
Probeta	% Adición de Ceniza	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Media (Kg/m ³)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)
AC05- 4	0.5%	24/05/2023	7/6/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.810	2425.52	2347.43	169.32	17259.94	219.76	220.68
AC05- 5				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.815	2428.70		170.80	17410.81	221.68	
AC05- 6				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.437	2188.06		169.96	17325.18	220.59	
AC1 -4	1%	24/05/2023	7/6/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.506	2231.99	2227.53	184.76	18833.84	239.80	237.53
AC1 -5				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.492	2223.08		181.96	18548.42	236.17	
AC1 -6				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.499	2227.53		182.32	18585.12	236.63	
AC1.5-4	1.5%	29/05/2023	12/6/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.417	2175.33	2181.48	178.98	18244.65	232.30	227.57
AC1.5-5				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.392	2159.41		172.04	17537.21	223.29	
AC1.5-6				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.471	2209.71		175.00	17838.94	227.13	
AC2-4	2%	29/05/2023	12/6/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.803	2421.06	2334.70	156.99	16003.06	203.76	209.50
AC2-5				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.777	2404.51		157.61	16066.26	204.56	
AC2-6				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.422	2178.51		169.65	17293.58	220.19	

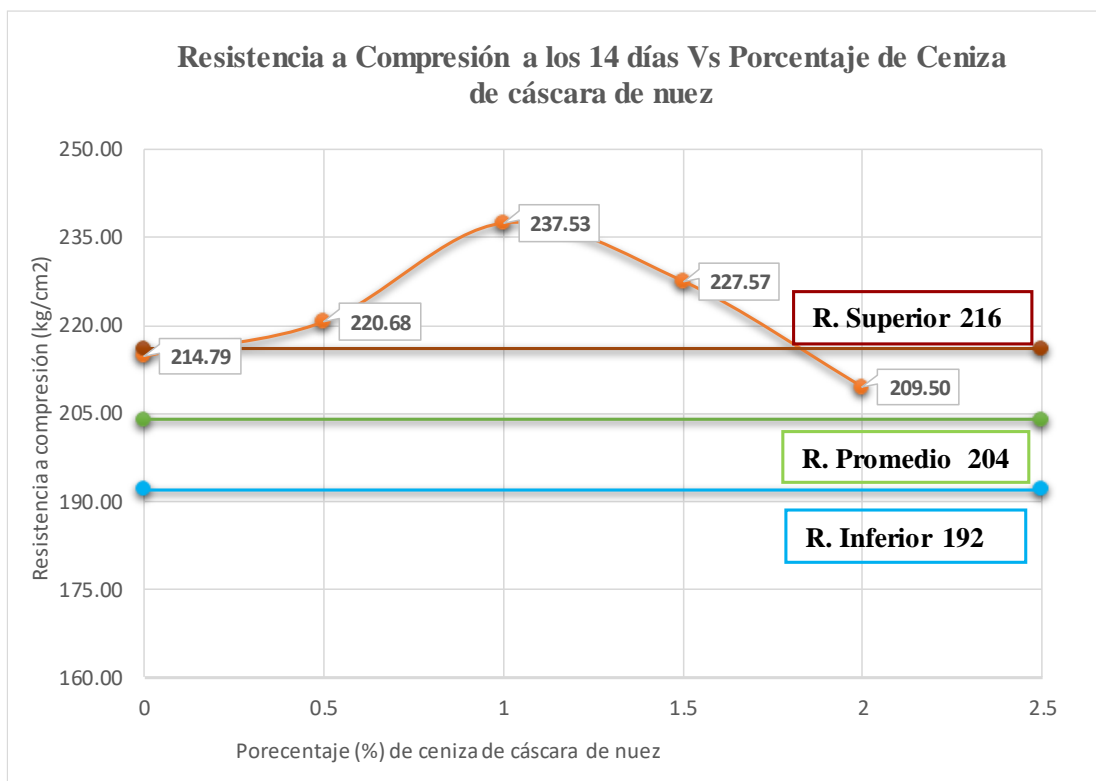
Elaborado por: Muyulema Irene

GRÁFICO 3. Comparación de Resistencia a los 14 días



Elaborado por: Muyulema Irene

GRÁFICO 4. Resistencia a Compresión a los 14 días Vs % de ceniza de cáscara de nuez




Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis y comparación:

En la tabla 46 se aprecian los valores obtenidos de densidad promedio de las probetas que van desde 2181.48.61 kg/m³ a los 2347.43 kg/m³ los cuales superan adecuadamente el valor indicado en la norma ACI 318-19 de 2160 kg/m³. Además, los valores promedio obtenidos de la resistencia a compresión para los porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% de ceniza de cáscara de nuez añadida superan al valor de resistencia a compresión del hormigón simple, siendo entre estos el valor más alto 237.53 kg/cm² que corresponde al 1% de adición de ceniza. Sin embargo, el valor promedio alcanzado con el 2% de adición de ceniza de cáscara de nuez se encuentra por debajo del valor del hormigón simple de 214.79 kg/cm², pero alcanza la resistencia dentro del límite inferior de 192 kg/cm² y límite superior de 216 kg/cm² de la resistencia de diseño a los 14 días de edad.

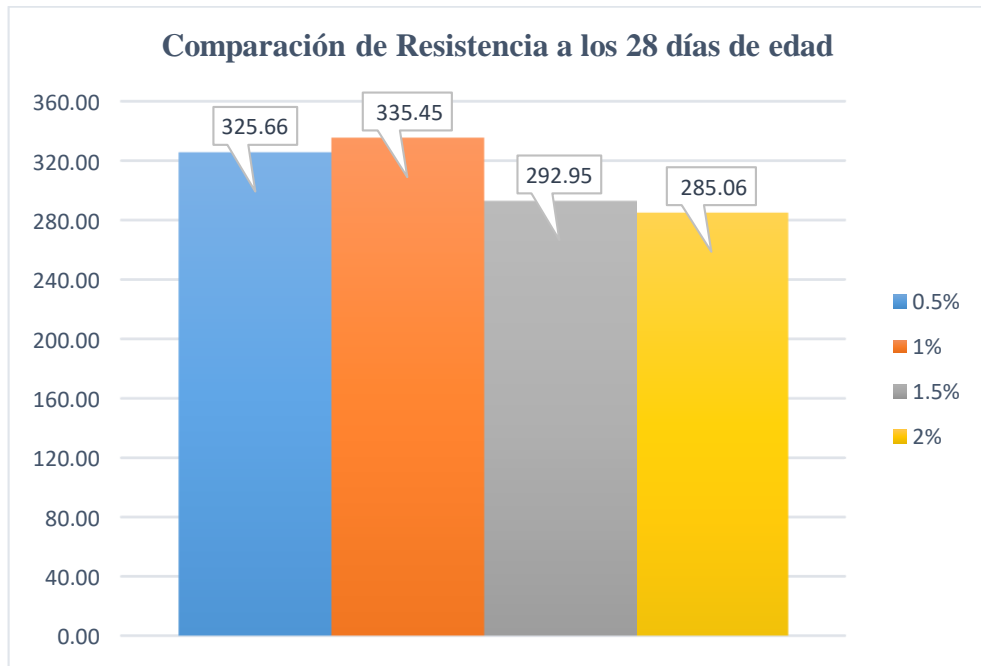
En la investigación titulada “Adición de ceniza de cáscaras de nuez para incrementar la resistencia a compresión del concreto 210kg/cm², Puno – Perú” se obtuvo valores de resistencias a compresión promedio a los 14 días de 232.23 kg/cm² con el 0%, 233.93 kg/cm² con el 0.5%, 238.70 kg/cm² con el 1% y 231.17 kg/cm² con el 1.5% siendo el porcentaje más óptimo el de 1% de adición de ceniza pues su resistencia se incrementa en un 2.78% de su resistencia de diseño. Los resultados se asimilan mucho a la presente investigación pues el valor promedio más alto fue con el 1% de adición de ceniza logrando un incremento del 10.58% con respecto a su resistencia de diseño.

TABLA 47.- Ensayo a Compresión de Probetas con Adición de Ceniza de Cáscara de Nuez a los 28 días

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div>  </div>														
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>														
Ensayo a Compresión del Hormigón Adicionado Ceniza de Cáscara de Nuez a los 28 días														
Realizado por:				Muyulema Sailema Irene Elizabeth										
Norma				NTE INEN 1573										
Probeta	% Adición de Ceniza	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Media (Kg/m ³)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (Kg/cm ²)
AC05- 7	0.5%	24/05/2023	21/06/2023	9.90	76.98	20.00	0.00154	3.471	2254.57	2222.33	248.40	25321.10	328.94	325.66
AC05- 8				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.458	2201.43		249.77	25460.75	324.18	
AC05- 9				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.473	2210.98		249.52	25435.27	323.85	
AC1 -7	1%	24/05/2023	21/06/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.733	2376.50	2316.23	260.12	26515.80	337.61	335.45
AC1 -8				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.597	2289.92		257.15	26213.05	333.75	
AC1 -9				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.585	2282.28		258.09	26308.87	334.97	
AC1.5-7	1.5%	29/05/2023	26/06/2023	10.00	78.54	20.00	0.00157	3.595	2288.65	2282.92	227.23	23163.10	294.92	292.95
AC1.5-8				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.636	2314.75		226.08	23045.87	293.43	
AC1.5-9				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.527	2245.36		223.82	22815.49	290.50	
AC2-7	2%	29/05/2023	26/06/2023	9.90	76.98	20.00	0.00154	3.543	2301.34	2254.47	217.41	22162.08	287.91	285.06
AC2-8				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.559	2265.73		215.68	21985.73	279.93	
AC2-9				10.00	78.54	20.00	0.00157	3.450	2196.34		221.40	22568.81	287.35	

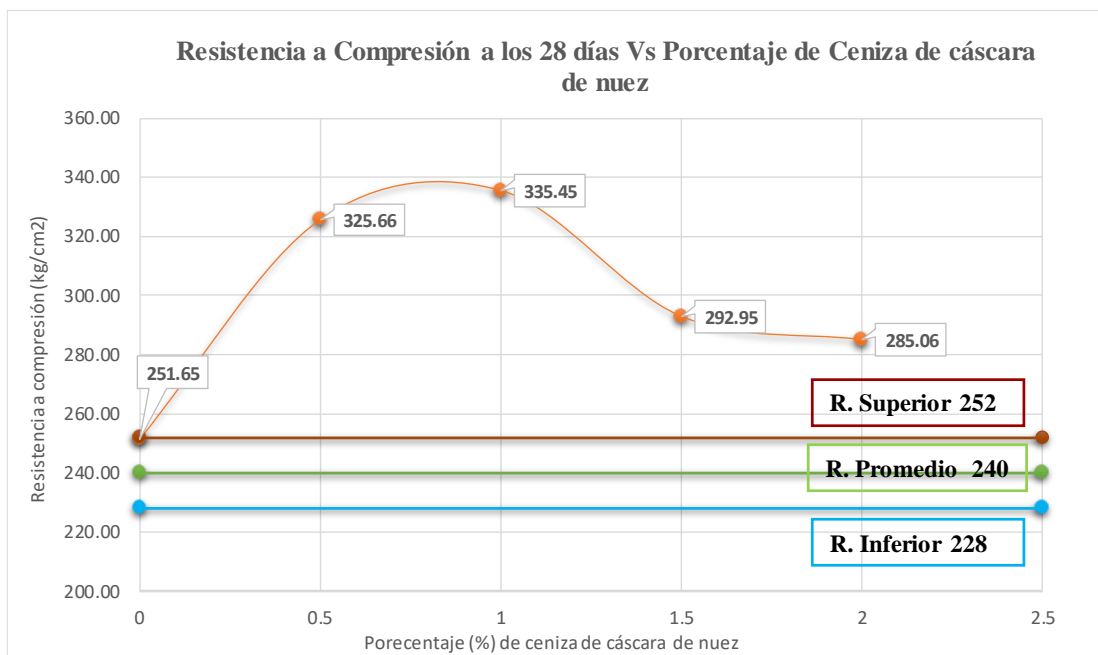
Elaborado por: Muyulema Irene

GRÁFICO 5. Comparación de Resistencia a los 28 días



Elaborado por: Muyulema Irene

GRÁFICO 6. Resistencia a Compresión a los 28 días Vs % de ceniza de cáscara de nuez



Elaborado por: Muyulema Irene

Análisis:

En la tabla 47 se presentan los valores obtenidos de densidad promedio de las probetas que van desde 2222.33 kg/m³ a los 2316.23 kg/m³ los cuales superan adecuadamente el valor indicado en la norma ACI 318-19 de 2160 kg/m³. Además, los valores promedio obtenidos de la resistencia a compresión para los porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de ceniza de cáscara de nuez añadida superan al valor de resistencia a compresión del hormigón simple, siendo entre estos el valor más alto 335.45 kg/cm² que corresponde al 1% de adición de ceniza logrando así un 39.75 % de la resistencia de diseño de 240kg/cm² a los 28 días.

En la investigación titulada “Adición de ceniza de cáscaras de nuez para incrementar la resistencia a compresión del concreto 210kg/cm², Puno – Perú” se obtuvo valores de resistencias a compresión promedio a los 28 días de 253.97 kg/cm² con el 0%, 257.87 kg/cm² con el 0.5%, 270.67 kg/cm² con el 1% y 241.13 kg/cm² con el 1.5% siendo el porcentaje más óptimo el de 1% de adición de ceniza pues su resistencia se incrementa en un 6.57% de su resistencia de diseño. Los resultados se asimilan mucho a la presente investigación pues el valor promedio más alto fue con el 1% de adición de ceniza logrando un incremento de 33.45% con respecto a su resistencia de diseño.

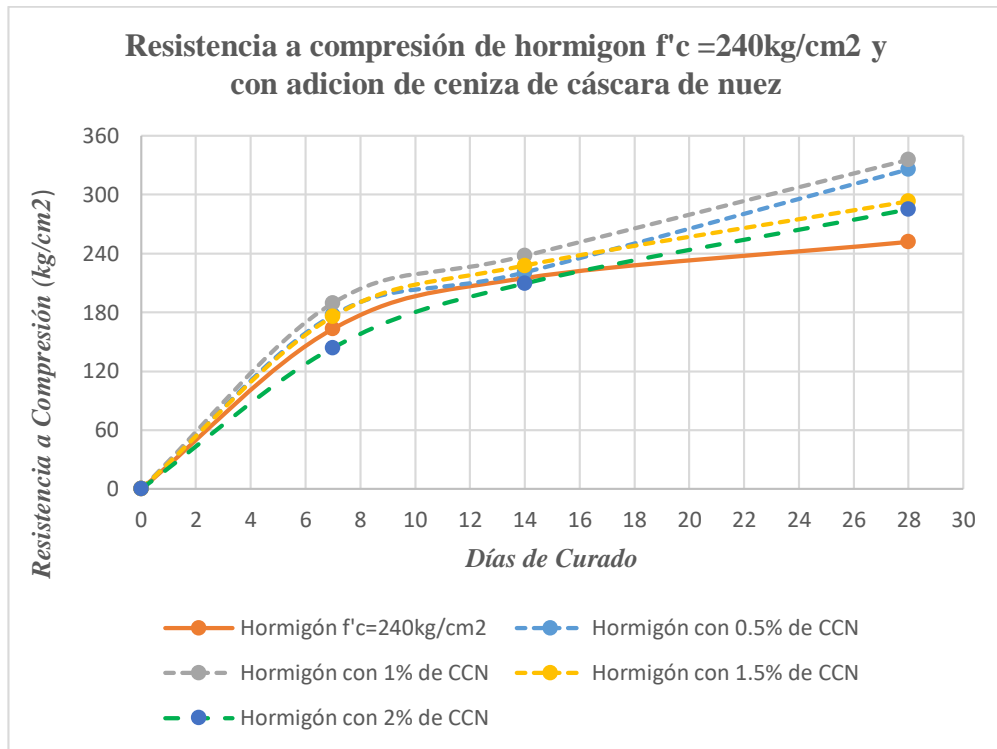
3.2.3. Comparación de resistencia a compresión de probetas de hormigón simple y con adición de ceniza de cáscara de nuez.

TABLA 48.- Comparación de Resistencia a Compresión de probetas de hormigón simple y con adición de ceniza de cáscara de nuez

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 																	
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>																	
Comparación de la Resistencia a Compresión del Hormigón Simple y Hormigón Adicionado Ceniza de Cáscara de Nuez																	
Realizado por:			Muyulema Sailema Irene Elizabeth														
Norma			NTE INEN 1573						Fecha:			28/06/2023					
Cantidad de Probetas	Resistencia a Compresión del Hormigón f'c = 240 kg/cm2			Resistencia a Compresión del Hormigón Adicionado Ceniza de Cáscara de Nuez													
	Hormigón Simple			0.5 % Adición			1 % Adición			1.5 % Adición			2 % Adición				
	7 Días	14 Días	28 Días	7 Días	14 Días	28 Días	7 Días	14 Días	28 Días	7 Días	14 Días	28 Días	7 Días	14 Días	28 Días		
	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	
1	167.01	215.71	251.86	179.71	219.76	328.94	184.56	239.80	337.61	182.21	232.30	294.92	143.55	203.76	287.91		
2	165.62	213.10	252.73	175.81	221.68	324.18	193.84	236.17	333.75	168.88	223.29	293.43	141.15	204.56	279.93		
3	156.44	215.57	250.35	175.87	220.59	323.85	189.84	236.63	334.97	175.97	227.13	290.50	147.01	220.19	287.35		
Promedio	163.02	214.79	251.65	177.13	220.68	325.66	189.42	237.53	335.45	175.69	227.57	292.95	143.90	209.50	285.06		

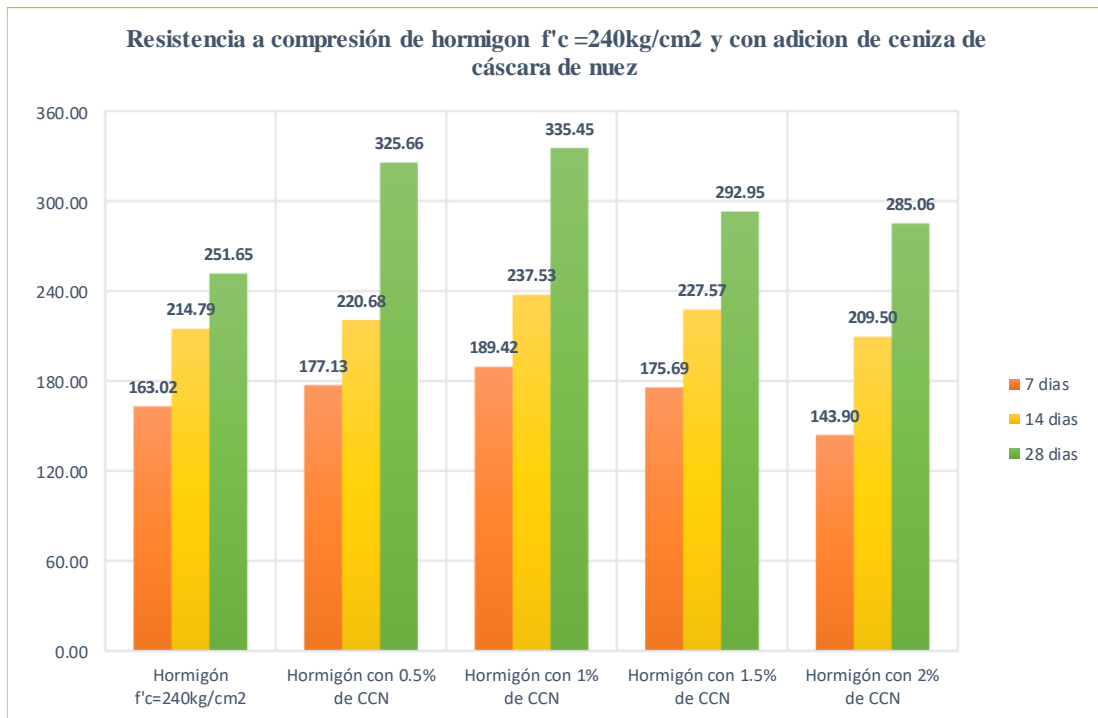
Elaborado por: Muyulema Irene

GRÁFICO 7. Curva de resistencia de las probetas ensayadas a compresión.



Elaborado por: Muyulema Irene

GRÁFICO 8. Resistencia de las probetas ensayadas a compresión



Elaborado por: Muyulema Irene



Análisis:

En las gráficas 7 y 8 se observa el comportamiento obtenido de las probetas de hormigón simple y del hormigón con adición de ceniza de cáscara de nuez, ensayadas a los 7, 14 y 28 días. Además, se observó que a los 28 días la resistencia de todos los porcentajes superó a la resistencia de hormigón simple, indicando que con el 1% de adición de ceniza de cáscara de nuez presenta un comportamiento mecánico superior que los demás en todas las edades. También se observó que con el porcentaje de 1.5% y 2% de ceniza de cáscara de nuez la resistencia a compresión descendió considerablemente en comparación con la resistencia del 1% de ceniza de cáscara de nuez.

En la investigación titulada “Adición de ceniza de cáscaras de nuez para incrementar la resistencia a compresión del concreto 210kg/cm², Puno – Perú” se visualizó que a los 28 días de edad las resistencias de todos los porcentajes superan a la resistencia de diseño, además se demostró que con el 1.5% de adición de ceniza la resistencia es inferior a la conseguida con una adición del 1%.



3.3. Análisis de Precios Unitarios

TABLA 49.- Costo de hormigón simple $f'c=240\text{kg/cm}^2$

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Rubro:	1			Unidad:	m ²
Detalle:	Hormigón Simple de 240 Kg/cm ²				
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
Herramienta menor (5 %)	0.05	23.69	1.18	1	1.18
Concreteira (1 saco)	1	5	5.00	1.009	5.05
SUBTOTAL M					6.23
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
Maestro mayor (Estr.Oc.C1)	1	4.29	4.29	1.009	4.33
Albañil (Estr.Oc.D2)	1	3.87	3.87	1.009	3.90
Peón (Estr.Oc.E2)	4	3.83	15.32	1.009	15.46
SUBTOTAL N					23.69
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	$C=A*B$	
Cemento Holcim Tipo GU	Kg	326.958	0.17	55.58	
Arena	m ³	0.791	13.00	10.28	
Ripio	m ³	0.972	13.50	13.12	
Agua	m ³	0.186	0.80	0.15	
SUBTOTAL O					79.13
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
		A	B	$C=A*B$	
	u			0.00	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					109.05
INDIRECTOS %					0
UTILIDAD %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					109.05
VALOR UNITARIO					109.05
Son ciento nueve con cinco Nota: Este precio no incluye IVA Fecha: Julio 2023					
Irene Elizabeth Muyulema Sailema ELABORADO					

Elaborado por: Muyulema Irene



TABLA 50.- Costo de hormigón adicionado 1% de ceniza de cáscara de nuez

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Rubro:	2			Unidad:	m2
Detalle:	Hormigón con adición de ceniza de cáscara de nuez.				
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5 %)	0.05	23.69	1.18	1	1.18
Concreteira (1 saco)	1	5	5.00	1.009	5.05
Maquina de trituracion	1	3	3.00	1.009	3.03
Horno	1	1	1.00	1.009	1.01
SUBTOTAL M					6.23
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro mayor (Estr.Oc.C1)	1	4.29	4.29	1.009	4.33
Albañil (Estr.Oc.D2)	1	3.87	3.87	1.009	3.90
Peón (Estr.Oc.E2)	4	3.83	15.32	1.009	15.46
SUBTOTAL N					23.69
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Cemento Holcim Tipo GU	Kg	323.688	0.17	55.03	
Arena	m3	0.791	13.00	10.28	
Ripio	m3	0.991	13.50	13.38	
Agua	m3	0.198	0.80	0.16	
Ceniza de cáscara de nuez	kg	3.270	0.05	0.16	
SUBTOTAL O					79.01
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
		A	B	C=A*B	
	u			0.00	
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					108.94
INDIRECTOS %					0
UTILIDAD %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					108.94
VALOR UNITARIO					108.94
Son ciento ocho con noventa y cuatro Nota: Este precio no incluye IVA					
Fecha: Julio 2023			Irene Elizabeth Muyulema Sailema ELABORADO		

Elaborado por: Muyulema Irene

3.4. Análisis Costo-Beneficio

TABLA 51.- Cuadro Comparativo de Análisis Costo – Beneficio

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
<i>"Determinación de la resistencia a compresión del hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez"</i>				
Costo para 1 m3 de Hormigón				
TIPO DE HORMIGÓN	COSTO (\$)	AHORRO (\$)	AHORRO (%)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
Hormigón f'c = 240kg/cm	109.05	0.00	0%	251.65 kg/cm2
Hormigón con el 1% de adición de ceniza de cáscara de nuez	108.94	0.11	0.1%	335.45 kg/cm2

Elaborado por: Muyulema Irene

3.5. Verificación de hipótesis:

Hipótesis

El hormigón adicionado ceniza de cáscara de nuez mejorar o mantiene su resistencia a compresión.

Verificación de hipótesis

Según los resultados obtenidos de los ensayos a compresión a los 28 días de curado donde el hormigón simple alcanza su 100% de resistencia, se determinó que con el 1% de sustitución parcial de cemento con ceniza de cáscara de nuez alcanza un valor de 335.45kg/cm2 lo cual es un 33.30% mayor en comparación con la resistencia obtenida del hormigón simple.

Por lo que podemos comprobar que la hipótesis sugerida es aceptable, debido a que se comprobó con los resultados de los ensayos a compresión que la sustitución parcial del cemento con adición de ceniza de cascara de nuez aumenta la resistencia a compresión a comparación con la resistencia del hormigón simple.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.

4.2. Conclusiones:

- Se elaboró probetas de hormigón tomando como base el método de densidad óptima, para lo cual se realizaron ensayos de laboratorio al agregado fino, grueso, cemento y ceniza de cáscara de nuez de acuerdo a las normas INEN y ASTM, mismos que sirvieron para la recopilación de datos necesarios que exige el método. De este modo se calculó la dosificación adecuada para una resistencia de diseño de 240 kg/cm².
- Se concluye que la adición de 0.5%,1%,1.5% y 2% de ceniza de cáscara de nuez en la dosificación afecta positivamente en las propiedades mecánicas del hormigón, también se puede afirmar que la adición de estos porcentajes no altera a su composición original.
- El hormigón elaborado con 0.5%,1%,1.5% y 2% de ceniza de cáscara de nuez en estado fresco demuestra tener una consistencia aceptable, una buena trabajabilidad y un asentamiento muy bueno pues sus valores se encuentran entre 7cm a los 7.40cm, los mismos que se ubican dentro del rango de consistencia plástica es decir de 6 a 9 cm.
- Se evaluó las diferencias de la resistencia a compresión del hormigón simple y con adición de ceniza de cáscara de nuez de 0.5%,1%,1.5% y 2% dando como resultado valores promedio a los 7 días: 177.13 kg/cm², 189.42 kg/cm², 175.69 kg/cm² y 143.90 kg/cm², a los 14 días: 220.68 kg/cm², 237.53 kg/cm², 227.57 kg/cm² y 209.50 kg/cm², a los 28 días: 325.66 kg/cm², 335.45 kg/cm², 292.95 kg/cm² y 285.06 kg/cm², mostrando así que a los 7 días con el 2% de adición de ceniza la resistencia no cumple con el límite inferior establecido, además se demostró que con adiciones mayores al 1.5% de adición de ceniza la resistencia comienza a disminuir considerablemente.

- Según los resultados obtenidos de resistencia a compresión se pudo concluir que el porcentaje idóneo es el 1% de adición de ceniza de cáscara de nuez, pues su resistencia a los 28 días fue de 335.45kg/cm² en comparación a la resistencia de hormigón simple que tuvo un valor de 251.65 kg/cm².
- En conclusión, debido a la resistencia alcanzada con el hormigón de 1% de adición de ceniza de cáscara de nuez, se puede decir que este es un hormigón de alta resistencia y por ello podría utilizarse para cualquier tipo de elementos estructurales que trabajan predominantemente a compresión.
- Una vez realizado el análisis costo-beneficio se verificó que el hormigón con 1% de adición de ceniza de cáscara en cuanto a costo presenta un ahorro mínimo de 0.1%, y en cuanto a beneficio presenta un incremento de resistencia del 33.30% a comparación de la resistencia obtenida del hormigón simple, por lo que utilizar este tipo de mezcla es más económico y mucho más beneficioso.
- En conclusión, en las dos investigaciones la resistencia óptima se alcanzó con la adición del 1%, esto podría deberse a la cantidad de silicatos de calcio pues estos contribuyen en la densificación de la microestructura del hormigón, disminuyendo los poros y aumentando su resistencia.

4.3. Recomendaciones:

- Para la obtención de ceniza se recomienda recolectar una gran cantidad de cáscaras de nuez, debido que, al ser calcinados estos disminuyen en gran proporción.
- El estado de las cáscaras de nuez que se van a utilizar deben encontrarse lo más secas posibles para acelerar su proceso de torrefacción.
- Se recomienda verificar el contenido de humedad de los agregados antes de la elaboración del hormigón, puesto que es necesario comprobar el estado que presentan los agregados y con ello determinar si es necesario correcciones por humedad en la dosificación respectiva.
- Antes de colocar la mezcla de hormigón en los moldes se debe revisar su estado y descartar anomalías existentes, asimismo se los debe ajustar bien de manera que no exista derramamientos de mezcla. Además, no es adecuado engrasado con una cantidad excesiva de aceite porque puede afectar a la probeta de hormigón al ser ensayado.
- Se recomienda realizar este tipo de investigación con valores cercanos al 1% de adición de ceniza de cáscara de nuez con el objetivo de analizar su comportamiento en cuanto a la resistencia.
- Es recomendable continuar con este tipo de investigaciones experimentales con ceniza de otros residuos en sustitución parcial del cemento puesto que este material es el que produce más emisiones de CO₂, al elaborar este tipo de hormigón creamos nuevas alternativas que ayuden a disminuir el impacto ambiental por medio de la economía circular.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas:

- [1] “Breve introducción a los orígenes del hormigón armado - Arquitectura y Construcción.”
<https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/167016-Breve-introduccion-a-los-origenes-del-hormigon-armado.html> (accessed Jun. 07, 2023).
- [2] “Vista de La evolución del hormigón como material estructural.”
<https://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/remetallica/article/view/1286/1202> (accessed May 04, 2023).
- [3] Á. F. Nistal Cordero, M. J. Retana Maqueda, and T. Ruiz Abrio, “El Hormigón: Historia, Antecedentes En Obras Y Factores Indicativos De Su Resistencia,” *Tecnol. y Desarro.*, vol. X, pp. 1–18, 2012, [Online]. Available: <http://www.uax.es/publicacion/el-hormigon-historia-antecedentes-en-obras-y-factores-identificativos.pdf>
- [4] C. Romea, “El hormigón: breve reseña histórica de un material milenario,” *Apl. Av. los Mater. compuestos en la obra Civ. y la Edif.*, pp. 1–18, 2014, doi: 10.3926/oms.199.
- [5] “Aspdin, Joseph (1779-1855). » MCNBiografias.com.”
<https://www.mcnbiografias.com/app-bio/do/show?key=aspdin-joseph> (accessed Jun. 07, 2023).
- [6] C. M. Jarre Castro, J. J. Howland Albear, M. S. Guerrero Alcivar, and S. Brito, “Impacto de la utilización de puzolanas naturales ecuatorianas,” *Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Tecnol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.33936/riemat.v2i1.931.
- [7] J. Cagliao *et al.*, “P Á á g i in na a 1 || 206 || Autores,” 2010.
- [8] A. León-Velez and V. Guillén-Mena, “Energía contenida y emisiones de CO2 en el proceso de fabricación del cemento en Ecuador,” *Ambient. Construido*, vol. 20, no. 3, pp. 611–625, 2020, doi: 10.1590/s1678-86212020000300448.
- [9] A. E. L. VÉLEZ, “Determinación De La Energía Contenida Y Emisiones De

- C02 En El Proceso De Fabricación Del Cemento,” p. 23, 2017.
- [10] “Nte inen 488-2 - resistencia a la compresion en cubos de mortero - INSTITUTO ECUATORIANO DE - Studocu.”
<https://www.studocu.com/ec/document/universidad-central-del-ecuador/ensayo-de-materiales/nte-inen-488-2-resistencia-a-la-compresion-en-cubos-de-mortero/23206008> (accessed Jul. 21, 2023).
- [11] V. Río, Z. Valle, F. Pedro, and G. Pulido, “Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000309>,” 2005.
- [12] “Cemento puzolánico - EcoSur: Tejas de Concreto, Cemento Puzolánico, Adobe, EcoMateriales.” <https://www.ecosur.org/index.php/es/ecomateriales-2/cemento-puzolanico/716-cemento-puzolanico> (accessed Jun. 08, 2023).
- [13] B. P. Holguín Burgos, A. A. Alvarado Aguayo, and N. L. Mora Masaquiza, “Estudio del comportamiento de la producción y demanda de Macadamia en Ecuador,” *Rev. Obs. la Econ. Latinoam.*, pp. 1–14, 2017, [Online]. Available: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/macadamia-ecuador.html>
- [14] F. de la Cruz, A. Sáenz, and F. Cortés, “Concreto Ligero utilizando Cáscara de Nuez,” *Rev. Arquít. e Ing.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–11, 2015.
- [15] J. P. I. Jimenez, M. J. A. Arias, and M. A. R. Manzano, “Uso De La Ceniza De Bagazo De Caña (Cbc) Como Reemplazo Parcial Del Cemento Portland – Caso Colombia,” *A Apl. do Conhecimento Científico na Eng. Civ.* 4, no. October 2019, pp. 61–78, 2020, doi: 10.22533/at.ed.7182009075.
- [16] X. Concurso, U. Feria, and D. E. L. A. S. Ciencias, “FÍSICA EXTERNA Categoría INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL LAS INGENIERAS Pseudónimo de integrantes Índice,” pp. 1–19.
- [17] C. M. Fernandez Sosa, “Faculta de ingenier í a y arquitectura,” *Univ. Cesar Vallejo*, p. 59, 2021.
- [18] D. Bustamenta Puel and A. Wechsler pizarro, “Desde el residuo: Al rescate de la cáscara de nuez.,” *Arquit. y Urban. Univ. Chile*, 2020.
- [19] S. Aguiar, M. Enríquez Estrella, and H. Uvidia Cabadiana, “Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento,” *Axioma*, vol. 1, no. 27, pp. 5–11, 2022, doi: 10.26621/ra.v1i27.803.
- [20] I. Águila and M. Sosa, “Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de

- arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos,” *Rev. la Fac. Ing. Univ. Cent. Venez.*, vol. 23, no. 4, pp. 55–66, 2008, Accessed: Jul. 03, 2023. [Online]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [21] NTE INEN 696, “Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. 1, no. Primera Edición, p. 12, 2011.
- [22] NTE INEN 872, “Áridos Para Hormigón. Requisitos.,” *Instituto Ecuatoriano Norm.*, p. 16, 2011, [Online]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
- [23] N. T. Ecuatoriana, R. Gravedad, E. Y. Absorción, Á. Fino, and P. Edición, “Review of the Styrene assessment in the National Toxicology Program 12th Report on Carcinogens,” *Rev. Styrene Assess. Natl. Toxicol. Progr. 12th Rep. Carcinog.*, pp. 1–178, 2014, doi: 10.17226/18725.
- [24] NTE INEN 857, “Áridos. Determinación de la Densidad Relativa(Gravedad Especifica) y Absorción del Arido Grueso.,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, no. Primera Edición, pp. 1–14, 2010, [Online]. Available: <http://apps.normalizacion.gob.ec>
- [25] NTE INEN 156, “Cemento hidráulico. Determinación de la densidad,” p. 9, 2009.
- [26] NTE INEN 858, “Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos [NTE 858 INEN],” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. 1, no. Primera Edición, p. 5, 2010.
- [27] NTE INEN 862, “Aridos Para Hormigon. Determinacion Del Contenido Total De Humedad,” *Instituto Ecuatoriano Norm.*, pp. 1–8, 2011.
- [28] J. Núñez, “Análisis Comparativo De La Resistencia a Compresión Del Hormigón Común Con El Hormigón Adicionado Fibras De Nylon, Utilizando Agregados Existentes En La Provincia De Pastaza,” *Univ. Técnica Ambato*, p. 106, 2016.
- [29] NTE INEN 1578, “Determinación del asentamiento, cemento hidráulico.,” *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. 2165, p. 8, 2010, [Online]. Available: <http://bit.ly/2P2iu4u>

- [30] NTE INEN 3124, “Hormigón. Elaboración Y Curado De Especímenes De Ensayo En El Laboratorio,” pp. 1–19, 3124.
- [31] NTE INEN 1573, “Nte Inen 1573,” *Nte Inen*, vol. 1, no. Primera Edición, p. 5, 2010, [Online]. Available: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1573.pdf>

Anexos

	
<p>Fotografía 1: Limpieza de nueces</p>	<p>Fotografía 2: Secado de cáscaras de nueces</p>
	
<p>Fotografía 3: Calcinación de cáscaras de nuez</p>	<p>Fotografía 4: Toma de temperatura con pirómetro industrial</p>
	
<p>Fotografía 5: Tamices para agregado fino</p>	<p>Fotografía 6: Toma de pesos retenidos en los tamices de agregados finos</p>



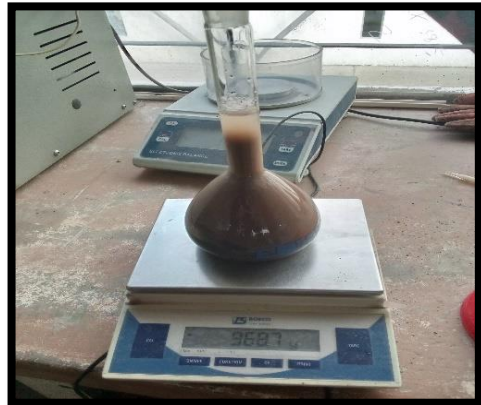
Fotografía 7: Tamices para agregado grueso



Fotografía 8: Toma de pesos retenidos en los tamices de agregados gruesos



Fotografía 9: Muestra (SSS) agregado fino



Fotografía 10: Toma de masas picnómetro + muestra(SSS) + agua



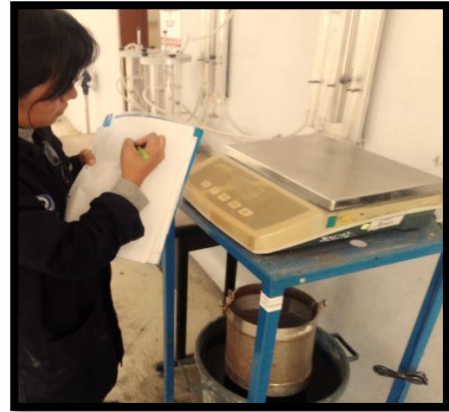
Fotografía 11: Eliminación de burbujas de arena.



Fotografía 12: Toma de muestras para capacidad de absorción de arena



Fotografía 13: Muestra (SSS) agregado grueso.



Fotografía 14: Canastilla suspendida en el aire.



Fotografía 15: Canastilla suspendida en el agua.



Fotografía 16: Toma de muestras para capacidad de absorción del ripio.



Fotografía 17: Peso del picnómetro + cemento



Fotografía 18: Peso del picnómetro + cemento + gasolina



Fotografía 19: Peso del picnómetro + cemento



Fotografía 20: Peso del picnómetro + cemento+ gasolina



Fotografía 21: Densidad aparente suelta del agregado fino



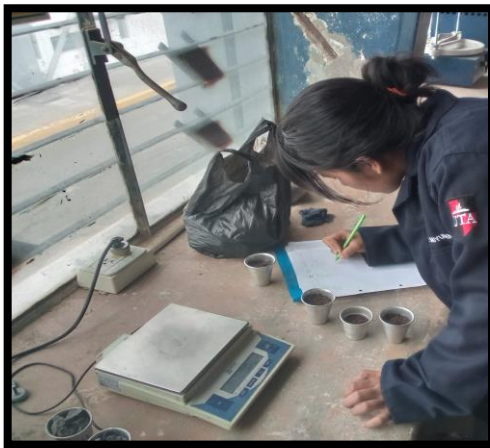
Fotografía 22: Densidad compacta del agregado fino



Fotografía 23: Densidad aparente suelta del agregado grueso



Fotografía 24: Densidad aparente compacta del agregado grueso



Fotografía 25: Toma de muestras para contenido de humedad.



Fotografía 26: Toma de pesos de contenido de humedad.



Fotografía 27: Realización del hormigón.



Fotografía 28: Ensayo para medir el asentamiento de la mezcla.



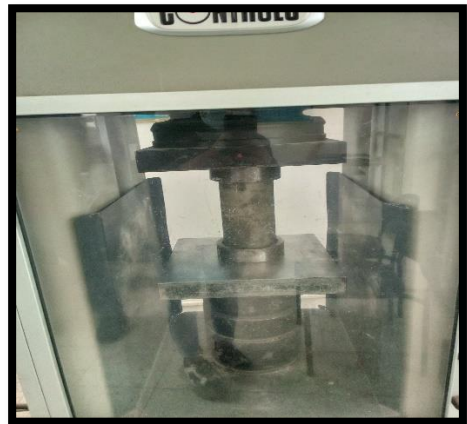
Fotografía 29: Colocación de hormigón en moldes metálicos.



Fotografía 30: Colocación de probetas en la cámara de curado.



Fotografía 31: Medición de altura de las probetas.



Fotografía 32: Ensayo a compresión de probetas.



Fotografía 33: Fallas obtenidas.



Fotografía 34: Obtención de resultados.



Fotografía 35: Probetas ensayadas con adición de ceniza.



Fotografía 36