



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:

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO
E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y
BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO
GRUESO POR CASCARILLA DE COCO”**

AUTORA: Monserrath Carolina Chafra Ríos

TUTORA: Ing. M.Sc. Maritza Ureña

Ambato – Ecuador

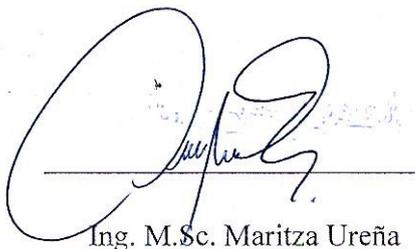
2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. MSc. Maritza Ureña Aguirre, certifico que la presente investigación bajo la modalidad de trabajo experimental con el tema: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO”**, es de autoría de la Srta. Monserrath Carolina Chafra Ríos, el mismo que ha sido desarrollado bajo mi supervisión y tutoría.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Julio del 2019

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'M' and 'U' followed by a horizontal line and a flourish.

Ing. M.Sc. Maritza Ureña

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Monserrath Carolina Chafra Ríos, con CI. 1804604286, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO”**, es de mi completa autoría.

Ambato, Julio del 2019



Monserrath Carolina Chafra Ríos

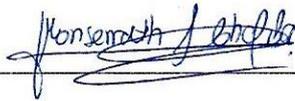
AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo de Titulación 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, Julio del 2019



Monserrath Carolina Chafla Ríos

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de calificación de grado aprueban el Trabajo Experimental, sobre el tema: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO”**, de la egresada Monserrath Carolina Chafra Ríos, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, octubre de 2019

Para constancia firma:



Ing. Mg. Santiago Medina



Ing. Mg. Galo Núñez

DEDICATORIA

¿No te dije que si crees verás la gloria de Dios?

(Juan 11:40)

Esta investigación primeramente va dedicada para ti Papá Dios, por las veces que sentía que ya no podía más y me fortaleciste, escuchaste mis oraciones y he aquí el fruto, porque ¡NADA hay imposible para Dios! En mi memoria quedan aquellas noches de largas tareas y estudio donde tú me diste sabiduría e hiciste que saliera victoriosa a pesar de las diversas pruebas que se presentaron, Tú y yo sabemos lo que fue recorrer este extenso camino.

Con mucho cariño para mi familia: papi, mami y ñaña, los cuatro hemos conocido lo que es sobrellevar las adversidades al cabo de estos años. Los logros alcanzados han sido gracias a su apoyo y anhelo que se sientan orgullosos de mí, pues ustedes me enseñaron a ser perseverante alcanzando así todo lo que me propongo.

Monse

AGRADECIMIENTO

Mil gracias a ti, mi Dios fortaleza mía, tu presencia está conmigo a donde quiera que yo vaya; no lo hubiera logrado sin ti.

A mis padres, gracias por enseñarme que la vida se hace luchando; gracias papi por enseñarme a culminar todo lo que algún día empecé, ñaña por tus abrazos cuando los necesitaba; y a ti mami por las veces que me veías haciendo trabajos hasta tarde y me enviabas a descansar con una frase que tendré presente toda mi vida: duerme todo estará bien, confía en el Señor. TÚ PUEDES.

Para mi ángel de 4 patas, en mi aflicción fuiste mi alegría, 10 años juntos no fueron suficientes para expresarte todo el amor que te tengo mi animalito, nuestras largas caminatas y nuestra convivencia diaria me ayudaron a mirar la vida desde los ojos de un perro, es ahí donde comprendí que las cosas sencillas son las que te dejan los mejores recuerdos, le agradezco a papá Dios por haberte enviado a nuestra familia. Ahora sé que debo vivir el presente, así como tú lo hacías, fuiste fuerte hasta el final y eso es una lección para mí, pues verte luchar por tu vida me inspira a seguir con la mía. Gracias por todo y por tantos momentos juntos mi Matías, jamás te olvidaré. NO HAY ADIÓS ENTRE DOS ALMAS QUE SE AMAN.

Un agradecimiento especial a mi Tutora Ing. Maritza Ureña, por creer en mí. Su colaboración y conocimientos transmitidos me guiaron en el desarrollo de este trabajo experimental y a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato por la apertura brindada para la realización de esta investigación.

A cada una de las personas que me brindaron su apoyo o afecto cuando lo necesité, gracias a todos ustedes jamás olvido cuando alguien hace algo por mí.

Monse

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÀGINAS PRELIMINARES

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XI
RESUMEN EJECUTIVO	XIII

CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Justificación	3
1.1.3 Fundamentación teórica.....	7
1.1.3.1 Bloques huecos de hormigón	8
1.1.3.2 Clasificación de los bloques.	8
1.1.3.3 Dimensiones	8
1.1.3.4 Propiedades de los bloques de cemento	9
1.1.3.5 Proceso de fabricación de bloques	11
1.1.3.6 Materiales tradicionales usados en la elaboración de bloques de hormigón	14
1.1.3.6.1 Requisitos de los materiales para la elaboración de bloques... ..	15
1.1.3.7 Materiales alternativos para la elaboración de bloques de hormigón	18
1.1.3.8 La cascarilla de coco	19
1.1.3.8.1 Usos de la cascarilla de coco	22
1.1.3.8.2 Propiedades de la cascarilla de coco	22
1.1.3.8.3 Obtención de la cascarilla de coco	23
1.1.4 Hipótesis.	24
1.2 Objetivos.....	24

1.2.1 Objetivo General:.....	24
1.2.2 Objetivos Específicos:	24
CAPÍTULO II	26
METODOLOGÍA	26
Nivel o tipo de investigación.....	26
2.1 Materiales y equipos	29
2.2 Metodología	30
2.2.1 Plan recolección datos.....	35
2.2.2 Plan de procesamiento y análisis de información	36
CAPÍTULO III	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1 Análisis y discusión de resultados.....	37
3.1.1 Ensayos realizados en los agregados	37
3.1.1.1 Granulometría del agregado fino (polvo)	37
3.1.1.2 Granulometría del agregado grueso (chasqui)	39
3.1.1.3 Granulometría del agregado grueso (cascarilla de coco)	41
3.1.1.4 Densidad real del agregado fino (polvo)	43
3.1.1.5 Densidad real del agregado grueso (chasqui)	44
3.1.1.6 Densidad real del agregado grueso (cascarilla de coco)	45
3.1.1.7 Densidad aparente suelta de los agregados fino y grueso.....	46
3.1.1.8 Densidad aparente compactada de los agregados fino y grueso....	47
3.1.1.9 Capacidad de absorción de los agregados	48
3.1.1.10 Densidad aparente compactada de la mezcla de agregados (polvo y chasqui)	49
3.1.2 Ensayos realizados al cemento	51
3.1.2.1 Densidad real del cemento.....	51
3.1.3 Dosificación método de densidad óptima.....	52
3.1.4 Dosificación para bloques normales y bloques con reemplazo parcial de cascarilla de coco	61
3.1.5 Elaboración de bloques de diferentes porcentajes	63
3.1.6 Análisis de densidades de bloques elaborados con diferentes porcentajes	66
3.1.7 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	70
3.1.7.1 Comparación de resistencia a compresión Vs porcentajes de sustitución de cascarilla de coco	73

3.1.7.2 Comparación bloques con porcentaje óptimo de sustitución de cascarilla de coco (30%) Vs bloques normales.	77
3.1.7.3 Comparación resistencia a la compresión Vs. densidades	78
3.1.8 ENSAYO DE RESISTENCIA AL IMPACTO	79
3.1.9 ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO	87
3.1.10 Ensayo de absorción de agua en bloques	97
3.1.11 Análisis de precios unitarios	99
3.2 Verificación de hipótesis.....	107
CAPÍTULO IV	108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
4.1 Conclusiones	108
4.2 Recomendaciones	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXOS	116
A.) ENSAYOS DE LOS MATERIALES	116
B.) ENSAYOS DE RESISTENCIAS A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO.....	119
C.) ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bloques de hormigón de acuerdo a su uso.....	7
Tabla 2. Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad	8
Tabla 3. Dimensiones modulares y dimensiones nominales de los bloques de hormigón.	8
Tabla 4. Resistencia neta mínima a la compresión de bloques de hormigón.....	10
Tabla 5. Requisitos de gradación para árido fino.....	16
Tabla 6. Requisitos de gradación para árido grueso.	17
Tabla 7. Características fisicoquímicas de la cascarilla de coco.....	23
Tabla 8. Número total de muestras para los ensayos de resistencia a compresión, fuego e impacto	27

Tabla 9. Cambios físicos del concreto expuesto al fuego	34
Tabla 10. Análisis granulométrico agregado fino (polvo)	37
Tabla 11. Análisis granulométrico agregado grueso (chasqui).....	39
Tabla 12. Análisis granulométrico agregado grueso (cascarilla de coco).....	41
Tabla 13. Densidad real del agregado fino (polvo).....	43
Tabla 14. Densidad real del agregado grueso (chasqui)	44
Tabla 15. Densidad real del agregado grueso (cascarilla de coco)	45
Tabla 16. Densidad aparente suelta de los agregados fino y grueso	46
Tabla 17. Densidad aparente compactada de los agregados fino y grueso	47
Tabla 18. Capacidad de absorción de los agregados.....	48
Tabla 19. Densidad aparente compactada de los agregados fino y grueso (polvo y chasqui)	49
Tabla 20. Densidad real del cemento Selva Alegre	51
Tabla 21. Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación: agua / cemento	52
Tabla 22. Datos obtenidos en los ensayos para la dosificación por el método de densidad óptima	54
Tabla 23. Dosificación método de densidad óptima	57
Tabla 24. Valores obtenidos en dosificación al peso	60
Tabla 25. Dosificación para 25 bloques para bloques normales y por cada porcentaje de reemplazo	61
Tabla 26. Elaboración de bloques de diferentes porcentajes	63
Tabla 27. Densidad de bloques a los 7 días de edad	66
Tabla 28. Densidad de bloques a los 14 días de edad	67
Tabla 29. Densidad de bloques a los 28 días de edad	68
Tabla 30. Ensayo de resistencia a compresión a los 7 días de edad de bloques con diferentes porcentajes.....	70
Tabla 31. Ensayo de resistencia a compresión a los 14 días de edad de bloques con diferentes porcentajes.....	71
Tabla 32. Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días de edad de bloques con diferentes porcentajes.....	72
Tabla 33. Resultados de ensayo de resistencia al impacto a los 14 días de edad.....	79
Tabla 34. Resultados de ensayo de resistencia al impacto a los 28 días de edad.....	83
Tabla 35. Resultados de ensayo de resistencia al fuego a los 14 días de edad	87
Tabla 36. Resistencia a la compresión de bloques normales y bloques con cascarilla de coco luego de ser sometidos a ensayo de resistencia a fuego a los 14 días de edad ..	90
Tabla 37. Resultados de ensayo de resistencia al fuego a los 28 días de edad	92

Tabla 38. Resistencia a la compresión de bloques normales y bloques con cascarilla de coco luego de ser sometidos a ensayo de resistencia a fuego a los 28 días de edad ..	95
Tabla 39. Absorción de agua en bloques normales y bloques con cascarilla de coco	97
Tabla 40. Salarios mínimos sectoriales y tarifas comisión sectorial No. 14.....	100
Tabla 41. Análisis de precio unitario bloque normal o tradicional	101
Tabla 42. Análisis de precio unitario bloque 10% cascarilla de coco.....	102
Tabla 43. Análisis de precio unitario bloque 20% cascarilla de coco.....	103
Tabla 44. Análisis de precio unitario bloque 30% cascarilla de coco.....	104
Tabla 45. Resumen ensayo de absorción de agua y análisis de precios unitarios de bloques normales y bloques con cascarilla de coco	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Esquema partes de un bloque.....	7
Gráfico 2. Esquema superficie bruta	9
Gráfico 3. Esquema superficie neta	10
Gráfico 4. Esquema típico del proceso de fabricación de bloques de hormigón y partes del bloque final.....	13
Gráfico 5. Materiales tradicionales usados en la elaboración de bloques huecos de hormigón	15
Gráfico 6. Estructura del coco.....	19
Gráfico 7. Palma africana y sus presentaciones	20
Gráfico 8. Cascarilla de coco.	21
Gráfico 9. Curva granulométrica del agregado fino (polvo).....	38
Gráfico 10. Curva granulométrica del agregado grueso (chasqui)	40
Gráfico 11. Curva granulométrica del agregado grueso (cascarilla de coco)	42
Gráfico 12. Densidad óptima de la mezcla	50
Gráfico 13. Extrapolación automática Excel	53
Gráfico 14. Bloque 40*20*12 (cm)	58
Gráfico 15. Densidad Vs Porcentaje de cascarilla de coco	69
Gráfico 16. Resistencia a compresión Vs porcentajes de sustitución de cascarilla de coco (7,14,28 días)	73
Gráfico 17. Curva de resistencia a compresión en bloques con cascarilla de coco Vs edad (tiempo) a los 7,14, 28 días.....	75

Gráfico 18. Curva de resistencia a compresión Vs. Porcentaje de reemplazo por cascarilla de coco a los 7,14, 28 días	76
Gráfico 19. Comparación bloques con porcentaje óptimo de sustitución de cascarilla de coco (30%) Vs bloques normales.	77
Gráfico 20. Curva de resistencia a compresión vs densidades	78
Gráfico 21. Temperatura alcanzada Vs. Porcentaje de sustitución de cascarilla de coco (14 días de edad)	88
Gráfico 22. Comparación resistencia a compresión simple Vs resistencia a compresión luego de ensayo a fuego a los 14 días de edad.....	91
Gráfico 23. Temperatura alcanzada Vs. Porcentaje de sustitución de cascarilla de coco (14 días de edad)	93
Gráfico 24. Comparación resistencia a compresión simple Vs resistencia a compresión luego de ensayo a fuego a los 28 días de edad.....	96

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO”

AUTORA: Monserrath Carolina Chafla Ríos

TUTORA: Ing. M.Sc. Maritza Ureña Aguirre

Para la ejecución del presente trabajo experimental, en primer lugar, se recolectó los agregados necesarios para la fabricación de los bloques propuestos: chasqui de minas ubicadas en Laso, polvo proveniente de Pujilí y cascarilla de coco que se adquirió en el sector Cotocollao (Quito). A continuación, se efectuaron los ensayos granulométricos, de absorción y densidades de todos los materiales bajo las normas INEN en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Con los resultados obtenidos, se procedió a la dosificación de los bloques por el método de densidad óptima tanto para bloques huecos tradicionales como para bloques huecos con sustitución parcial del 10%, 20% y 30% con cascarilla de coco. Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días, mientras que los ensayos de resistencia a impacto y resistencia a fuego se realizaron a los 14 y 28 días.

La resistencia a compresión a los 28 días de los bloques tradicionales fue de 3,77 MPa, mientras que la de los bloques con 30% de sustitución por cascarilla de coco fue de 5,67 MPa. En cuanto a la resistencia a impacto se pudo apreciar durante el ensayo que disminuye el número de desprendimientos del material mientras más sustitución de cascarilla de coco se adiciona. Por último, en la resistencia a fuego los bloques sometidos a altas temperaturas sufrieron cambios de apariencia y disminución de resistencia, sin embargo, luego de ser sometidos a compresión, los bloques al 30% de sustitución aún conservan sus propiedades de resistencia (4,35 MPa), dentro del límite según la norma NTE INEN 3066, a diferencia de los bloques normales que tuvieron 2,61 MPa.

Finalmente, se deduce que mientras más se sustituye en porcentajes la cascarilla de coco, el bloque disminuye en peso y a la vez aumenta en resistencia. Determinándose que el porcentaje óptimo de sustitución de cascarilla de coco es del 30%.

ABSTRACT

THEME: “COMPARATIVE STUDY OF THE RESISTANCE TO COMPRESSION, FIRE AND IMPACT OF TRADITIONAL CONCRETE HOLLOW BLOCKS AND BLOCKS PREPARED WITH PARTIAL REPLACEMENT OF THICK AGGREGATE BY COCONUT SHELL”

AUTHOR: Monserrath Carolina Chafla Ríos

TUTOR: Ing. MSc. Maritza Ureña Aguirre

For the execution of this experimental work, in the first place, the aggregates necessary for the manufacture of the proposed blocks were collected of: chasqui mines located in Laso, powder from Pujilí and coconut shell that was acquired in the Cotocollao sector (Quito). Next, the granulometric, absorption and density tests of all materials were performed under the INEN standards in the Soil Mechanics and Materials Testing Laboratory of the Faculty of Civil and Mechanical Engineering of the Technical University of Ambato.

With the achieved results, the dosage of the blocks by the optimal density method were developed for both: traditional hollow blocks and hollow blocks with partial replacement of 10%, 20% and 30% with coconut shell. Compressive strength tests were performed at 7, 14 and 28 days, while impact resistance and fire resistance tests were performed at 14 and 28 days.

Compressive strength at 28 days of the traditional blocks was 3,77 MPa, while that of the blocks with 30% substitution by coconut shell was 5,67 MPa. With respect to impact resistance, it was observed during the test that the number of detachments of the material decreases while more coconut shell replacement is added. Finally, in fire resistance, the blocks subjected to high temperatures suffered changes in appearance and decreased resistance, however, after being subjected to compression, the 30% replacement blocks still retain their resistance properties (4,35 MPa), within the limit according to NTE INEN 3066, unlike normal blocks that had 2,61 MPa.

Finally, from this it follows that while more coconut shell is replaced in percentages, the block decreases in weight and at the same time increases in resistance. Determining that the optimal percentage of coconut shell replacement is 30%.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1 ANTECEDENTES

Desde hace 8000 a.C. el hombre se vuelve sedentario y comienza a apilar piedras formando muros para su resguardo, dando así inicio al uso de la mampostería como elemento constructivo. En una época posterior se empieza el uso de los primeros ladrillos de barro secados al sol, alrededor del año 4000 a.C. usados por los sumerios los cuales eran habitantes de una antigua región llamada Sumeria del sudoeste de Asia. Años después se empleaba los mismos ladrillos, pero esta vez secados al horno, dándose a conocer así el adobe.

La construcción ha ido evolucionando a través del tiempo, siempre buscando lo mejor en materias primas, además del uso de materiales alternativos empleados durante su proceso. Uno de los materiales usados posteriormente a las piedras, los ladrillos y el adobe; es el bloque de hormigón. Se conoce que su elaboración ha ido cambiando y mejorando al pasar de los años [1].

El bloque de hormigón o también llamado de concreto es un material de construcción muy importante, el cual es fabricado con una mezcla de cemento Portland, arena, agua y agregados. Se usa para construir paredes, fundaciones y otras estructuras, sustituyendo en el proceso al ladrillo hueco [2].

El uso del hormigón data al primer siglo a.C. en la antigua Grecia o Roma. Sin embargo, la fabricación de bloques de hormigón prefabricados empieza a mediados de 1800.

La industrialización de este proceso empieza a partir de 1911, donde el norteamericano Harmon Palmer crea el primer proceso industrial de fabricación de bloques de hormigón huecos en EEUU, adaptando la medida estandarizada de 19x19x39 cm.

A partir de ese momento hasta la actualidad, podemos ver como el bloque de hormigón ha pasado por varios procesos y empleo de variedad de materiales para conseguir mejorar su diseño y desarrollo, consiguiendo nuevas aplicaciones como elemento constructivo más difundido en múltiples países [3].

En base a las necesidades de la industria de la construcción y al comprender que el bloque de hormigón es uno de los productos más usados en cada región, este se halla en constante innovación e investigación en busca de materiales mayormente ecológicos para su fabricación, los cuales deben cumplir con las características estructurales equivalentes a los materiales convencionales.

Siguiendo estas investigaciones, se toma en cuenta el uso de la cascarilla de coco como material viable para la elaboración de bloques alivianados de concreto como se menciona en el artículo titulado “RECYCLING OF WASTE COCONUT SHELLS AS SUBSTITUTE FOR AGGREGATES IN MIX PROPORTIONING OF CONCRETE HOLLOW BLOCKS” de los autores: T. U. Ganiron Jr. , N. Ucol-Ganiron y T. U. Ganiron III; publicado online en www.worldscientificnews.com.

Según el estudio mencionado se demostró que los bloques huecos de hormigón elaborados a base de cascarilla de coco pudieron resistir una fuerza de compresión de hasta 4,13 MPa a los 28 días de edad, mejorando así la resistencia del mampuesto convencional. Estos resultados se obtuvieron gracias a la forma natural de las partículas y componentes químicos duraderos de la cascarilla de coco, por lo cual se determina como un agregado adecuado y ligero, además de ser una manera eficaz en cuanto a utilización de residuos orgánicos sólidos [4].

En Ecuador existen grandes cultivos de palma africana de donde se obtiene la cascarilla de coco, una parte de los desechos provenientes de esos cultivos son utilizados como combustible para las procesadoras, no obstante, en su mayoría la cáscara es eliminada o quemada sin darle ningún tipo de utilización.

Durante el V Congreso Internacional de Fibras Naturales en 2008, organizado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra, se probó que el uso de productos

naturales, estaría en la posibilidad de satisfacer la necesidad de encontrar y aplicar materiales de construcción de bajo costo.

En este mismo congreso, la arquitecta argentina Mariana Gatani presentó una propuesta de paneles, ladrillos y bloques para techos y muros a base de cáscaras, afirmando que "las cáscaras son difícilmente degradables en su exposición al exterior, debido al alto contenido de lignina y a la baja concentración de nitrógeno" [5].

Por lo tanto, se toma en cuenta el uso de materiales orgánicos como las cáscaras en la fabricación de elementos para la construcción. Siguiendo estos lineamientos, se ha tomado en cuenta la cascarilla de coco, como agregado grueso alternativo en el proceso de fabricación de bloques.

1.1.2 JUSTIFICACIÓN

La labor de construcción se realizó durante miles de años con dos materiales: la piedra y los ladrillos de barro cocido, con los cuales se empezaron a construir las primeras ciudades. Se manifiesta que con el comienzo de la sedentarización en Mesopotamia prácticamente todo estaba hecho con arcilla, pues era un material que se encontraba en abundancia, empezando así el uso de ladrillos [6].

Buscando alternativas de construcción posteriormente se sabe que el primer bloque de concreto sólido fue construido en 1833 y que dos décadas más tarde, se creó el bloque hueco. Ambas invenciones se deben al ingenio y creatividad de diseñadores ingleses. En 1868, un constructor de apellido Frear fundó la que podría considerarse la primera planta para construir bloques de concreto en el continente americano bajo una patente propia, la cual tenía la particularidad que agregaba elementos decorativos. Estos elementos constructivos llegaron a Latinoamérica hasta la primera década del siglo XX [7]

El bloque de cemento es un material prefabricado usado mayormente en la construcción. Al igual que los ladrillos comunes, los bloques funcionan al apilarse y al unirse con mortero formado generalmente por cemento, arena y agua. Para llevar a

cabo esta unión, los bloques presentan un interior hueco que permite el paso de las barras de acero y el relleno de mortero [8]

En Ecuador el bloque hueco de hormigón en la actualidad es el producto más utilizado como material de construcción, se sabe que ha sustituido a otros materiales ocupados en épocas anteriores como es el ladrillo, pues al ser de menor peso, dota de ligereza a la estructura, resistiendo en sí el peso de la misma [9].

Entonces al ser un material muy utilizado, su elaboración necesita un elevado requerimiento de materias primas, siendo mayormente el uso de agregados pétreos, por lo cual es importante considerar la reducción de extracción de estos materiales de los entornos naturales, disminuyendo el impacto ambiental y el rápido agotamiento de las reservas naturales de áridos provenientes tanto de cauces como de canteras [10].

El ritmo acelerado de desgaste de estas fuentes convencionales para la elaboración de este material ha hecho que se busque alternativas ecológicas, entre ellas el uso de materiales orgánicos e inorgánicos.

En el tema propuesto, se presenta el uso de la cascarilla de coco, mayormente considerada desecho, que, según estudios realizados, posee un alto módulo de resistencia, debido a la estructura natural de su cáscara. Ocupados en bloques tienen una alta resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia al fuego, resistencia al impacto, etc.,

Se encontró que la densidad de la cascarilla de coco está en el intervalo de 550 kg/ m^3 a 650 kg/ m^3 y estos están dentro de los límites especificados para áridos ligeros [11].

Se observó también que, mediante pruebas de compresión aplicadas a bloques huecos de hormigón con cascarilla de coco, los resultados evidenciaron una mayor resistencia a los 28 días, en comparación a los resultados con bloques huecos de hormigón convencionales, siendo ambos de las mismas dimensiones.

Por lo cual la cascarilla es una excelente alternativa de sustituto de agregado grueso natural por su dureza, forma y textura, en la elaboración de bloques para viviendas sociales o de bajo costo [4]

Se sabe que los agregados o también llamados áridos son los componentes más grandes en el bloque de hormigón, pues ocupan cerca del 70-80% del volumen del mismo,

dentro del cual el 25-30% está ocupado por agregado fino y el 40-50% está ocupado por agregado grueso, por lo cual se busca una alternativa que cumpla con la normativa y compense su sustitución por materiales alternativos.

Para ese fin en la actualidad se plantea el uso de la cascarilla de coco, pues entre sus propiedades se encuentra que tiene un alto contenido de lignina que hace a los componentes de la cascarilla más resistentes al clima, su bajo contenido en celulosa absorbe menos humedad en comparación con otros residuos agrícolas, no son biodegradables y son trabajables en obra en sustituciones de porcentajes de 10%, 20% y 30% del agregado grueso pues pueden ser utilizados fácilmente en concreto, cumpliendo con casi todas las cualidades originales que requiere el bloque de hormigón tradicional [12].

Como es de amplio conocimiento, las estructuras están propensas a soportar incendios, la resistencia última de una estructura ante esta circunstancia depende de la resistencia al fuego del material constituyente; los cuales deben ser capaces de soportar elevadas temperaturas manteniendo un grado de resistencia tal que permite que las estructuras construidas con ellos no colapsen [13].

Ante ello, investigaciones han demostrado la alta resistencia al fuego que presenta la cascarilla de coco [4], debido a su composición química parecida a la de la madera, que contiene 36,51% lignina, 33,61% celulosa, 29,27% hemicelulosa y 0,61% ceniza. Por lo tanto, es un buen aislante térmico que a su vez retarda el paso del fuego.

Por otro lado, los bloques en la construcción tienen alta posibilidad de caer durante su manipulación, por ende, deben soportar impacto, ya sea provocado en obra por el empleo, transporte, y caída de los mismos, o por choque de algún objeto pesado contra este mampuesto, lo cual podría afectar su funcionalidad a futuro al momento de usarse en construcción.

Estudios demuestran que la cascarilla de coco es un material resistente al impacto; por su dureza y resistencia proporcionada por el alto contenido de lignina que posee, la cual es una sustancia natural que forma principalmente su pared celular [11].

Por lo cual, este trabajo experimental pretende usar estos residuos aprovechando sus propiedades, al elaborar bloques huecos con cascarilla de coco, probando la resistencia

a la compresión, fuego e impacto de los mismos y la vez dando un uso diferente al ornamental de este material, el cual sea provechoso y de bajo costo aportando como un producto resistente basándonos en las normas y técnicas de elaboración de bloques en nuestro país.

1.1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

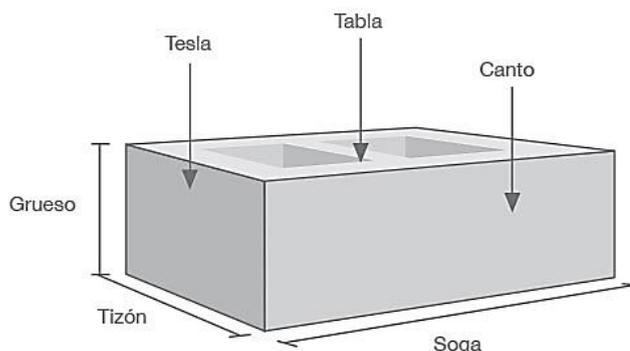
1.1.3.1 BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN

Un bloque de hormigón se define como una unidad simple con o sin huecos en su interior, fabricada mediante la mezcla de varios elementos como agua, cemento, áridos finos y áridos gruesos.

PARTES DE UN BLOQUE

De un bloque típico se pueden identificar las siguientes partes en la imagen:

Gráfico 1. Esquema partes de un bloque



Fuente: Mundo Constructor “Bloque de hormigón” [14].

1.1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES.

La clasificación de los bloques de hormigón se da de acuerdo al uso y a la densidad.

1.1.3.2.1 CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A SU USO

Se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 1. Bloques de hormigón de acuerdo a su uso

Clase	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamientos en losas

Fuente: Norma NTE INEN 3066 (2016).

1.1.3.2.2 CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A LA DENSIDAD.

El peso de los agregados utilizados durante el proceso de elaboración de los mampuestos está relacionado con la densidad de los mismos, y se clasifica en tres tipos como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 2. Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad

TIPO	Densidad del hormigón (kg/m ³)
Liviano	< 1680
Mediano	1680 a 2000
Normal	> 2000

Fuente: Norma NTE INEN 3066 (2016)

1.1.3.3 DIMENSIONES

Para entender mejor la diferencia de conceptos en cuanto a dimensiones, a continuación, se establece los siguientes conceptos básicos:

Dimensión modular: “Corresponde al largo, el ancho y la altura de los bloques de hormigón. Es el resultado de la suma de la dimensión nominal más el ancho de la respectiva junta.”

Dimensión nominal: “Corresponde al largo, el ancho y la altura de los bloques de hormigón al final del proceso de producción.”

Tabla 3. Dimensiones modulares y dimensiones nominales de los bloques de hormigón.

Dimensiones modulares (nM)			Dimensiones modulares (mm)			Dimensiones modulares (mm)		
Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura
4	3	2	400	300	200	390	290	190
		2,5			250			240
3	x 2	x 1,5	300	x 200	x 150	290	x 190	x 140
2	1	1	200	100	100	190	90	90

Donde:

nM: es el número de medidas modulares

NOTA: La tabla que precede es un ejemplo, se basa en juntas de 10 mm y una medida modular M igual a 100 mm, y muestra algunas combinaciones tanto en largo, ancho y altura.

Fuente: Norma NTE INEN 3066 (2016).

En la Tabla 3, se puede elegir combinar entre sí las dimensiones modulares de cada tipo.

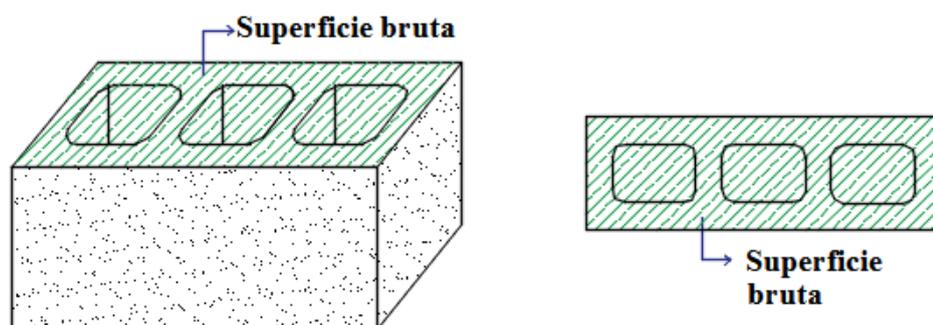
1.1.3.4 PROPIEDADES DE LOS BLOQUES DE CEMENTO

1.1.3.4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión esta expresada en MPa y es la razón entre la carga de rotura a compresión simple de un bloque y su superficie bruta.

- **Superficie bruta:** Es el resultado de multiplicar el largo por el ancho del bloque y abarca la totalidad de la superficie paralela al plano de carga del mismo, incluidos los espacios de los huecos.

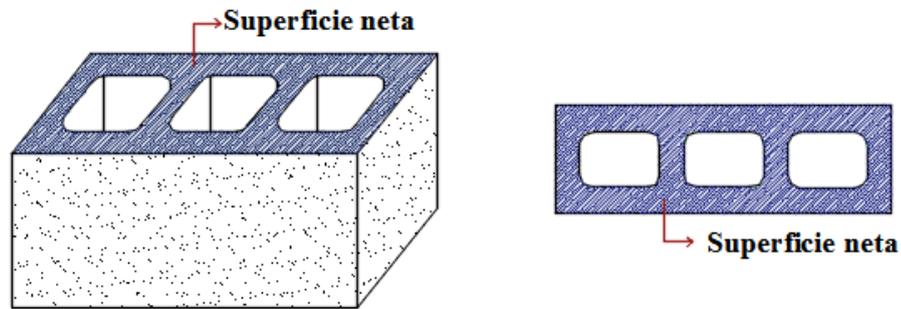
Gráfico 2. Esquema superficie bruta



Fuente: Monserrath Chafra R.

- **Superficie neta:** Es menor al área bruta y comprende la superficie paralela al plano de carga del bloque sin el espacio de los huecos. Según la norma INEN 3066, esta superficie se obtiene dividiendo el volumen neto del bloque de hormigón para la altura del mismo.

Gráfico 3. Esquema superficie neta



Fuente: Monserrath Chafla R.

Los bloques deben cumplir con las resistencias netas mínimas presentadas en la tabla a continuación para compresión simple.

Tabla 4. Resistencia neta mínima a la compresión de bloques de hormigón

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (MPa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4
*1MPa = 10,2 kg/cm ²			

Fuente: (NTE INEN 3066, 2016) [15].

1.1.3.4.2 ABSORCIÓN DE AGUA.

Con esta propiedad se trata de determinar la capacidad que tiene el bloque de hormigón para absorber agua hasta el punto de saturación. Se sabe que la absorción de agua afecta a la durabilidad, densidad y a la mampostería en general.

Hay una posibilidad de presentar variaciones en el volumen del mampuesto si se llega a poseer una absorción alta, además de mostrar una permeabilidad alta a la penetración de agua.

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 643 indica que la absorción de agua no debe superar el 15% en bloques de concreto u hormigón [16].

1.1.3.4.3 COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO.

Los ensayos de comportamiento ante el fuego se realizan para garantizar la mayor estabilidad en la estructura ante posibles incendios, por lo cual es una práctica muy aceptada. Además, con estos ensayos se llega a conocer la resistencia al fuego de la mampostería de bloques de hormigón, la cual se sabe que depende de dos factores:

- El tipo de agregado (árido usado durante el proceso de fabricación.)
- El espesor equivalente de material sólido de la pared [17].

1.1.3.4.4 RESISTENCIA AL IMPACTO

Se conoce que la resistencia al impacto es un tipo de ensayo empírico no obligatorio, cuya finalidad es la de determinar la fragilidad al impacto de varios tipos de bloques.

El objetivo de este ensayo es el de simular la manipulación que llegan a tener los bloques en obra, determinando así su estabilidad. Adicionalmente este tipo de ensayo tiene como finalidad comparar el uso de materiales tradicionales para la fabricación de mampuestos frente a materiales alternativos y su durabilidad frente a golpes y manipulación [18].

1.1.3.5 PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES

1.1.3.5.1 SELECCIÓN Y ALMACENAJE DE MATERIAS PRIMAS

Para impedir que se presente cambios en la mezcla durante la fabricación de bloques, es recomendable que el distribuidor del material verifique la similitud en cuanto a materia prima. Si llega a existir algún cambio se sugiere ensayar para que exista la garantía que el material sean de buena calidad.

1.1.3.5.2 DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA

A fin de no incrementar costos en el proceso de producción, sería factible que las fábricas posean una báscula o balanza, así se podría hacer un proceso más exacto evitando desperdicios de materiales.

Gracias a la dosificación se obtiene:

- Un transporte favorable pues la cohesión en estado fresco permitirá al bloque ser desmoldado y trasladado evitando deformaciones o riesgos de daño.
- Una baja presencia de absorción de agua debido a la compactación máxima realizada.
- La resistencia requerida según el uso, relleno o carga que se emplea.

1.1.3.5.3 ELABORACIÓN DE LA MEZCLA

Se lo realiza en mezcladoras giratorias ya sea manualmente o de forma mecánica. El orden de los materiales puede variar según la fábrica, pero generalmente se recomienda que primero se coloque los agregados tanto gruesos como finos, se añade agua y se deja amasar hasta que la mezcla tome consistencia durante 3 o 4 minutos para finalmente colocar el cemento asegurando la resistencia y dureza del bloque, el total del tiempo de amasado es de 13 minutos aproximados.

1.1.3.5.4 MOLDEO

Una vez obtenida la mezcla se coloca en la maquina compactadora correspondiente, la cual tiene moldes metálicos que son preparados previamente con recubrimientos de aceite para impedir adherencias al momento del moldeo y seguidamente se realiza el vibrado por alrededor de 2 minutos en la misma máquina.

1.1.3.5.5 FRAGUADO

Para impedir que los bloques fragüen antes de tiempo deben estar resguardados para que no ocurra un secado prematuro perdiendo así el agua de la mezcla, provocando la aparición de grietas y por ende el mampuesto perdería resistencia. El proceso normal se lleva a cabo entre 12 y 24 horas.

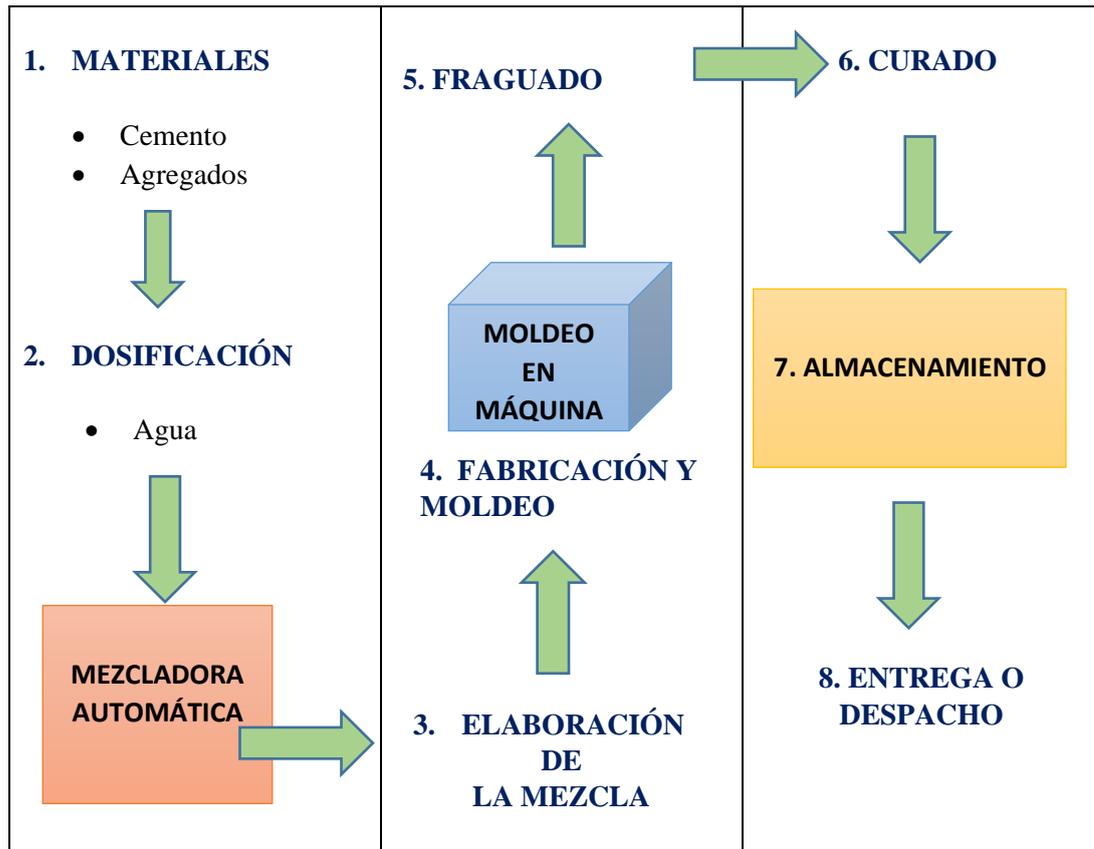
1.1.3.5.6 CURADO

Luego del fraguado no es recomendable apilar más de 4 unidades, y a su vez se debe proporcionar agua a los mampuestos pues estos necesitan de condiciones necesarias para que tomen consistencia y resistencia necesarias. Con este objetivo se debe mantener las temperaturas y humedad necesarias rociando agua por 7 días.

1.1.3.5.7 ALMACENADO

Una vez acabado el proceso de curado los bloques se almacenan en diferentes áreas adecuadas según el distribuidor por otros 7 días y una vez listos para su comercialización se apilan en columnas de hasta 9 bloques distinguiendo su tipo y su fecha de elaboración [19].

Gráfico 4. Esquema típico del proceso de fabricación de bloques de hormigón y partes del bloque final



Fuente: Monserrath Chafra R.

1.1.3.6 MATERIALES TRADICIONALES USADOS EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN

Se manifiesta en [15], que “Los bloques se deben elaborar con cemento Portland, áridos finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias y otros materiales inorgánicos inertes adecuados.”

a.) Polvo

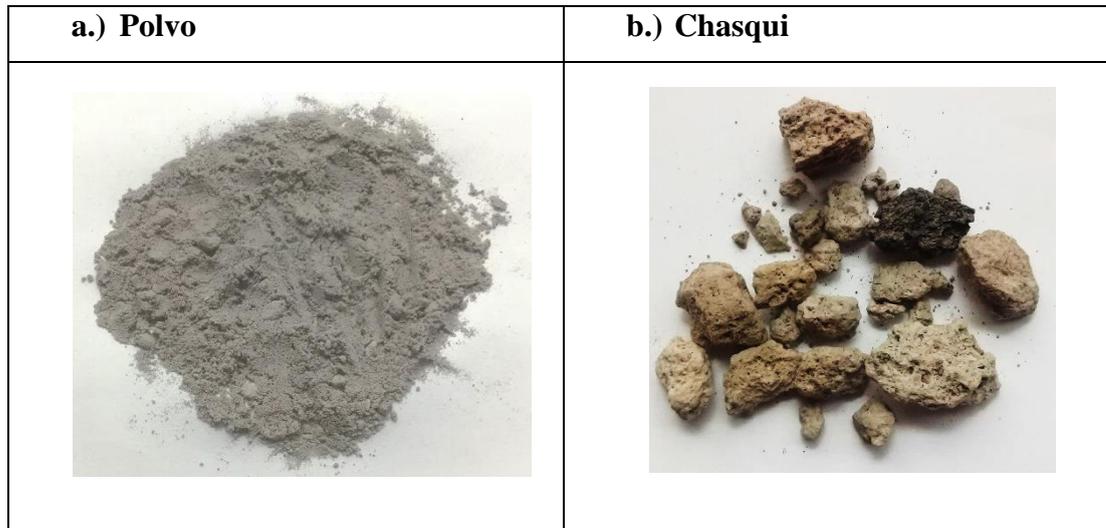
Se denomina “polvo”, a la arena de la zona y es el agregado más fino para la elaboración de bloques. Básicamente es un tipo de arena de color blanco y de textura liviana y delgada.

Este agregado se puede encontrar en minas de grandes montañas dentro de zonas pobladas especialmente desde Latacunga hasta Pujilí.

b.) Chasqui

Se denomina “chasqui” a la roca de origen volcánico que tiene peso ligero y apariencia espumosa, se llama así por las cavidades que corresponden a gases que se alojaron al momento de enfriarse la lava durante procesos volcánicos [20].

Gráfico 5. Materiales tradicionales usados en la elaboración de bloques huecos de hormigón



Fuente: Monserrath Chafra R.

1.1.3.6.1 REQUISITOS DE LOS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES

GRANULOMETRÍA

En la dosificación de la mezcla tiene mucho que ver el tamaño de los granos. Este mismo tamaño se obtiene pesando una porción de agregado seco, el cual se hace pasar a través de una serie de tamices o mallas compuestas por aberturas de diferente tamaño. La cantidad que va quedando de granos al paso de cada tamiz es expresado en porcentajes y forma el porcentaje de la composición de la granulometría de la muestra.

Los límites de graduación y el tamaño del agregado vienen dado por la cantidad de agregados finos y gruesos que constituyen una mezcla donde la graduación y el tamaño del agregado tiene que ver directamente a la proporción de los mismos, a su vez determina además la necesidad de cemento y agua, además de la trabajabilidad y absorción de los diferentes tipos de bloques de hormigón [19].

REQUISITOS PARA LOS ÁRIDOS

Los áridos a utilizarse deben cumplir los requerimientos de las mezclas según la normativa NTE INEN 872, donde se establece que estos mismos áridos pueden ser gravas, piedras naturales, entre otros que provengan de procesos de trituración.

REQUISITOS PARA EL ÁRIDO FINO

Consiste en arena de varios tipos: natural, elaborada o una combinación entre estas.

Tabla 5. Requisitos de gradación para árido fino

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95-100
2,36 mm	80-100
1,18 mm	50-85
600 μm	25-60
300 μm	5-30
150 μm	0-10

Fuente: Norma NTE INEN 872 (2011) [21].

“El árido fino no debe tener más de 45% pasante en cualquier tamiz y retenido en el siguiente consecutivo de aquellos indicados en la tabla 3 y su módulo de finura no debe ser menor que 2,3 ni mayor que 3,1” [21].

MÓDULO DE FINURA:

El módulo de finura es un índice numérico “proporcional al tamaño promedio de las partículas de un agregado dado; mientras más grueso es el agregado, mayor es el módulo de finura, y mientras más fino, menor es dicho módulo.”

El criterio de módulo de finura se basa en el concepto de una mezcla apropiada de granos gruesos, medios y finos, lo cual da paso a una adecuada medida de cemento, que trabaje y reaccione de manera correcta en la combinación [19].

REQUISITOS PARA EL ÁRIDO GRUESO

Se sabe que los áridos gruesos pueden ser grava, piedra partida, piedra pómez, o a su vez granulados volcánicos cuyo tamaño nominal es mayor al tamiz N°4 (4.76 mm) y son menores a 6 pulgadas (150 mm).

Tabla 6. Requisitos de gradación para árido grueso.

Tamaño de Tamiz		Porcentaje que pasa
# Tamiz	Abertura en mm	
2"	50 mm	100
1½"	38 mm	95-100
1"	25,4 mm	--
¾"	19 mm	35--70
½"	12,5 mm	--
3/8 "	9,5 mm	10-30
# 4	4,76 mm	0--5

Fuente: Norma NTE INEN 872 (2011) [21].

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO

Según [19], es conveniente señalar que normalmente el tamaño máximo de partículas no debe sobrepasar el 1/3 del espesor de las paredes del bloque y para su fabricación

debe ser de 1/2“(12.5 mm), mientras que el tamaño máximo de 3/8” (9.5 mm) es el recomendado.

REQUISITOS PARA EL AGUA

Como se presenta en [15], “El agua que se utilice en la elaboración de los bloques de hormigón debe ser potable, libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas.”

REQUISITOS PARA EL CEMENTO

Se establece que el cemento hidráulico usado durante el proceso de elaboración de bloques debe cumplir con los requisitos de una de las normas citadas a continuación: NTE INEN 490, NTE INEN 2380 o NTE INEN 152.

Como se encuentra en la norma NTE INEN 152, el cemento hidráulico solo debe poseer entre sus componentes: “Clinker de cemento portland, agua o sulfato de calcio, o ambos, caliza, (la cantidad no debe ser mayor que 5,0% en masa, de tal manera que se cumplan los requisitos químicos y físicos de esta norma)” [22].

1.1.3.7 MATERIALES ALTERNATIVOS PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN

En solución a la creación de nuevas técnicas y metodologías para construcción, se ha buscado materiales alternativos, los cuales tiene como objetivo no usar las mismas materias primas tradicionales y a su vez que estas alternativas cumplan con las propiedades de los materiales originales.

Los mencionados materiales alternativos pueden ser de varios orígenes como son: natural, artificial, o que se obtienen mediante el reciclaje de materias que ya fueron usadas es decir reciclaje de residuos.

Ejemplos:

- Plásticos procedentes de envases
- Escombros de edificaciones viejas

- Maderas
- Cenizas volantes
- Llantas desechadas
- Pedazos de metal
- Arena quemada de fundición
- Vidrio
- Fibras naturales
- Residuos orgánicos [23].

1.1.3.8 LA CASCARILLA DE COCO

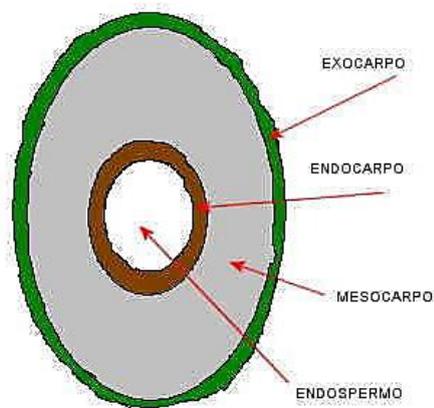
EL COCO

Este fruto de origen tropical proviene de la palmera más cultivada de su especie alrededor del mundo, la cual es muy popular debido a sus diferentes usos tanto en alimentación, artesanías y medicinal.

Su composición está dada por las siguientes:

- **Exocarpio:** cáscara exterior de origen gruesa y resistente
- **Mesocarpio:** capa intermedia de origen fibroso
- **Endocarpio:** parte interior dura y vellosa
- **Endospermo:** parte blanca que contiene la pulpa [24].

Gráfico 6. Estructura del coco



Fuente: Botanical- online “Dibujo en sección de un coco en el que se ven las diferentes partes del fruto” [25].

CULTIVOS DE PALMA AFRICANA

Los cultivos de palma africana están presentes en las provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Pichincha, Santo Domingo y en la zona oriental en Sucumbíos y Orellana.

Actualmente, el cultivo de esta palma es uno de los principales en el Ecuador gracias a sus múltiples usos.

La obtención de los frutos de esta palma inicia a partir de los 2 a 2.5 años de edad de la planta, y se cosecha cada vez que los racimos estén en estado de madurez adecuado, lo cual se caracteriza por presentar un color externo rojizo a naranja brillante.

La cosecha puede variar según la época del año, en épocas lluviosas se pueden tener periodos de mínimo seis (6) días, y en época seca se puede presentar periodos de hasta dieciocho (18) días. Adicionalmente se puede recolectar si se ha desprendido mínimo un fruto de manera natural y por lo demás se conserva adherido mínimo el 50% de frutos aledaños.

La vida productiva de la palma dura más de 50 años por lo cual tiene un alto rendimiento y a su vez a los 25 años alcanza su máxima altura. Uno de los problemas para cultivar sus frutos es la altura que puede llegar a ser de 20 metros [26].

Gráfico 7. Palma africana y sus presentaciones

a.) Racimo de palma africana	b.) Fruto de palma africana.
	
c.) Palma de edad corta	d.) Palma cuando ya ha crecido lo suficiente (25 años)



Fuente: InfoAgro “El cultivo de palma africana” [27].

LA CASCARILLA DE COCO

La cascarilla o cuesco es la parte del fruto que comprende el endocarpio y se consigue a través del rompimiento físico de la nuez de palma africana o palma aceitera. De color marrón oscuro es un producto granular que cuenta con un alto poder calorífico, generando así una gran cantidad de energía en cuanto a su uso [28].

Gráfico 8. Cascarilla de coco.



Fuente: Monserrath Chafra R.

1.1.3.8.1 USOS DE LA CASCARILLA DE COCO

- De forma ornamental es utilizada para adornos y en artesanías, además asociados en grandes cantidades son usados para caminerías de parques y jardines.
- Se emplea en suelos arenosos para prepararlos y mejorar su retención de agua y textura.
- La cáscara también puede ser aprovechada para producir carbón de origen vegetal, por lo cual es usado mayormente en la combustión de calderas y calefactores domésticos.
- Es apta para ser utilizada en la remoción de contaminantes de aguas residuales industriales y en el tratamiento de potabilización.
- Usada como aditivo en lodos de perforación para contener o disminuir pérdidas de circulación en filtros de lecho vegetal.
- En procesos de limpieza por abrasión puede ser empleado como reemplazo de la arena.
- Sirve como material para fabricar un tipo de filtro que elimina el arsénico del agua y la vuelve apta para el consumo humano.

Ventajas:

- Es lavable con agua y detergente biodegradable, por lo tanto, se puede recuperar y reutilizar.
- Es un producto totalmente orgánico.
- No necesita ningún tratamiento previo a su utilización, por lo tanto, el contacto directo no representa riesgo para la salud

1.1.3.8.2 PROPIEDADES DE LA CASCARILLA DE COCO

- ✓ Por sus propiedades oleófilas, permite la separación de aceite de aguas residuales producto de la industria petrolera [29].
- ✓ En bloques huecos de hormigón la absorción afectará las proporciones de la mezcla y controlará el contenido de agua para mantener la proporción de agua y cemento.

- ✓ Es de peso ligero por lo cual si se usa en construcción reducirá el peso de la estructura.
- ✓ Alta resistencia y dureza pues las palmeras cocoteras pueden crecer hasta los 30 metros de altura, lo que significa que cuando los frutos están maduros caen al suelo y sus paredes tienen que resistir el impacto para no romperse. Se conoce que la capa del coco denominado endocarpio, tiene un diseño independiente que disipa la energía mediante la desviación de grietas por lo cual ayuda a soportar las fuerzas de flexión e impacto. Esto quiere decir que cualquier fisura que pudiera darse por el impacto es desviada a través de la cáscara dura, sin representar ninguna afectación o rompimiento en la estructura del coco [30].

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

Tabla 7. Características fisicoquímicas de la cascarilla de coco

CARACTERÍSTICAS	RANGO	RANGO
Poder calorífico Kcal. / Kg.	Noel Wambeck	4000 – 3640
Humedad (%)	NTC 4888	11% – 14%
Densidad aparente (%)	CALCULO	0,41
Almendra (pulpa) ((%)	CALCULO	1,7 – 3%

Fuente: Cascarilla (Cuesco) “Características fisicoquímicas” [29]

1.1.3.8.3 OBTENCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA CASCARILLA DE COCO

La separación y extracción de la almendra o pulpa y de la cascarilla o cuesco se realiza por un sistema de vacío en columnas, el cual consta de un proceso mecánico de rompedores, usando un sistema de impacto o fricción [29].

Si los materiales recolectados están húmedos, se someterá a un proceso de secado, o si están secos, se tamizarán directamente para descartar materiales extraños. El periodo recomendable de secado una vez obtenida la cascarilla para su posterior uso; es de hasta 5 días [31].

Para su almacenamiento se debe considerar un lugar fresco y seco con el fin de que el material no adquiera rápidamente humedad relativa, caso contrario puede disminuir su poder calorífico [29].

1.1.4 HIPÓTESIS.

La cascarilla de coco como sustituto parcial de agregado grueso influirá en la resistencia a compresión, fuego e impacto de bloques huecos de hormigón

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General:

Realizar un estudio comparativo de la resistencia a compresión fuego e impacto de bloques huecos de hormigón tradicional y bloques elaborados con sustitución parcial del agregado grueso por cascarilla de coco.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Determinar el porcentaje óptimo de sustitución parcial del agregado grueso por cascarilla de coco en porcentajes del 10%, 20% y 30% en la elaboración de bloques huecos de hormigón, que resulte favorable en la resistencia a compresión del bloque.
- Analizar y comparar la resistencia al fuego y la resistencia al impacto entre bloques huecos de hormigón tradicionales y los bloques elaborados a base de cascarilla de coco como reemplazo parcial del agregado grueso en diferentes porcentajes.

- Identificar las ventajas y desventajas del uso de los materiales propuestos en la elaboración de bloques, y analizar costos entre ambas alternativas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

Para obtener resultados en la presente investigación se necesita determinar las características y propiedades de los agregados establecidos, para la elaboración de bloques, los cuales deben ser ensayados en un laboratorio especializado que cuente con las herramientas necesarias, así mismo se requieren de equipos para realizar los ensayos, para así obtener y mostrar resultados verídicos establecidos por las normas empleadas.

INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

La investigación es experimental, pues se necesita ensayar un cierto número de muestras de bloques huecos de hormigón tradicional y bloques huecos de hormigón con sustitución parcial del agregado grueso por cascarilla de coco, para así poder realizar un estudio comparativo y determinar la influencia de este material en la resistencia a compresión, fuego e impacto a diferentes edades, y establecer una base de datos del comportamiento de este material, debido a que son muy pocos los estudios realizados alrededor del mismo.

POBLACIÓN

Para la presente investigación el objeto de estudio abarca las 18 muestras de bloques huecos de hormigón tradicional y las 54 muestras de bloques huecos de hormigón con sustitución parcial del agregado grueso por cascarilla de coco, siendo un total de 72 bloques que serán detallados en la Tabla N°8 por lo tanto, la población será las mismas muestras anteriormente mencionadas.

MUESTRA

Se necesita seleccionar un conjunto representativo de elementos cuyo objetivo dentro de este trabajo experimental es reflejar las características de un bloque elaborado con sustitución parcial del agregado grueso por cascarilla de coco frente a las características de un bloque fabricado tradicionalmente.

Se realizará 72 bloques huecos de hormigón, de los cuales 18 serán bloques huecos de hormigón elaborados de forma tradicional y 54 serán bloques elaborados a base de cascarilla de coco como reemplazo parcial del agregado grueso en porcentajes de 10%, 20% y 30%, para las diferentes edades de 14 y 28 días para los diferentes ensayos a realizar.

Los porcentajes de sustitución parcial del agregado grueso se analizará con los datos, la metodología y los resultados obtenidos de la resistencia a compresión de los estudios del uso de la cascarilla de coco como sustitución de agregado grueso en bloques huecos de hormigón basados en [12].

Tabla 8. Número total de muestras para los ensayos de resistencia a compresión, fuego e impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO			
NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS PARA LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO			
Elaborado por:	Monserrath Carolina Chafra Ríos		
Fecha:	5/04/2019		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
	BLOQUES	14 DÍAS	28 DÍAS
Sustitución por cascarilla de coco	10%	3	3
	20%	3	3

	30%	3	3
Normal	-	3	3
Total, por edad para Ensayo a Compresión	-	12	12
LOTE TOTAL		24	
RESISTENCIA AL FUEGO			
	BLOQUES	14 DÍAS	28 DÍAS
Sustitución por cascarilla de coco	10%	3	3
	20%	3	3
	30%	3	3
Normal	-	3	3
Total, por edad para Ensayo a Fuego	-	12	12
LOTE TOTAL		24	
RESISTENCIA AL IMPACTO			
	BLOQUES	14 DÍAS	28 DÍAS
Sustitución por cascarilla de coco	10%	3	3
	20%	3	3
	30%	3	3
Normal	-	3	3
Total, por edad para Ensayo de Impacto	-	12	12
LOTE TOTAL		24	

Fuente: Monserrath Chafra R.

A la hora de la fabricación se obtuvo bloques extras por lo cual para complementar la investigación se realizará adicionalmente el ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días (3 por cada dosificación= 12 bloques más) y el ensayo de absorción en bloques a los 28 días (3 por cada dosificación= 12 bloques). Teniendo un total de 96 bloques siendo 72 bloques huecos de hormigón con sustitución del agregado por cascarilla de coco (24 por cada porcentaje) y 24 bloques huecos de hormigón normales, para los diferentes ensayos detallados a continuación:

- **Resistencia a la compresión:** 36 bloques

- **Resistencia al fuego:** 24 bloques
- **Resistencia al impacto:** 24 bloques
- **Ensayo de absorción:** 12 bloques

2.1 MATERIALES Y EQUIPOS

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

- Herramientas menores
- Balanzas
- Tamizadora eléctrica
- Cámara de curado.
- Horno para capacidad de absorción.
- Máquina de compresión SHIMADZU CONCRETO 2000x
Velocidad de carga 0,25 Mpa/seg
Capacidad de carga 2000 kN
Ocupa placas de acero de dimensiones 40*25*2 cm
Cumple norma NTE INEN 3066 para ensayos de muestras

Laboratorio de Ingeniería Mecánica

- Pirómetro PCE- 889B
Pirómetro de mano profesional para detectar la temperatura sin contacto
Ajuste del grado de emisividad
Óptica de 30:1 / Rango: -50... +1000 ° C
Doble rayo láser
Indicador de valor máximo

Fábrica de bloques.

- Herramientas menores
- Máquina para fabricar bloques

- Moldes para bloques huecos
- Mezcladora mecánica de materiales.

Otros

- Lanzallamas para prueba a fuego
- Cilindro de gas

2.2 METODOLOGÍA

El presente proyecto experimental se realizó en la provincia de Tungurahua, en el cantón Ambato.

BLOQUES

La bloquera “San Juan”, ubicada en el sector Huachi Belén, proporcionó la apertura para la realización de los bloques, además de proporcionar la materia prima y materiales usados durante el proceso de elaboración tales como chasqui, (origen: Lasso), polvo (origen: Pujilí) y cemento (Selva Alegre)

Los sacos de cascarilla de coco usados para la elaboración de los bloques fueron traídos desde Cotacollao (Quito).

La fábrica de bloques oferta mampuestos de dimensiones comerciales de ancho: 10 cm y 12cm mayormente por ser más rentables en cuanto a pedidos, de los cuales tenemos bloques macizos, huecos, y caramelo.

En este caso se fabricarán bloques de 40 cm largo, 20 cm alto y 12 cm ancho, debido a la disponibilidad de moldes y maquinaria dispuesta por los propietarios de la fábrica mencionada.

ENSAYOS

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Ensayos de Materiales y Mecánica de

Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Los procesos realizados fueron:

a) Granulometría agregado fino (polvo), grueso (chasqui) y cascarilla de coco

- **NORMA:** NTE INEN 0696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso

Para poder determinar que el tamaño de los agregados sea apto para la elaboración de bloques se procedió a realizar el análisis granulométrico por tamices.

b) Densidad real agregado fino (polvo), grueso (chasqui) y cascarilla de coco

- **NORMA:** NTE INEN 0856: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.

La densidad real del agregado fino se determina cuando la muestra se encuentre en estado saturado superficie seca (S.S.S), utilizando el método del picnómetro.

La densidad real del agregado grueso se determina cuando la muestra se encuentre en estado saturado superficie seca (sss), luego de haber sumergido en agua por 24 horas, utilizar el método de la canastilla.

c) Densidad aparente suelta del agregado fino (polvo), grueso (chasqui) y cascarilla de coco

- **NORMA:** NTE INEN 0858: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos

Para determinar la densidad suelta llenar el recipiente con las muestras, enrazar al nivel del borde y pesar las muestras. La densidad es igual a la masa del agregado suelto dividida para el volumen del recipiente.

d) Densidad aparente compactada del agregado fino (polvo), grueso (chasqui) y cascarilla de coco

- **NORMA:** NTE INEN 0858: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos

Para determinar la densidad compactada llenar el recipiente hasta 1/3 de su altura en tres capas, compactar con 25 golpes en espiral con la varilla, dar 3 golpes con el martillo de goma, enrazar y pesar las muestras. La densidad del mismo modo es igual a la masa de los agregados compactados dividido para el volumen del recipiente.

e) Densidad aparente compactada de la mezcla de agregados (polvo y chasqui)

- **NORMA: NTE INEN 0858:** Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos

f) Capacidad de absorción del agregado fino (polvo), grueso (chasqui) y cascarilla de coco

- **NORMA NTE INEN 0856:** Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino
- **NORMA NTE INEN 0857:** Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso

La capacidad de absorción de los agregados se determina cuando la muestra se encuentre en estado saturado superficie seca (sss), se coloca las muestras en el horno por 24 horas, la capacidad de absorción se calcula con el peso de la muestra en estado (s.s.s) restando la masa del agregado seco, esta diferencia dividida para masa del agregado seca.

g) Densidad real del cemento.

- **NORMA NTE INEN 0156:** Cemento hidráulico. Determinación de la densidad

La densidad real del cemento se determina mediante la aplicación del método del picnómetro.

h) Dosificación

La dosificación para muestras de bloque se basará en los estudios de la elaboración de bloques de mampostería por métodos en el cual se determina la relación agua cemento y mediante ecuaciones del método de la densidad óptima de la Universidad Central (UCE) donde se determina la cantidad de agregados para la elaboración de una mezcla.

i) Ensayo de resistencia a la compresión.

- **NORMA NTE INEN 639:** Bloques huecos de hormigón, muestreo, inspección y recepción.
- **NORMA NTE INEN 3066:** Bloques de hormigón. requisitos y métodos de ensayo

Los ensayos a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días de edad

j) Ensayo de resistencia al fuego

- **REFERENCIA:** Método empírico de Resistencia al Fuego aplicado en investigación de la UCE.

Los ensayos de resistencia al fuego se realizaron a los 14 y 28 días de edad. Con este ensayo se observa la capacidad de resistir del bloque sometido a la acción de las llamas directamente en cierto periodo de tiempo.

La acción del fuego, se realiza conectando un lanzallamas a un cilindro de gas exponiendo la llama directamente en unas de las caras de los bloques para a continuación observar el comportamiento del mismo, controlando la temperatura con un pirómetro, el tiempo expuesto es de 60 minutos (una hora) y se lo ejecuta con 3 bloques de cada clase.

La finalidad de este ensayo es la de simular un incendio. Al final de este periodo de tiempo se toma nota de las temperaturas alcanzadas con el pirómetro; tanto en la cara expuesta como en la no expuesta del mampuesto y se observa los cambios presentados [32].

Tabla 9. Cambios físicos del concreto expuesto al fuego

Temperatura	Definiciones
Hasta 300 °C	Calcinación incipiente: el hormigón conserva su coloración gris natural.
300 °C a 600 °C	Calcinación superficial: pigmentación rosada, amarillenta o tonos ocre y posible grado de descarbonatación con presencia de fisuramiento térmico por alabeo.
600 °C a 900 °C	Calcinación avanzada: coloración gris clara con presencia de descarbonatación avanzada y descascaramiento.
> 900 °C	Calcinación muy avanzada: coloración amarillo claro o blanco con descarbonatación evidente y desintegración del concreto.

Fuente: Durabilidad y patología del concreto “Ataque por fuego” [33].

Para mejores resultados se procedió a realizar la compresión de los mismos 12 bloques (3 por cada clase) luego que fueron ensayados a fuego en sus respectivas edades (14 y 28 días), para saber si hay un cambio en su resistencia debido a las temperaturas expuestas.

k.) Ensayo de resistencia al impacto

- **REFERENCIA:** Método empírico de Resistencia al Impacto aplicado en investigación de la UCE.

Los ensayos de resistencia al fuego se realizaron a los 14 y 28 días de edad. El objetivo de este ensayo es el de simular la manipulación de los bloques en obra y determinar su durabilidad. La prueba de impacto consiste en soltar un bloque desde una altura de 1.80 A 2.00 metros desde el nivel del suelo con la cara hueca dirigida hacia abajo y observar los pedazos que se han separado o las fisuras sufridas. Esta prueba es realizada para 3 bloques de cada clase [18].

1.) Ensayo de absorción de bloques

- **NORMA NTE INEN 3066:** Bloques de hormigón. requisitos y métodos de ensayo

El ensayo de absorción de bloques se realizó a los 28 días de edad

2.2.1 PLAN RECOLECCIÓN DATOS

Para el desarrollo de este plan de investigación se seguirá los siguientes pasos detallados a continuación:

- Realizar una investigación bibliográfica acerca de las propiedades del material y las normativas para ensayar los bloques.
- Obtener el material y tamizar las muestras para determinar la granulometría y sus curvas.
- Verificar la densidad real de los agregados finos y gruesos
- Verificar la densidad aparente suelta de los agregados finos y gruesos
- Verificar la densidad aparente compactada de los agregados finos y gruesos
- Verificar la densidad aparente compactada de la mezcla de agregados finos y gruesos
- Realizar la capacidad de absorción de agregados finos y gruesos.
- Verificar la densidad real del cemento
- Dosificar los bloques tradicionales
- Dosificar los bloques que tienen sustitución parcial de agregado grueso por cascarilla de coco en porcentajes de 10%,20% y 30%, se ha tomado estos porcentajes en función de resultados obtenidos en investigaciones previas.
- Comprobar la resistencia a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días de ambas alternativas
- Realizar el ensayo de resistencia al fuego entre bloques tradicionales y bloques elaborados a base de cascarilla de coco como reemplazo parcial del agregado grueso a la edad de 14 y 28 días
- Realizar el ensayo de resistencia al impacto entre bloques tradicionales y bloques elaborados a base de cascarilla de coco como reemplazo parcial del agregado grueso a la edad de 14 y 28 días

- Realizar el ensayo de absorción de bloques a los 28 días
- Analizar los resultados y correlacionar los resultados obtenidos

2.2.2 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Plan de procesamiento de la información

- Revisión detallada y verificación de la información recolectada
- Tabulación de los datos a través del uso del computador.
- Representación gráfica.

Plan de análisis de la información

- Registro de datos y resultados después de los ensayos realizados
- Tabulación y representación gráfica comparativa.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos, haciendo referencia a los objetivos e hipótesis.
- Verificación de la hipótesis.
- Determinación de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1.1 ENSAYOS REALIZADOS EN LOS AGREGADOS

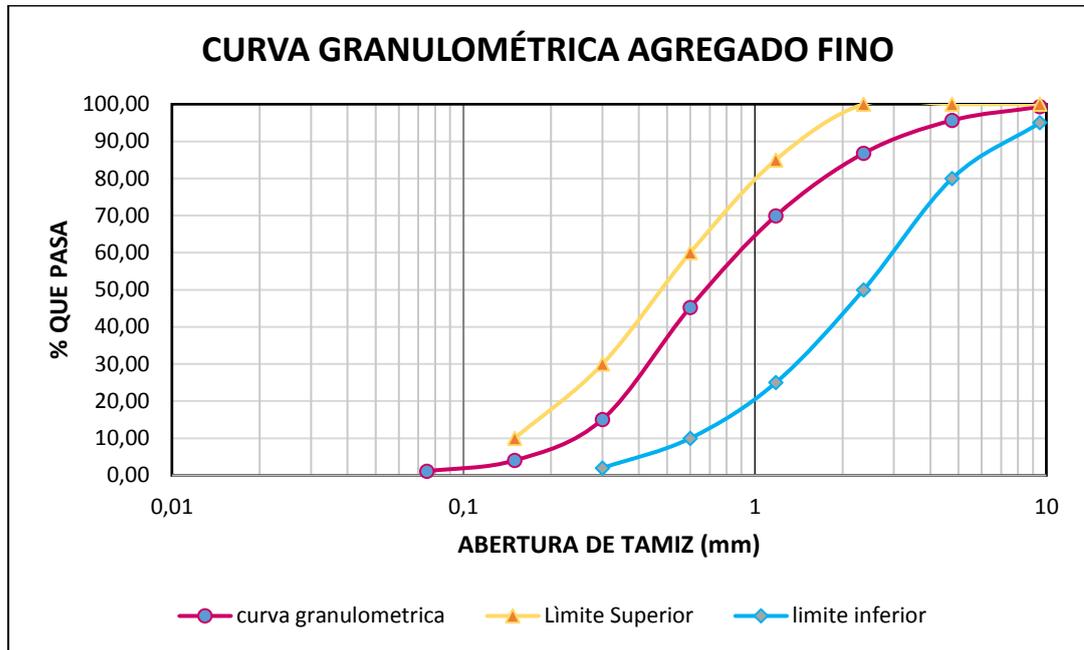
3.1.1.1 Granulometría del agregado fino (polvo)

Tabla 10. Análisis granulométrico agregado fino (polvo)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO						
Origen:		Sector Pujilí- Latacunga				
Ensayada por:		Monserrath Carolina Chafra Ríos				
Fecha:		16/04/2019				
Norma:		INEN 696				
Peso inicial del agregado (gr)		1200				
Abertura		Retenido en (gr)		% Retenido acumulado	% que pasa	Límite ASTM % que pasa
Tamiz	mm	Parcial	Acumulado			
3/8"	9,5	8,4	8,4	0,70	99,30	100,00
#4	4,75	43,8	52,2	4,35	95,65	95--100
#8	2,38	106,6	158,8	13,23	86,77	80--100
#16	1,19	202,1	360,9	30,08	69,93	50--85
#30	0,6	295,8	656,7	54,73	45,28	25--60
#50	0,3	362,2	1018,9	84,91	15,09	10--30
#100	0,149	132,6	1151,5	95,96	4,04	2--10
#200	0,075	35,1	1186,6	98,88	1,12	-
FUENTE		10,1	1196,7	99,73	-	-
MÓDULO DE FINURA		2,84				

Fuente: Monserrath Chafra R.

Gráfico 9. Curva granulométrica del agregado fino (polvo)



Fuente: Monserrath Chafra R.

Interpretación: La curva granulométrica se encuentra dentro de los límites inferior y superior, dando como resultado un módulo de finura de 2,84 la cual está dentro del rango establecido en la NTN INEN 872 el cual no debe ser menor a 2,3 ni mayor a 3,1 por lo tanto el polvo es apto.

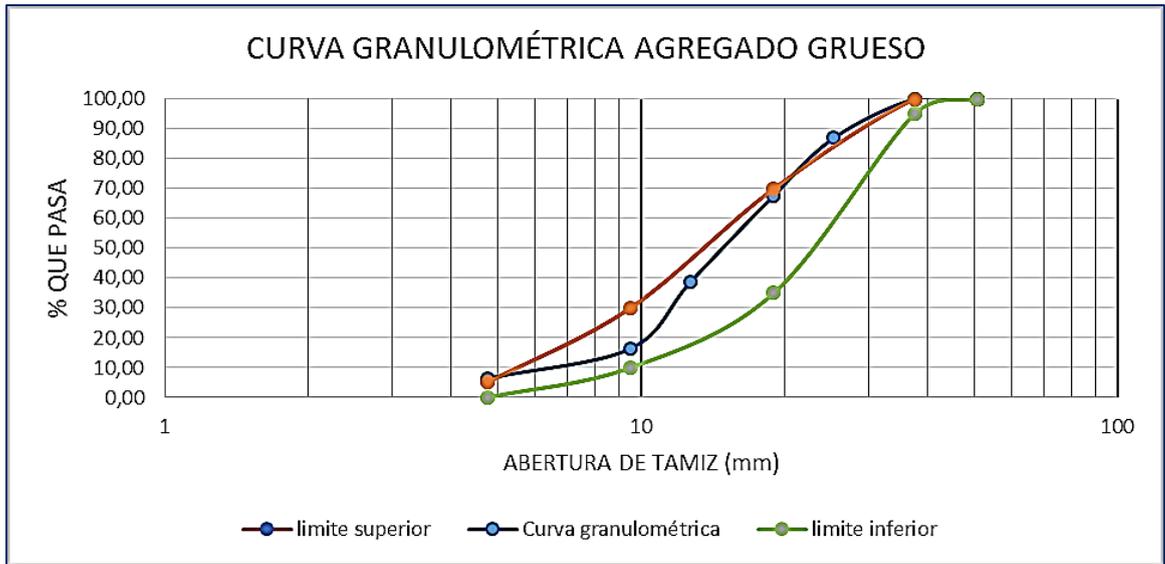
3.1.1.2 Granulometría del agregado grueso (chasqui)

Tabla 11. Análisis granulométrico agregado grueso (chasqui)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO						
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO						
Origen:	Sector el Chasqui - Lasso					
Ensayada por:	Monserrath Carolina Chafra Ríos					
Fecha:	16/04/2019					
Norma:	INEN 696					
Peso inicial del agregado (gr)	3000					
Abertura		Retenido en (gr)		% Retenido acumulado	% que pasa	Límite ASTM % que pasa
Plg.	mm	Parcial	Acumulado			
2"	50,8	0	0	0	100,00	100
1 1/2"	38	0	0	0	100,00	95-100
1"	25,4	389,8	389,8	12,99	87,01	-
3/4"	19	578,2	968	32,27	67,73	35-70
1/2"	12,5	869,3	1837,3	61,24	38,76	-
3/8"	9,5	670,4	2507,7	83,59	16,41	10--30
# 4	4,76	300,2	2807,9	93,60	6,40	0-5
FUENTE		180,6	2988,5	99,62	-	-
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO				1"		

Fuente: Monserrath Chafra R.

Gráfico 10. Curva granulométrica del agregado grueso (chasqui)



Fuente: Monserrath Chafra R.

Interpretación: La curva granulométrica muestra que el chasqui se encuentra dentro de los límites inferior y superior, el cual muestra un TNM de 1" (25,4mm).

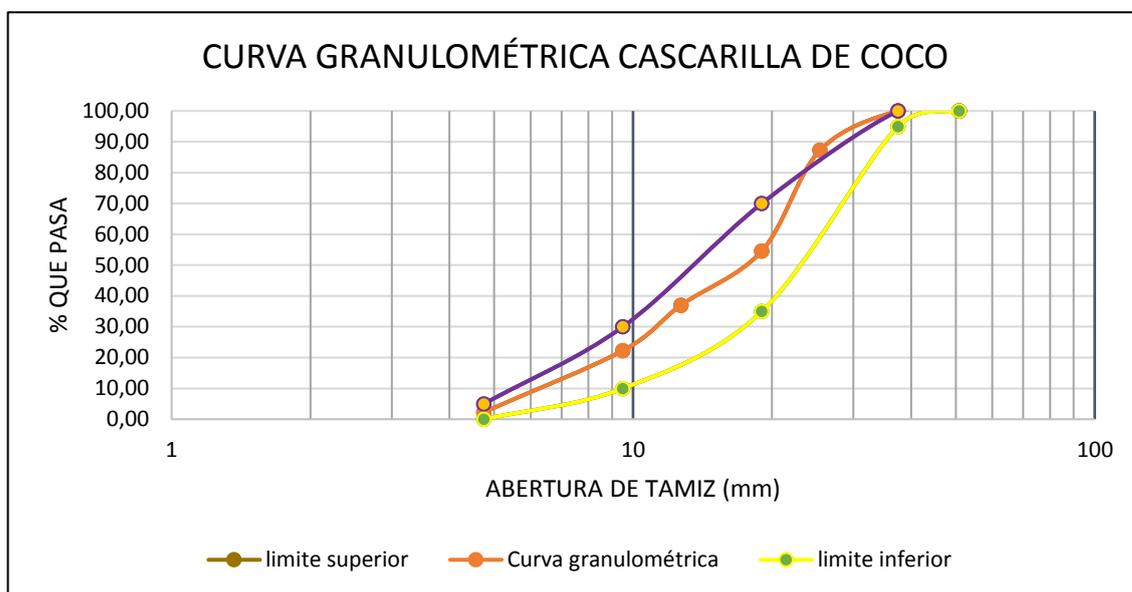
3.1.1.3 Granulometría del agregado grueso (cascarilla de coco)

Tabla 12. Análisis granulométrico agregado grueso (cascarilla de coco)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO						
GRANULOMETRÍA CASCARILLA DE COCO						
Origen:		Cotocollao – Quito				
Ensayada por:		Monserrath Carolina Chafra Ríos				
Fecha:		16/04/2019				
Norma:		INEN 696				
Peso inicial del agregado (gr)		2500				
Abertura		Retenido en (gr)		% Retenido acumulado	% que pasa	Límite ASTM % que pasa
Plg.	mm	Parcial	Acumulado			
2"	50,8	0	0	0	100	100
1 1/2"	38	0	0	0	100	95-100
1"	25,4	0	0	0	100	-
3/4"	19	0	0	0	100	35-70
1/2"	12,5	99	99	3,97	96,03	-
3/8"	9,5	521	620	24,88	75,12	10--30
# 4	4,76	1400	2020	81,06	18,94	0-5
FUENTE		472	2492	100	0	-
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO			1/2"			

Fuente: Monserrath Chafra R.

Gráfico 11. Curva granulométrica del agregado grueso (cascarilla de coco)



Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación: La curva granulométrica muestra que la cascarilla de coco se encuentra dentro de los límites inferior y superior, la cual muestra un TNM de 1/2" (12,5mm).

3.1.1.4 Densidad real del agregado fino (polvo)

Tabla 13. Densidad real del agregado fino (polvo)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO			
DENSIDAD REAL AGREGADO FINO			
Origen:	Sector Pujilí- Latacunga		
Ensayada por:	Monserrath Carolina Chafra Ríos		
Fecha:	23/04/2019		
Norma:	INEN 856		
Descripción	Nomenclatura	Unidad	Valor
Masa del frasco(pícnometro)	m1	gr	145,5
Masa del frasco + agregado sss	m2	gr	345,5
Masa del frasco + agregado sss+agua	m3	gr	738,8
Masa de agua añadida	$m4=m3-m2$	gr	393,3
Masa del frasco+500 cc de agua	m5	gr	641,9
Masa de 500cc de agua	$m6=m5-m1$	gr	496,4
Densidad del agua	$da=m6/500cc$	gr/cm ³	0,9928
Masa del agua desalojada muestra	$m7=m6-m4$	gr	103,1
Masa del agregado	$Mss=m2-m1$	gr	200
Volumen del agua desalojada	$Vss=m7/da$	cm ³	103,85
DENSIDAD REAL DEL POLVO	$DRP=mss/vss$	gr/cm ³	1,93

Fuente: Monserrath Chafra R.

3.1.1.5 Densidad real del agregado grueso (chasqui)

Tabla 14. Densidad real del agregado grueso (chasqui)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO			
DENSIDAD REAL AGREGADO GRUESO			
Origen:	Sector el Chasqui (Lasso)		
Ensayada por:	Monserrath Carolina Chafra Ríos		
Fecha:	23/04/2019		
Norma:	INEN 857		
Descripción	Nomenclatura	Unidad	Valor
Masa de la canastilla en el aire	m1	gr	1220
Masa de la canastilla en el agua	m2	gr	1027
Masa canastilla +agregado sss aire	m3	gr	2952
Masa canastilla +agregado sss agua	m4	gr	1443
Densidad real del agua	Da	gr/cm ³	1
Masa del agregado SSS en el aire	m5=m3-m1	gr	1732
Masa del agregado SSS en el agua	m6=m4-m2	gr	416
Volumen real de la muestra	Vr=(m5-M6)/Da	cm ³	1316
DENSIDAD REAL (CASCARILLA DE COCO)	DR=m3/ Vr	gr/cm ³	2,243

Fuente: Monserrath Chafra R.

3.1.1.6 Densidad real del agregado grueso (cascarilla de coco)

Tabla 15. Densidad real del agregado grueso (cascarilla de coco)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO			
DENSIDAD REAL CASCARILLA DE COCO			
Origen:	Cotacollao- Quito		
Ensayada por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos		
Fecha:	23/04/2019		
Norma:	INEN 857		
DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA	UNIDAD	VALOR
Masa de la canastilla en el aire	m1	gr	1478
Masa de la canastilla en el agua	m2	gr	1304
Masa canastilla +agregado sss aire	m3	gr	3105
Masa canastilla +agregado sss agua	m4	gr	1708
Densidad real del agua	Da	gr/cm ³	1
Masa del agregado SSS en el aire	m5=m3-m1	gr	1627
Masa del agregado SSS en el agua	m6=m4-m2	gr	404
Volumen real de la muestra	$V_r=(m_5-M_6)/D_a$	cm ³	1223
DENSIDAD REAL (CASCARILLA DE COCO)	$DR=m_3/ V_r$	gr/cm ³	2,539

Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

En la tabla N°12 la densidad real del polvo es de 1,930 gr/cm³, los resultados obtenidos en la tabla N°13 muestran la densidad real del chasqui que es de 2,243 gr/cm³ y la tabla N°14 presenta la densidad real de la cascarilla de coco que es de 2,539 gr/cm³, por lo tanto, se deduce que todos los resultados de las densidades están dentro del rango permitido.

3.1.1.7 Densidad aparente suelta de los agregados fino y grueso

Tabla 16. Densidad aparente suelta de los agregados fino y grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO				
DENSIDAD APARENTE SUELTA DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO				
Origen:	Cotocollao- Quito, Sector el Chasqui (Lasso), Sector Pujilí-Latacunga			
Ensayada por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos			
Fecha:	29/04/2019			
Norma:	INEN 858			
Masa del Recipiente:	9,98 kg			
Volumen Recipiente	20220 cm ³ 20,22 dm ³			
AGREGADO	MASA RECIPIENTE+ AGREGADO Kg	MASA AGREGADO Kg	DENSIDAD APARENTE SUELTA Kg/ dm³	DAS Kg/dm³
GRUESO (CASCARILLA DE COCO)	20,057	10,077	0,498	0,500
	20,132	10,152	0,502	
GRUESO (CHASQUI)	22,098	12,118	0,599	0,599
	22,074	12,094	0,598	
FINO (POLVO)	27,086	17,106	0,846	0,849
	27,202	17,222	0,852	

Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

La densidad aparente suelta está dentro del rango permitido, la densidad aparente suelta de la cascarilla de coco es de 0,500 kg/dm³; la densidad aparente suelta del chasqui es de 0,599 kg/dm³ y el polvo tiene una densidad aparente suelta de 0,849 kg/dm³.

3.1.1.8 Densidad aparente compactada de los agregados fino y grueso

Tabla 17. Densidad aparente compactada de los agregados fino y grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO				
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO				
Origen:	Cotocollao- Quito, Sector el Chasqui (Lasso), Sector Pujilí-Latacunga			
Ensayada por:	Monserrath Carolina Chafra Ríos			
Fecha:	29/04/2019			
Norma:	INEN 858			
Masa del Recipiente:	9,98 kg			
Volumen Recipiente	20220 cm ³ 20,22 dm ³			
AGREGADO	MASA RECIPIENTE+ AGREGADO Kg	MASA AGREGADO Kg	DENSIDAD APARENTE SUELTA Kg/ dm³	DAS Kg/dm³
GRUESO (CASCARILLA DE COCO)	20,833	10,853	0,537	0,540
	20,975	10,995	0,544	
GRUESO (CHASQUI)	22,865	12,885	0,637	0,650
	23,382	13,402	0,663	
FINO (POLVO)	28,201	18,221	0,901	0,919
	28,921	18,941	0,937	

Fuente: Monserrath Chafra R.

Interpretación:

Los resultados de la densidad aparente compactada están dentro del rango permitido, la densidad aparente compactada de la cascarilla de coco es de 0,540 kg/dm³; la del chasqui es de 0,650 kg/dm³ y la del polvo es de 0,919 kg/dm³.

3.1.1.9 Capacidad de absorción de los agregados

Tabla 18. Capacidad de absorción de los agregados

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 							
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO							
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS							
Origen:	Sector el Chasqui (Lasso), Sector Pujilí- Latacunga, Cotacollao- Quito						
Ensayada por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos						
Fecha:	7/05/2019						
Norma:	INEN 856 -857						
Descripción	Nomenclatura	Polvo		Chasqui		Cascarilla de coco	
		1	2	1	2	1	2
Masa del recipiente (gr)	m1	26,8	25,6	24,2	25,7	24,5	24,7
Masa del recipiente + agregado sss (gr)	m2	123,3	125,8	80,1	82,4	75,1	77,3
Masa del recipiente + agregado seco (gr)	m3	120,8	123,4	62,9	63,5	59,7	61,5
Masa del agregado sss (gr)	Mss	96,5	100,2	55,9	56,7	50,6	52,6
Masa del agregado seco (gr)	Mseca	94	97,8	38,7	37,8	35,2	36,8
Capacidad de absorción %	Ca	0,03	0,02	0,44	0,50	0,44	0,43
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	CA %	2,557		47,222		43,342	

Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

La capacidad de absorción del polvo es de 2,577%, la del chasqui es de 47,222% y la de la cascarilla de coco es de 43,342%.

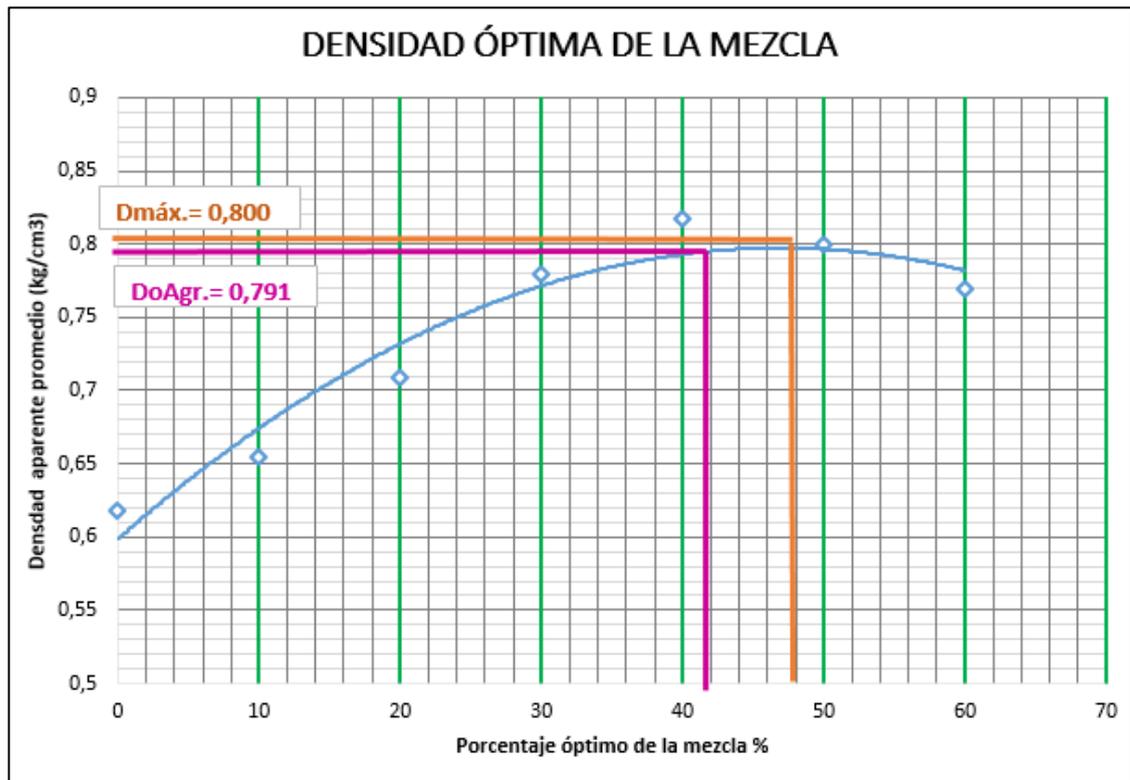
3.1.1.10 Densidad aparente compactada de la mezcla de agregados (polvo y chasqui)

Tabla 19. Densidad aparente compactada de los agregados fino y grueso (polvo y chasqui)

Mezcla Requerida %		Cantidad calculada kg		Añadido kg	Masa Rec+Agreg kg	Masa de Agregado kg	Densidad kg/dm ³	D.A.C kg/dm ³
		Grueso	Fino					
Grueso	Fino	Grueso	Fino	Fino	-	-	-	-
100	0	15	0,0	0,00	22,40	12,42	0,61	0,62
					22,53	12,55	0,62	
90	10	15	1,66	1,66	23,20	13,22	0,65	0,66
					23,25	13,27	0,66	
80	20	15	3,75	2,09	24,64	14,66	0,73	0,71
					24,00	14,02	0,69	
70	30	15	6,43	2,68	25,85	15,87	0,78	0,78
					25,62	15,64	0,77	
60	40	15	10,00	3,57	26,81	16,83	0,83	0,82
					26,20	16,22	0,80	
50	50	15	15,00	5,00	26,21	16,23	0,80	0,80
					26,10	16,12	0,80	
40	60	15	22,50	7,50	25,59	15,61	0,77	0,77
					25,45	15,47	0,77	
Porcentaje Máximo del agregado fino					PMA	47%		
Porcentaje Máximo del agregado grueso					PMCh	53%		
Porcentaje Óptimo del agregado fino					POA	41%		
Porcentaje Óptimo del agregado grueso					POCh	59%		
Densidad Máxima de los agregados					Dmáx	0,80 kg/dm ³		
Densidad Óptima Agregados					DoAgr	0,791 kg/ dm ³		

Fuente: Monserrath Chafla R.

Gráfico 12. Densidad óptima de la mezcla de agregados



Fuente: Monserrath Chafra R.

Interpretación:

Densidad máxima porcentaje de la mezcla: 45% fino -55% grueso = 0,88 kg/dm³

Densidad óptima porcentaje de la mezcla: 41% fino -59% grueso = 0,841 kg/dm³

3.1.2 ENSAYOS REALIZADOS AL CEMENTO

3.1.2.1 DENSIDAD REAL DEL CEMENTO

Tabla 20. Densidad real del cemento Selva Alegre

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO			
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO SELVA ALEGRE			
Origen:	Cemento SELVA ALEGRE granel		
Ensayada por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos		
Fecha:	29/04/2019		
Norma:	INEN 156		
Descripción	Nomenclatura	Unidad	Valor
Masa del frasco(picnómetro)	m1	gr	151,9
Masa del frasco + cemento	m2	gr	301,9
Masa del frasco + cemento + gasolina	m3	gr	630,9
Masa de agua añadida	$m4=m3-m2$	gr	329,0
Masa del frasco+500 cc de gasolina	m5	gr	518,1
Masa de 500cc de agua	$m6=m5-m1$	gr	366,2
Densidad de la gasolina	$dg=m6/500cc$	gr/cm ³	0,7324
Masa de la gasolina desalojada por la muestra	$m7=m6-m4$	gr	37,2
Masa del cemento	$Mc=m2-m1$	gr	150
Volumen de la gasolina desalojada	$Vc=m7/dg$	cm ³	50,792
Densidad real del cemento	DRC	gr/cm³	2,953

Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

Los resultados de la densidad real del cemento Selva Alegre cumplen con el rango permitido, cuyo resultado es de 2,953 gr/cm³.

3.1.3 DOSIFICACIÓN MÉTODO DE DENSIDAD ÓPTIMA

En este trabajo experimental se realizarán bloques Tipo B: que comprende mampostería no estructural, cuya resistencia mínima a compresión es de 3,5 Mpa por bloque, a los 28 días de edad [15].

Para la realización de la dosificación por el método de densidad óptima en esta investigación, se tomará en cuenta estudios anteriores para encontrar la relación agua/cemento, para lo cual se tomará en cuenta la siguiente tabla de datos.

Tabla 21. Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación:
agua/cemento

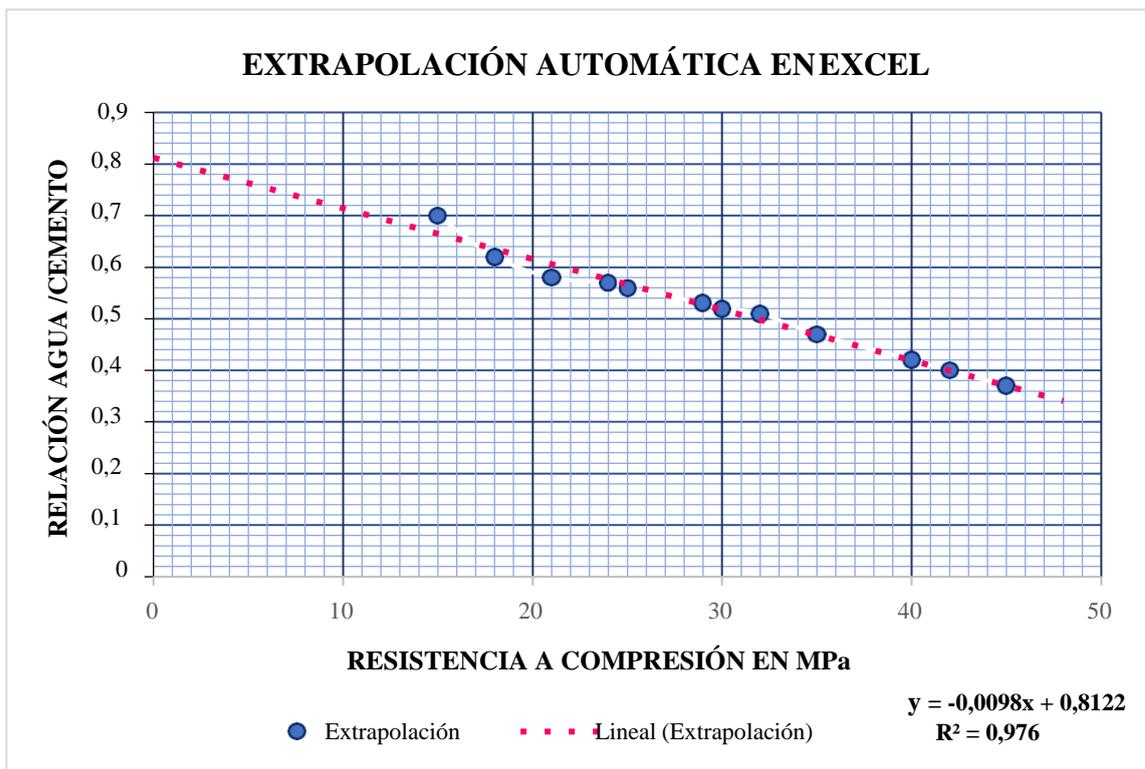
Resistencia a la compresión a los 28 días en MPa	Relación agua/cemento
45	0,37
42	0,40
40	0,42
35	0,47
32	0,51
30	0,52
28	0,53
25	0,56
24	0,57
21	0,58
18	0,62
15	0,70

Fuente: “Seminario de Investigación sobre el módulo de elasticidad del Hormigón”
Ing. Marco Garzón C. [34].

En la tabla N°20, el valor más bajo es de 15 MPa por lo cual no aparece la resistencia de 3,5 MPa requerida para esta dosificación, entonces se procederá a extrapolar con los valores conocidos para encontrar el valor nuevo necesitado.

Extrapolación para determinar la relación agua/ cemento

Gráfico 13. Extrapolación automática Excel



Fuente: “Extrapolación automática en Excel” Verónica Chicaiza [23].

Método relación agua/cemento (W/C)

Se toma la ecuación obtenida de la gráfica de Excel, y se sustituye en x, la resistencia necesitada, en este caso es de 3,5 Mpa

$$y = -0,0098x + 0,8122$$

$$y = -0,0098 (3,5) + 0,8122$$

$$y = 0,778$$

$$y \approx 0,78$$

Por lo tanto, la relación agua/ cemento (W/C) = 0,78

Tabla 22. Datos obtenidos en los ensayos para la dosificación por el método de densidad óptima

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO			
DATOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS PARA LA DOSIFICACIÓN POR EL MÉTODO DE DENSIDAD ÓPTIMA			
Elaborado por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos		
Fecha:	13/05/2019		
Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad
Densidad real del cemento	DRC	2,953	kg/cm ³
Densidad real del polvo	DRP	1,930	kg/cm ³
Densidad real del chasqui	DRCh	2,243	kg/cm ³
Porcentaje óptimo polvo	POP	41	%
Porcentaje óptimo chasqui	PoCh	59	%
Densidad óptima del agregado	DoAg	0,791	kg/dm ³
Densidad aparente suelta del polvo	DasP	0,849	kg/dm ³
Densidad aparente suelta del chasqui	DasCh	0,599	kg/dm ³

Fuente: Monserrath Chafla R.

Cálculos:

1. Densidad real de la de los agregados DRAg.

$$DRAg = (DRP * POP) + (DRCh * PoCh)$$

$$DRAg = (1,930 * 41\%) + (2,243 * 59\%)$$

$$DRAg = 2,113 \text{ kg/cm}^3$$

2. Porcentaje óptimo de vacíos POV.

$$POV\% = \frac{DRAg - DoAg}{DRAg} * 100$$

$$POV\% = \frac{2,113 - 0,791}{2,113} * 100$$

$$POV\% = 62,57 \%$$

$$POV = \frac{POV\% * 1000 \text{ dm}^3}{100}$$

$$POV = \frac{62,57 \% * 1000 \text{ dm}^3}{100}$$

$$POV = 625,65 \text{ dm}^3$$

3. Cantidad de pasta CP.

$$CP = POV + 2\% + 3\% POV$$

$$CP = 625,65 \text{ dm}^3 + 2\% + 3\% (625,65 \text{ dm}^3)$$

$$CP = 644,44 \text{ dm}^3$$

La cantidad de pasta calculada no puede superar más del 30%; es decir 300 dm^3

Como la cantidad de pasta es mayor se asume $CP = 300 \text{ dm}^3$

4. Cantidad de cemento.

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

$$C = \frac{300 \text{ dm}^3}{0,78 + \frac{1}{2,953 \text{ kg/dm}^3}}$$

$$C = 268,18 \text{ kg para } 1 \text{ m}^3 \text{ de H}^\circ$$

5. Cantidad de agua

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

$$W = 0,78 * 268,18$$

$$W = 209,18 \text{ lts para } 1 \text{ m}^3 \text{ de H}^\circ$$

6. Cantidad de polvo

$$P = (1000 - CP - AIRE) * DRP * POP$$

$$P = (1000 - 300 - 0) * 1,930 * 41\%$$

$$P = 553,91 \text{ kg para } 1 \text{ m}^3 \text{ de H}^\circ$$

7. Cantidad de chasqui

$$Ch = (1000 - CP - AIRE) * DRCh * PoCh$$

$$Ch = (1000 - 300 - 0) * 2,243 * 59\%$$

$$Ch = 926,36 \text{ kg para } 1 \text{ m}^3 \text{ de H}^\circ$$

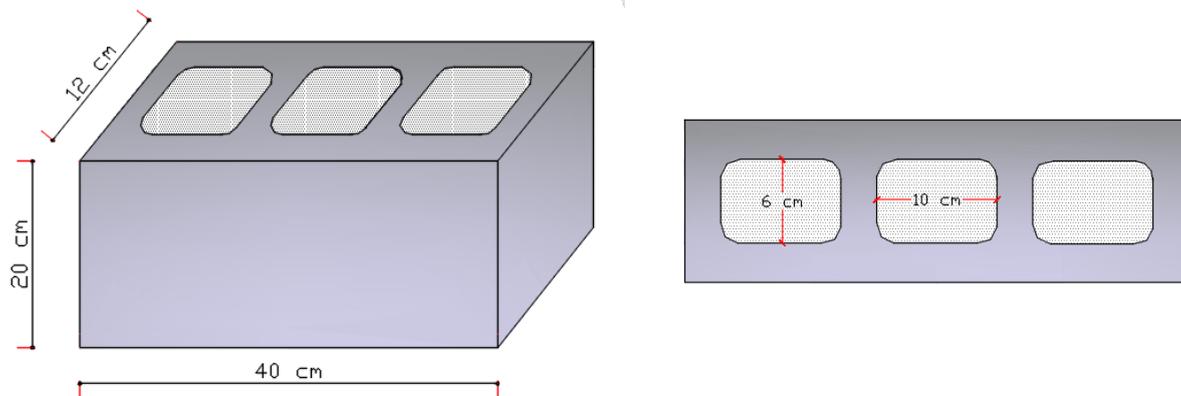
Tabla 23. Dosificación método de densidad óptima

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO			
DOSIFICACIÓN POR EL MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA			
Elaborado por: Monserrath Carolina Chafla Ríos			
Fecha: 14/05/2019			
REQUISITOS			
Resistencia requerida a compresión a los 28 días		3,5 MPa	
Volumen requerido de hormigón		100 dm ³	
Relación agua/cemento (w/c)		0,78	
DATOS OBTENIDOS PARA 1m³ DE HORMIGÓN			
Densidad real del agregado	DRAg	2,113	kg/cm ³
Porcentaje óptimo de vacíos	%POV	62,57	%
Cantidad de pasta	CP	644,44	cm ³
Cantidad de pasta asumida	CP asum	300,00	cm ³
Cantidad de cemento	C	268,18	kg
Cantidad de agua	W	209,18	lts
Cantidad de polvo	P	553,91	kg
Cantidad de chasqui	Ch	926,36	kg
DOSIFICACIÓN AL PESO			
Material	Cantidad en kg por m ³ Hormigón	Dosificación al peso	Cantidad en kg por saco de cemento
W	209,18	0,78	39,00
C	268,18	1,00	50,00
P	553,91	2,07	103,50
Ch	926,36	3,45	172,71

Fuente: Monserrath Chafla R.

CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL BLOQUE.

Gráfico 14. Bloque 40*20*12 (cm)



Fuente: Monserrath Chafra R.

* **Volumen bruto** = $0,40\text{m} * 0,20\text{m} * 0,12\text{m}$

Volumen bruto = $0,0096\text{ m}^3$

* **Volumen de perforaciones** = $(0,10\text{ m} * 0,06\text{m} * 0,18\text{m}) * 3$

Volumen de perforaciones = $0,0032\text{ m}^3$

* **Volumen neto** = Volumen bruto - Volumen de perforaciones

Volumen neto = $0,0096\text{ m}^3 - 0,0032\text{ m}^3$

Volumen neto = $0,0064\text{ m}^3$

Se realizará 4 tipos de bloques, los moldes de la máquina para su fabricación vienen por múltiplos de 5, por lo cual se realizará 25 bloques normales y 25 bloques con cada porcentaje de reemplazo en 10%,20%,30% al agregado grueso chasqui por cascarilla de coco. Dándonos un total de 100 bloques, 25 normales y 75 con el reemplazo antes mencionado.

* **Volumen total para 25 bloques** = $0,0064 \text{ m}^3 * 25 \text{ bloques}$

Volumen total = $0,16 \text{ m}^3$

Volumen total = $160,00 \text{ dm}^3$

Se calcula el volumen de aire y el volumen de vibro-compactación para el número de muestras determinadas.

Volumen de aire: El porcentaje estimado es del 5% dejando espacios libres entre el chasqui y la cascarilla de coco [23].

Volumen por vibro-compactación: Es el volumen que se produce cuando se coloca la mezcla en los moldes y empieza su asentamiento por el movimiento y vibrado que posteriormente es comprimido por la prensa compactadora, su porcentaje estimado es del 30% [23].

* **Volumen de aire:**

Volumen de aire = $160,00 \text{ dm}^3 * 5\%$

Volumen de aire = $8,0 \text{ dm}^3$

* **Volumen por vibro-compactación:**

Volumen de compactación = $160,00 \text{ dm}^3 * 30\%$

Volumen de compactación = $48,00 \text{ dm}^3$

CÁLCULO DEL PESO REAL DEL CEMENTO

Tabla 24. Valores obtenidos en dosificación al peso

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO		
DOSIFICACIÓN AL PESO		
Elaborado por: Monserrath Carolina Chafla Ríos		
Fecha: 14/05/2019		
Material	Dosificación al peso	
W	0,78	
C	1,00	
P	2,07	
Ch	3,45	
SUMA	7,30	

Fuente: Monserrath Chafla R.

Σ Dosificación peso real + % aire = volumen total de bloques + % compactación

$$7,37 x + 8,0 \text{ dm}^3 = 160,0 \text{ dm}^3 + 48,0 \text{ dm}^3$$

$$x = \frac{160,0 \text{ dm}^3 + 48,0 \text{ dm}^3 - 8,0 \text{ dm}^3}{7,30}$$

$$x = 27,40 \text{ kg de cemento}$$

Dosificación real para 25 bloques

1. Cantidad de cemento

$$C = 27,40 \text{ kg}$$

2. Cantidad de agua

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

$$W = 27,40 * 0,78$$

$$W = 21,4 \text{ lts}$$

3. Cantidad de polvo

$$P = C * \text{Dosificación al peso del polvo}$$

$$P = 27,40 * 2,07$$

$$P = 56,7 \text{ kg}$$

4. Cantidad de chasqui

$$Ch = C * \text{Dosificación al peso del chasqui}$$

$$Ch = 27,40 * 3,45$$

$$Ch = 94,5 \text{ kg}$$

3.1.4 Dosificación para bloques normales y bloques con reemplazo parcial de cascarilla de coco

Tabla 25. Dosificación para 25 bloques para bloques normales y por cada porcentaje de reemplazo



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



ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO

DOSIFICACIÓN POR CADA PARADA DE 25 BLOQUES PARA BLOQUES NORMALES Y POR CADA PORCENTAJE DE REEMPLAZO

Elaborado por:	Monserrath Carolina Chafra Ríos				
Fecha:	22/05/2019				
Material	Unidad	Base 0%	10%	20%	30%
Agua (W)	lt	21,4	21,4	21,4	21,4
Cemento (C)	kg	27,40	27,40	27,40	27,40
Polvo (P)	kg	56,7	56,7	56,7	56,7
Chasqui (Ch)	kg	94,5	85,0	75,6	66,1
Cascarilla de coco	kg	-	9,5	18,9	28,4
Total		200,0	200,0	200,0	200,0

Fuente: Monserrath Chafra R.

3.1.5 Elaboración de bloques de diferentes porcentajes

Tabla 26. Elaboración de bloques de diferentes porcentajes

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 	
<p>ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO</p>	
<p>ELABORACIÓN DE BLOQUES DE DIFERENTES PORCENTAJES</p>	
Elaborado por:	Monserath Carolina Chafla Ríos
Fecha:	28/05/2019
Proceso	Gráfico
<p>Dosificación</p> <p>La dosificación del cemento, chasqui, polvo y cascarilla de coco se realizó en kilogramos con la ayuda de una balanza con los datos de dosificación establecidos, la dosificación del agua se realizó en un recipiente previamente señalado por litros.</p>	 

Mezclado

Se colocó los agregados previamente dosificados en la mezcladora giratoria, vaciando el polvo y chasqui, durante 1 minuto, se añadió el agua medida en litros, mientras se seguía mezclando, se vació la cascarilla de coco y por último se agregó el cemento ya pesado.



Moldeado

Se colocó el tablero que sirve como base y soporte para el vibrado, a continuación, se paleó (mezcló) el material para colocarlo en el molde de la maquina hasta llenarlo completamente, conforme la máquina da el vibrado se añadió más mezcla, para luego dejar caer la prensa para vibro compactar la mezcla.



Fraguado y desmoldado

Se retiró cuidadosamente el bloque prensado y con la ayuda de un coche se ubicó en un lugar plano.



Curado

El curado de los bloques se realizó al día siguiente de su elaboración rociándolos con agua potable.



Fuente: Monserrath Chafra R.

3.1.6 Análisis de densidades de bloques elaborados con diferentes porcentajes

Tabla 27. Densidad de bloques a los 7 días de edad

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 											
REALIZADO POR:		Monserrath Carolina Chafla Ríos						FECHA		6/06/2019	
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO											
<i>DENSIDAD DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 7 DÍAS DE EDAD</i>											
% Sustitución	Muestra #	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Peso kg	Volumen bruto			Volumen Perforaciones m ³	Volumen Total m ³	Densidad bloque kg/m ³	Densidad promedio kg/m ³
					Largo cm	Alto cm	Ancho cm				
0% Bloque NORMAL	1	28/05/2019	04/06/2019	9,01	40	20	12	0,00329	0,00631	1428,798	1453,393
	2			9,26	40	20	12	0,00333	0,00627	1476,154	
	3			8,97	40	20	12	0,00344	0,00616	1455,229	
10% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	04/06/2019	8,89	40	20	12	0,00340	0,00620	1434,334	1425,930
	2			8,80	40	20	12	0,00338	0,00622	1415,128	
	3			8,96	40	20	12	0,00333	0,00627	1428,330	
20% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	04/06/2019	8,84	40	20	12	0,00333	0,00627	1409,201	1415,564
	2			8,93	40	20	12	0,00335	0,00625	1428,343	
	3			8,81	40	20	12	0,00335	0,00625	1409,149	
30% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	04/06/2019	8,61	40	20	12	0,00338	0,00622	1384,574	1376,240
	2			8,31	40	20	12	0,00335	0,00625	1329,175	
	3			8,77	40	20	12	0,00340	0,00620	1414,973	

Fuente: Monserrath Chafla R.

Tabla 28. Densidad de bloques a los 14 días de edad

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 											
REALIZADO POR:		Monserrath Carolina Chafla Ríos						FECHA		13/06/2019	
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO											
<i>DENSIDAD DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 14 DÍAS DE EDAD</i>											
% Sustitución	Muestra #	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Peso kg	Volumen bruto			Volumen Perforaciones m ³	Volumen Total m ³	Densidad bloque kg/m ³	Densidad promedio kg/m ³
					Largo cm	Alto cm	Ancho cm				
0% Bloque NORMAL	1	28/05/2019	11/06/2019	9,23	40	20	12	0,00329	0,00631	1463,685	1448,528
	2			8,93	40	20	12	0,00338	0,00622	1436,033	
	3			9,07	40	20	12	0,00333	0,00627	1445,865	
10% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	11/06/2019	8,86	40	20	12	0,00335	0,00625	1417,147	1418,004
	2			8,92	40	20	12	0,00329	0,00631	1414,526	
	3			9,00	40	20	12	0,00327	0,00633	1422,340	
20% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	11/06/2019	8,50	40	20	12	0,00335	0,00625	1359,565	1404,468
	2			8,87	40	20	12	0,00329	0,00631	1406,597	
	3			8,97	40	20	12	0,00340	0,00620	1447,241	
30% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	11/06/2019	8,76	40	20	12	0,00335	0,00625	1401,152	1360,222
	2			8,85	40	20	12	0,00335	0,00625	1415,547	
	3			7,86	40	20	12	0,00338	0,00622	1263,966	

Fuente: Monserrath Chafla R.

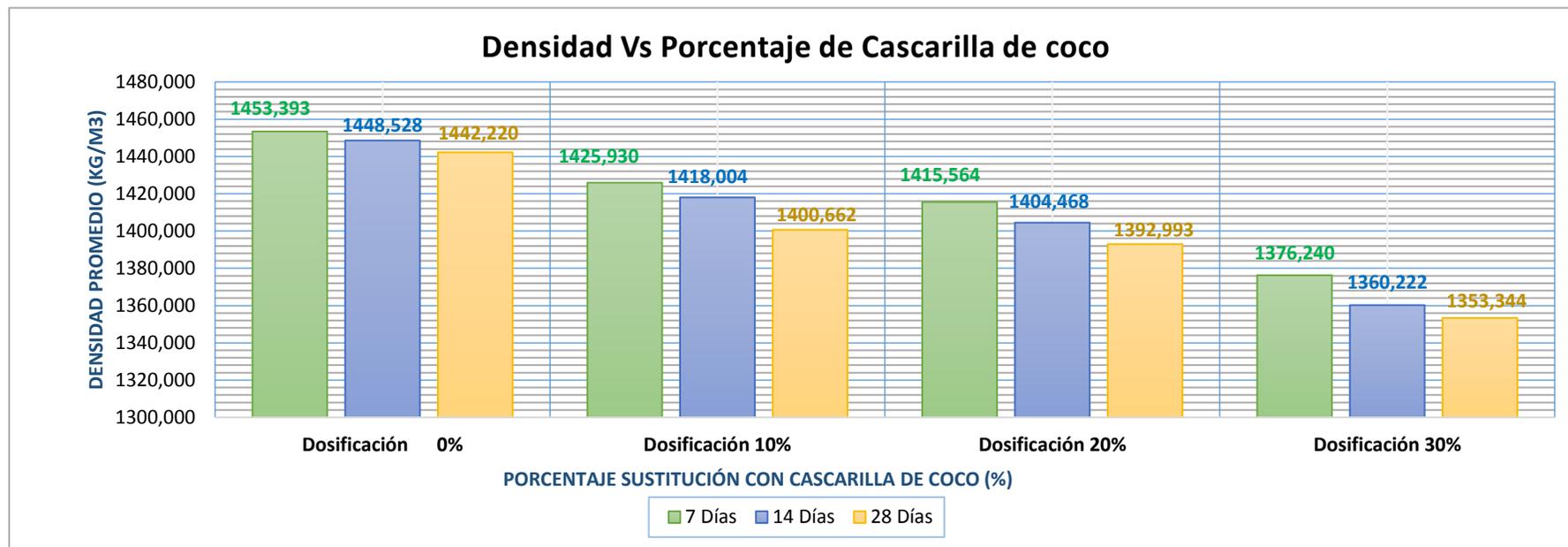
Tabla 29. Densidad de bloques a los 28 días de edad

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 											
REALIZADO POR:		Monserrath Carolina Chafra Ríos					FECHA		27/06/2019		
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO											
<i>DENSIDAD DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 28 DÍAS DE EDAD</i>											
% Sustitución	Muestra #	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Peso kg	Volumen bruto			Volumen Perforaciones m ³	Volumen Total m ³	Densidad bloque kg/m ³	Densidad promedio kg/m ³
					Largo cm	Alto cm	Ancho cm				
0% Bloque NORMAL	1	28/05/2019	25/06/2019	9,03	40	20	12	0,00340	0,00620	1456,922	1442,220
	2			9,18	40	20	12	0,00329	0,00631	1455,756	
	3			8,87	40	20	12	0,00333	0,00627	1413,983	
10% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	25/06/2019	8,72	40	20	12	0,00344	0,00616	1414,670	1400,662
	2			8,53	40	20	12	0,00341	0,00619	1379,134	
	3			8,68	40	20	12	0,00344	0,00616	1408,181	
20% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	25/06/2019	8,85	40	20	12	0,00349	0,00611	1448,578	1392,993
	2			8,64	40	20	12	0,00347	0,00613	1409,471	
	3			8,17	40	20	12	0,00341	0,00619	1320,929	
30% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	25/06/2019	8,76	40	20	12	0,00336	0,00624	1403,819	1353,344
	2			7,85	40	20	12	0,00335	0,00625	1255,598	
	3			8,74	40	20	12	0,00336	0,00624	1400,614	

Fuente: Monserrath Chafra R.

3.1.6.1 Comparación de densidades de bloques normales y bloques con cascarilla de coco

Gráfico 15: Densidad Vs Porcentaje de cascarilla de coco



Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

El gráfico representa las tablas N° 26, 27 y 28, en donde se puede verificar que, a mayor porcentaje de cascarilla de coco añadido a la mezcla para bloques, la densidad disminuye. Los bloques sin ninguna adición de cascarilla de coco tienen una densidad de 1453,393 kg/m³ a los 7 días, a los 14 días la densidad es de 1448,528 kg/m³ y a los 28 días nos da un valor de 1442,220 kg/m³ lo cual lo define como un bloque tipo liviano ya que es menor a 1680 kg/m³ según la clasificación de bloques por densidad, a sí mismo la menor densidad se da al 30% de sustitución parcial del agregado grueso teniendo como resultado de 1376,240 kg/m³ en los 7 días, a los 14 días se obtiene una densidad de 1360,222 kg/m³ y 1353,344 kg/m³ a los 28 días.

3.1.7 Ensayo de resistencia a la compresión

Tabla 30. Ensayo de resistencia a compresión a los 7 días de edad de bloques con diferentes porcentajes

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 										
REALIZADO POR:		Monserrath Carolina Chafla Ríos					FECHA:		6/06/2019	
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO										
<i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 7 DÍAS DE EDAD</i>										
% Sustitución	Muestra #	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Peso kg	Largo cm	Ancho cm	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia MPa	Resistencia promedio MPa
0% Bloque NORMAL	1	28/05/2019	04/06/2019	9,01	40	12	297,00	85,47	2,88	2,71
	2			9,26	40	12	295,17	65,91	2,23	
	3			8,97	40	12	289,11	87,06	3,01	
10% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	04/06/2019	8,89	40	12	291,00	102,94	3,54	3,21
	2			8,80	40	12	292,14	85,63	2,93	
	3			8,96	40	12	295,17	93,04	3,15	
20% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	04/06/2019	8,84	40	12	295,17	109,89	3,72	3,64
	2			8,93	40	12	294,00	114,41	3,89	
	3			8,81	40	12	294,00	97,27	3,31	
30% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	04/06/2019	8,61	40	12	292,14	135,53	4,64	4,22
	2			8,31	40	12	294,00	115,15	3,92	
	3			8,77	40	12	291,00	119,66	4,11	

Fuente: Monserrath Chafla R.

Tabla 31. Ensayo de resistencia a compresión a los 14 días de edad de bloques con diferentes porcentajes

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 											
REALIZADO POR:		Monserrath Carolina Chafla Ríos					FECHA:		13/06/2019		
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 14 DÍAS DE EDAD											
% Sustitución	Muestra #	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Peso kg	Largo cm	Ancho cm	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia MPa	Resistencia promedio MPa	
0% Bloque NORMAL	1	28/05/2019	11/06/2019	9,23	40	12	297,00	96,43	3,25	3,06	
	2			8,93	40	12	292,14	78,00	2,67		
	3			9,07	40	12	295,17	96,52	3,27		
10% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	11/06/2019	8,86	40	12	294,00	117,11	3,98	3,61	
	2			8,92	40	12	297,00	100,29	3,38		
	3			9,00	40	12	298,20	103,28	3,46		
20% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	11/06/2019	8,50	40	12	294,00	116,82	3,97	3,78	
	2			8,87	40	12	297,00	104,25	3,51		
	3			8,97	40	12	291,00	112,18	3,86		
30% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	11/06/2019	8,76	40	12	294,00	143,08	4,87	4,64	
	2			8,85	40	12	294,00	131,27	4,47		
	3			7,86	40	12	292,14	134,38	4,60		

Fuente: Monserrath Chafla R.

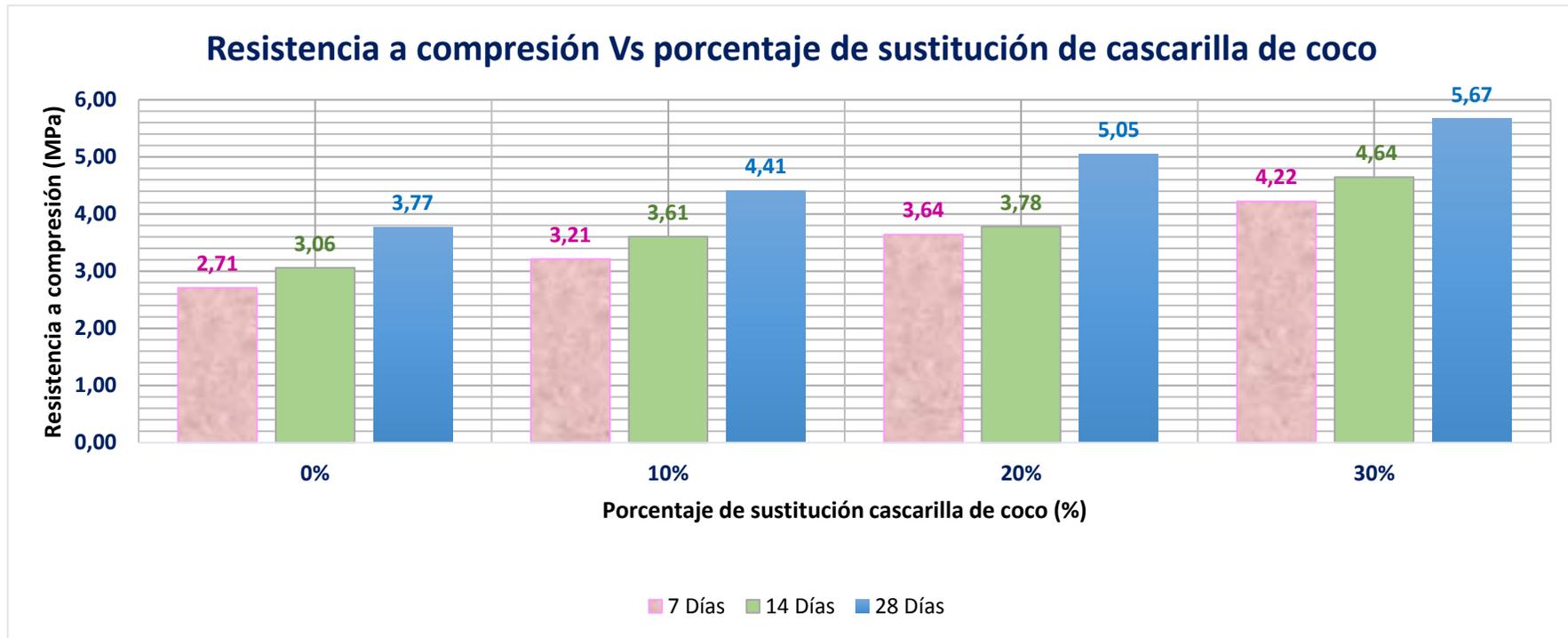
Tabla 32. Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días de edad de bloques con diferentes porcentajes

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 											
REALIZADO POR:		Monserrath Carolina Chafra Ríos					FECHA:		27/06/2019		
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 28 DÍAS DE EDAD											
% Sustitución	Muestra #	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Peso kg	Largo cm	Ancho cm	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia MPa	Resistencia promedio MPa	
0% Bloque NORMAL	1	28/05/2019	25/06/2019	9,03	40	12	291,00	115,83	3,98	3,77	
	2			9,18	40	12	297,00	105,35	3,55		
	3			8,87	40	12	295,17	111,92	3,79		
10% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	25/06/2019	8,72	40	12	289,11	140,81	4,87	4,41	
	2			8,53	40	12	290,28	123,85	4,27		
	3			8,68	40	12	289,11	118,22	4,09		
20% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	25/06/2019	8,85	40	12	286,08	128,21	4,48	5,05	
	2			8,64	40	12	287,22	152,91	5,16		
	3			8,17	40	12	290,28	159,49	5,49		
30% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	25/06/2019	8,76	40	12	293,34	178,99	5,32	5,67	
	2			7,85	40	12	294,00	151,71	6,10		
	3			8,74	40	12	293,34	163,56	5,58		

Fuente: Monserrath Chafra R.

3.1.7.1 Comparación de resistencia a compresión Vs porcentajes de sustitución de cascarilla de coco (7,14,28 días)

Gráfico 16. Resistencia a compresión Vs porcentajes de sustitución de cascarilla de coco



Fuente: Monserrath Chafla R.

El diagrama de barras representa las tablas N° 29, 30 y 31.

Interpretación 7 días:

A mayor porcentaje de cascarilla de coco añadido a la mezcla para bloques, la resistencia a la compresión aumenta. Los bloques sin ninguna adición de cascarilla de coco tienen una resistencia a la compresión de 2,71 Mpa, los bloques con 10% de sustitución tienen una resistencia a la compresión

de 3,21 Mpa, los bloques con 20% de sustitución tiene una resistencia a la compresión de 3,64 Mpa y los bloques con 30% de sustitución tiene una resistencia a la compresión de 4,22 Mpa todos a los 7 días de edad.

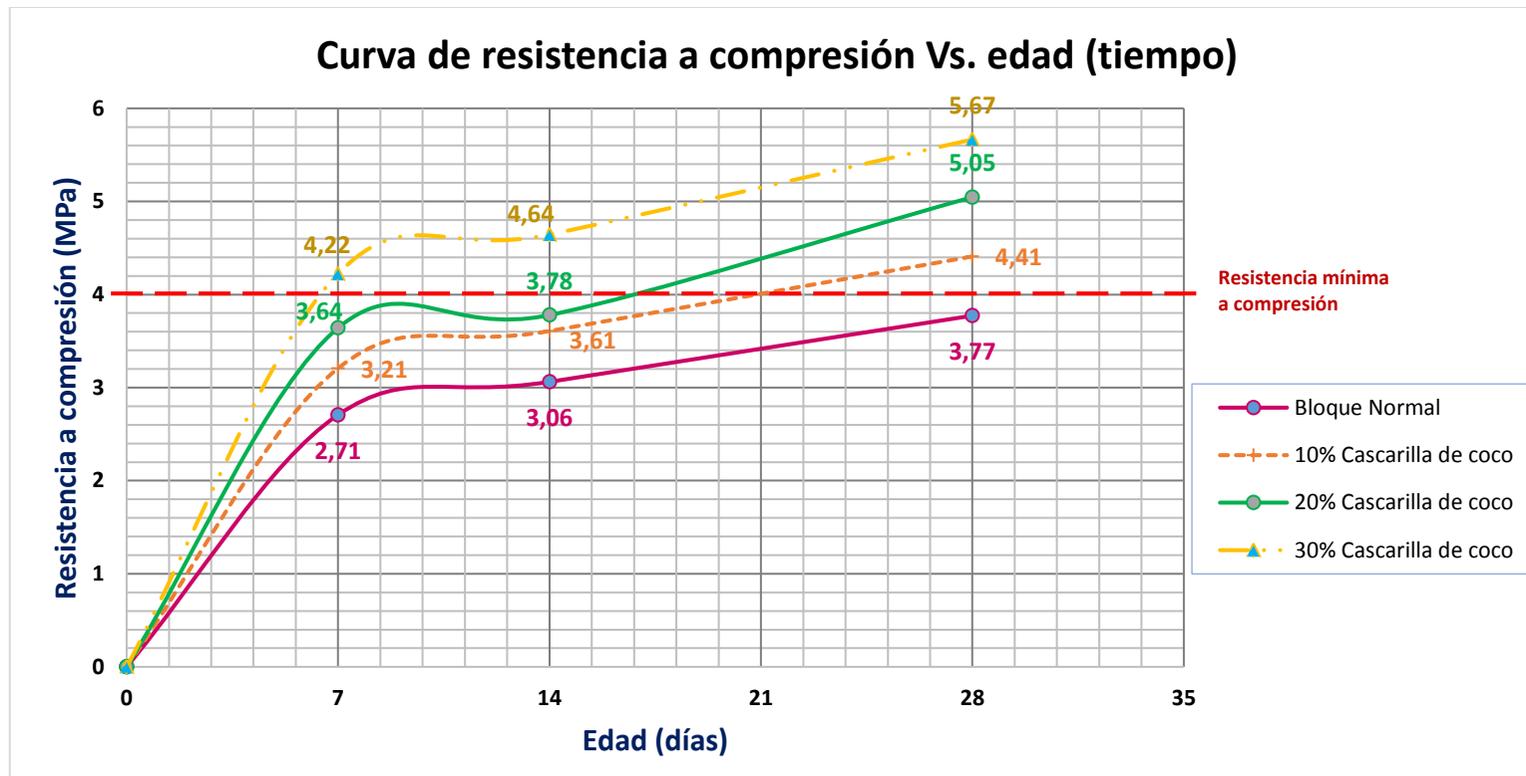
Interpretación 14 días:

La resistencia a compresión aumenta conforme pasan los días. Los bloques sin ninguna adición de cascarilla de coco tienen una resistencia a la compresión de 3,06 Mpa, los bloques con 10% de sustitución tiene una resistencia a la compresión de 3,61 Mpa, los bloques con 20% de sustitución tiene una resistencia a la compresión de 3,78 Mpa y los bloques con 30% de sustitución tiene una resistencia a la compresión de 4,64 Mpa todos a los 14 días de edad, siendo este último porcentaje el mejor.

Interpretación 28 días:

Se muestra las máximas resistencias a compresión alcanzadas. Los bloques normales alcanzaron su resistencia máxima a la compresión de 3,77 Mpa, los bloques con 10% de sustitución por cascarilla de coco alcanzaron su resistencia máxima a la compresión de 4,41 Mpa, los bloques con 20% de sustitución alcanzaron su resistencia máxima a la compresión de 5,05 Mpa y los bloques con 30% de sustitución llegaron a la resistencia máxima a la compresión de 5,67 Mpa todos a los 28 días de edad.

Gráfico 17. Curva de resistencia a compresión en bloques con cascarilla de coco Vs edad (tiempo) a los 7,14 y 28 días

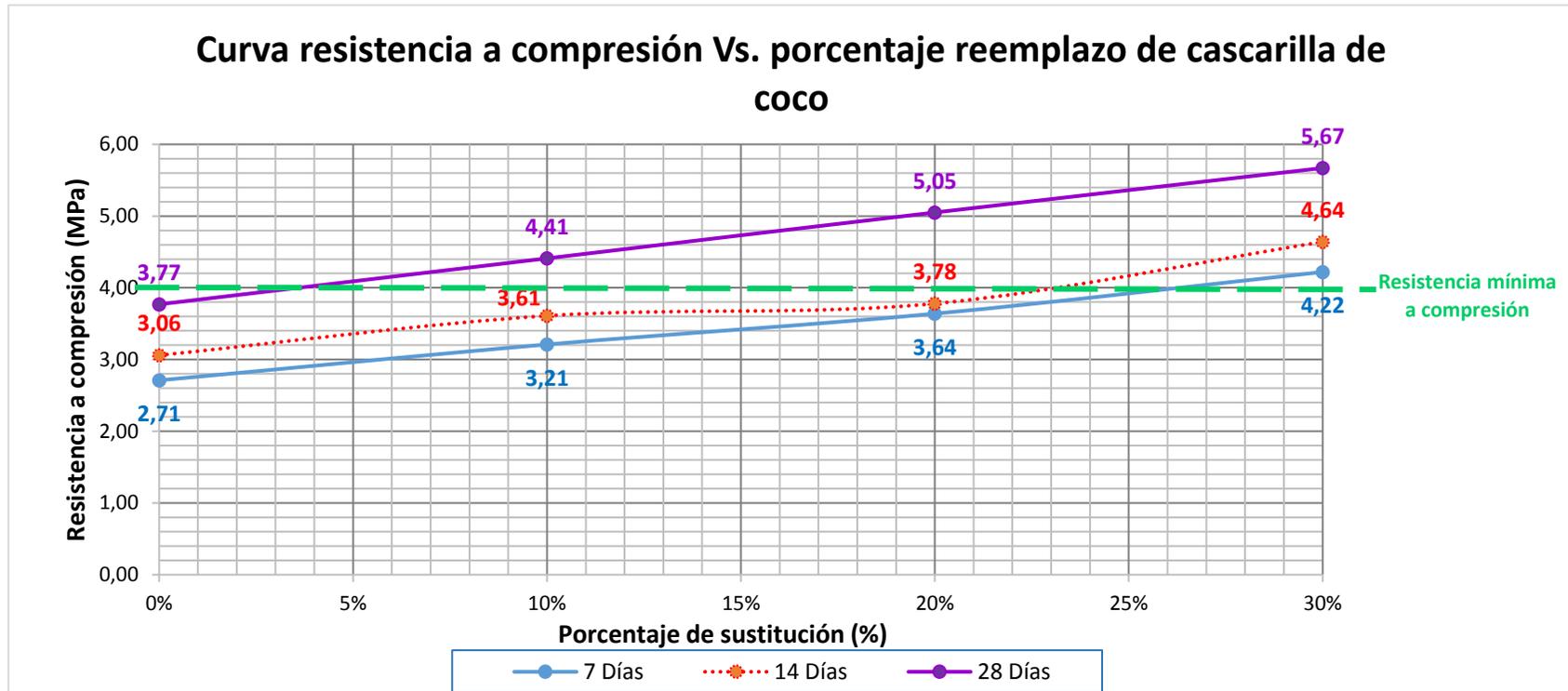


Fuente: Monserrath Chafra R.

Interpretación:

Las curvas nos muestra el comportamiento de la resistencia a compresión en bloques con respecto a los 7, 14, y 28 días de edad respectivamente en el cual se puede verificar el aumento de la resistencia en cada porcentaje, los bloques más resistente a los 28 días son los que llevan la sustitución por cascarilla de coco, siendo el más fuerte el de 30% con 5,67 Mpa cumpliendo con la normativa INEN 3066 con respecto a resistencia la compresión mínima de 4,0 Mpa por cada 3 bloques ensayados.

Gráfico 18. Curva de resistencia a compresión Vs. Porcentaje de reemplazo por cascarilla de coco a los 7,14, 28 días



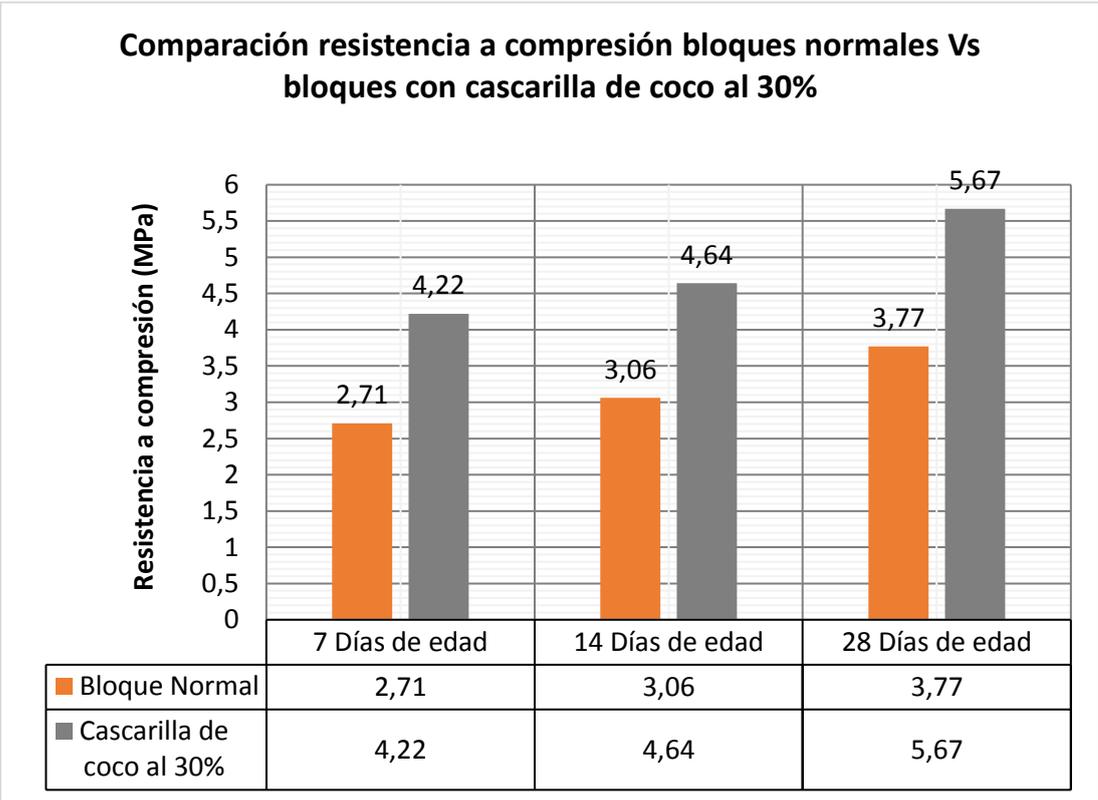
Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

Para poder determinar los porcentajes óptimos para la elaboración de bloques se ha establecido un límite de diseño requerido que es de 4,0 Mpa según la INEN 3066. El gráfico de resistencia a compresión nos indica que la tendencia es de aumento, conforme se aumenta el porcentaje de cascarilla de coco la resistencia sube, teniendo mayor resistencia a los 28 días de edad, mientras que el bloque normal llega a su máxima resistencia de 3,77 Mpa estando por debajo del límite establecido por la norma.

3.1.7.2 Comparación bloques con porcentaje óptimo de sustitución de cascarilla de coco (30%) Vs bloques normales.

Gráfico 19. Comparación bloques con porcentaje óptimo de sustitución de cascarilla de coco (30%) Vs bloques normales.



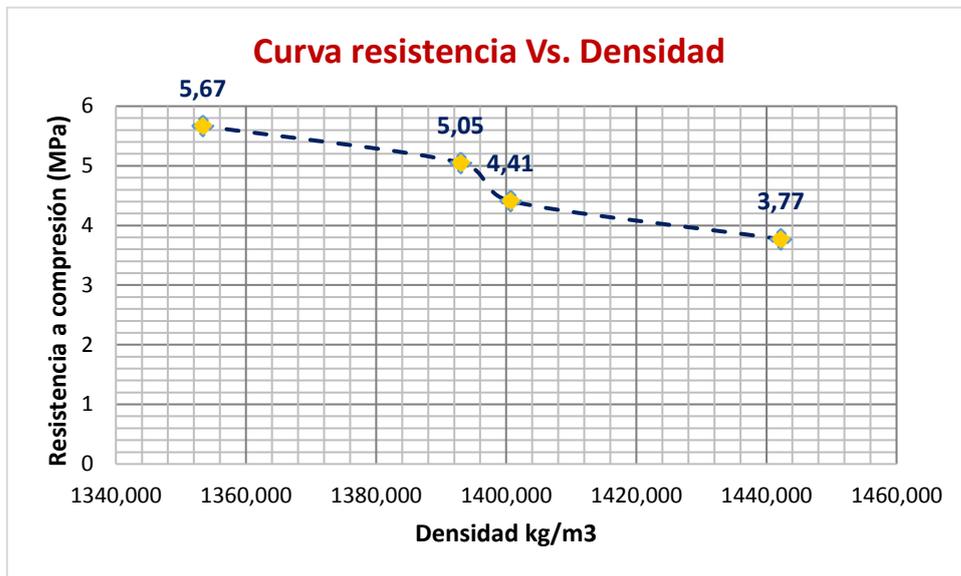
Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

El presente gráfico muestra la comparación de resistencia que se obtuvo entre los bloques normales y bloques con cascarilla de coco al 30%. A los 7 días el bloque tradicional tiene una resistencia de 2,71 MPa, a los 14 días adquiere una resistencia de 3,06 MPa y finalmente a los 28 días de 3,77 Mpa mientras que el bloque con cascarilla de coco al 30% cumple desde los 7 primeros días de edad la normativa INEN 3066 superando el mínimo de 4,00 Mpa y llegando al tope de sus resistencias en 5,67 Mpa.

3.1.7.3 Comparación resistencia a la compresión Vs. densidades

Gráfico 20. Curva de resistencia a compresión vs densidades.



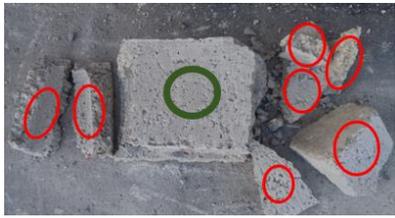
Fuente: Monserrath Chafla R.

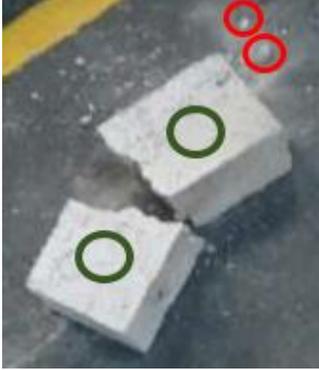
Interpretación:

La siguiente gráfica nos indica la curva de densidades de bloques normales y con sustitución por cascarilla de coco a la edad final de 28 días. Con respecto a la resistencia a compresión obtenida, se observa que a medida que la densidad aumenta la resistencia baja, siendo más densos (1442,220 kg/m³) y menos resistentes los bloques tradicionales con 3,77 Mpa de resistencia a la compresión mientras que siendo más ligeros o menos densos (1353,344 kg/m³) los bloques con 30% de sustitución con 5,67 Mpa de resistencia a la compresión.

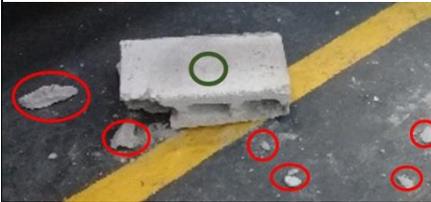
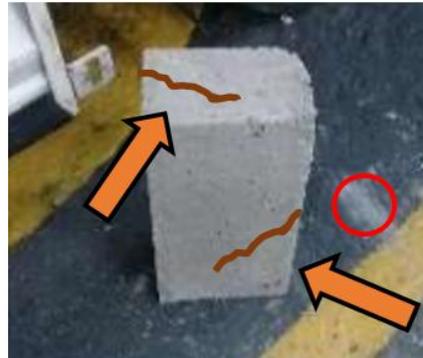
3.1.8 Ensayo de resistencia al impacto

Tabla 33. Resultados de ensayo de resistencia al impacto a los 14 días de edad

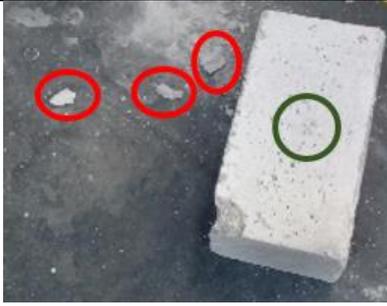
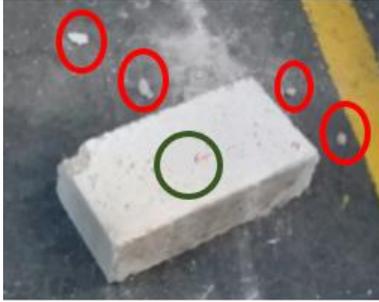
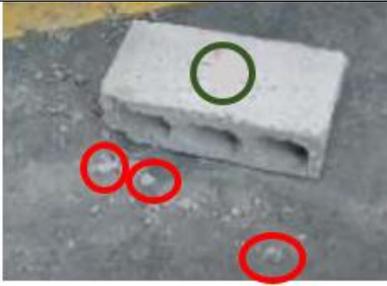
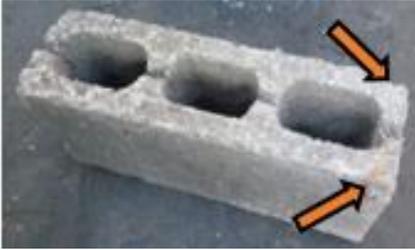
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO					
RESISTENCIA AL IMPACTO DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 14 DÍAS DE EDAD					
Realizado por:	Monserath Carolina Chafra Ríos				
Fecha:	11/06/2019				
Norma:	MÉTODO UCE				
SIMBOLOGÍA					
SÍMBOLO	DEFINICIONES				
	Fisura: Abertura superficial no controlada				
	DM: Desprendimiento mayor o igual al 50% del volumen total del bloque				
	Dm: Desprendimiento menor al 50% del volumen total del bloque Disgregación: Separación de pequeñas partes de un todo en granos parecidos a la arena				
RESULTADOS Y OBSERVACIONES					
Normal					
# De bloque	Resultados			Esquema	Observaciones
	# Fisuras	# DM	# Dm		
1	-	1	7		1 pedazo equivalente al 50% intacto y 7 pedazos pequeños.
2	-	1	5		1 pedazo equivalente al 50% intacto y 5 pedazos pequeños.

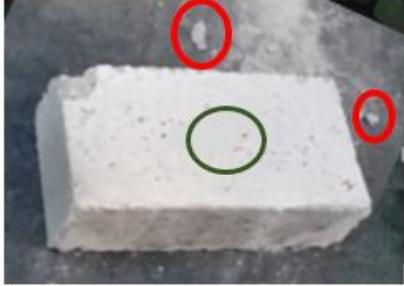
3	-	2	2		2 pedazos equivalentes al 50% intactos, 2 pedazos pequeños y disgregación del material.
---	---	---	---	--	---

10% Sustitución

# De bloque	Resultados			Esquema	Observaciones
	#Fisuras	# DM	# Dm		
1	-	1	6		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 6 pedazos pequeños y disgregación del material.
2	2	-	-		-Canto lateral: 1 fisura -Canto externo: 1 fisura -Disgregación del material
3	-	1		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 4 pedazos pequeños y disgregación del material.	

20% Sustitución

# De bloque	Resultados			Esquema	Observaciones
	# Fisuras	# DM	# Dm		
1	-	1	3		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 3 pedazos pequeños y disgregación del material.
2	-	1	4		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 4 pedazos pequeños y disgregación del material.
3	-	1	3		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 3 pedazos pequeños y disgregación del material.
30% Sustitución					
# De bloque	Resultados			Esquema	Observaciones
	# Fisuras	# DM	# Dm		
1	2	-	-		-Esquinas: 2 fisuras
2	-	1	1		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 1 pedazo pequeños y disgregación del material.

3	-	1	2		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 2 pedazo pequeños y disgregación del material.
---	---	---	---	--	---

Fuente: Monserrath Chafla R.

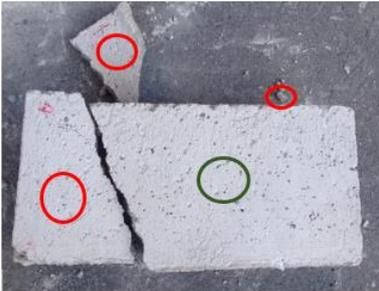
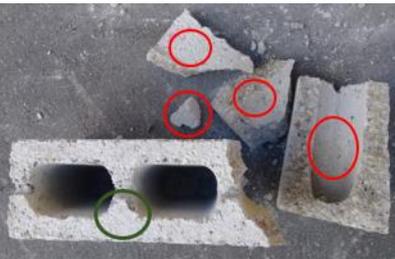
Interpretación:

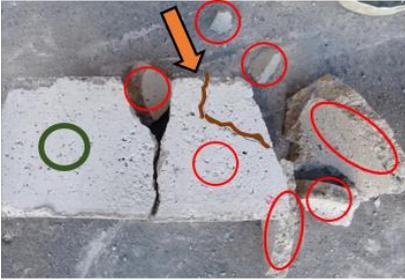
Los bloques con reemplazo de cascarilla de coco, frente al impacto van teniendo menos pedazos mientras va aumentando el porcentaje de reemplazo.

En el caso de los bloques con reemplazo de cascarilla de coco al 30%, casi no se rompen o solamente presentan fisuras, desprendimientos menores al 50% y disgregación del material.

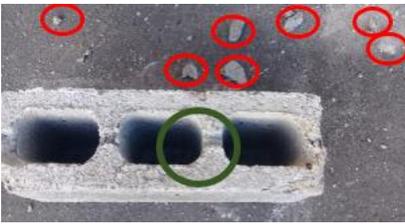
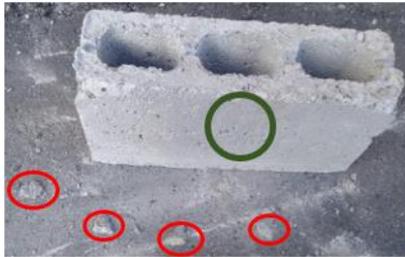
Los bloques tradicionales presentan muchos desprendimientos tanto mayores como menores al 50% y disgregación del material pues se rompieron al instante al momento del ensayo.

Tabla 34. Resultados de ensayo de resistencia al impacto a los 28 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO					
RESISTENCIA AL IMPACTO DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 28 DÍAS DE EDAD					
Realizado por:	Monserrath Carolina Chafra Ríos				
Fecha:	25/05/2019				
Norma:	MÉTODO UCE				
SIMBOLOGÍA					
SÍMBOLO		DEFINICIONES			
		Fisura: Abertura superficial no controlada			
		DM: Desprendimiento mayor o igual al 50% del volumen total del bloque			
		Dm: Desprendimiento menor al 50% del volumen total del bloque Disgregación: Separación de pequeñas partes de un todo en granos parecidos a la arena			
RESULTADOS Y OBSERVACIONES					
Normal					
# De bloque	Resultados			Esquema	Observaciones
	# Fisuras	# DM	# Dm		
1	-	1	3		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 3 pedazos pequeños y disgregación del material
2	-	1	4		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 4 pedazos pequeños y disgregación del material

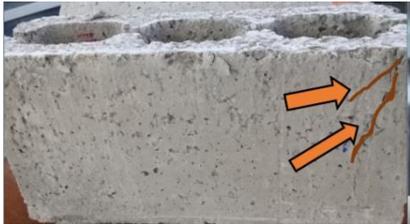
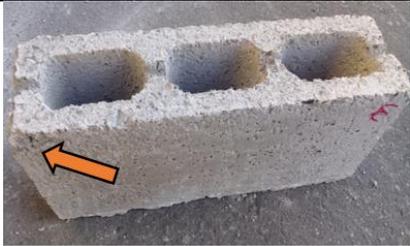
3	1	1	7		1 pedazo equivalente al 50%, 7 pedazos pequeños, 1 fisura en el canto externo y disgregación del material.
---	---	---	---	--	--

10% Sustitución

# De bloque	Resultados			Esquema	Observaciones
	#Fisuras	# DM	# Dm		
1	-	1	7		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 7 pedazos pequeños y disgregación del material.
2	-	1	4		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 4 pedazos pequeños y disgregación del material.
3	1	-	-		-Canto externo: 1 fisura

20% Sustitución

# De bloque	Resultados			Esquema	Observaciones
	# Fisuras	# DM	# Dm		

1	-	1	2		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 2 pedazos pequeños y disgregación del material.
2	-	1	3		1 pedazo equivalente a más del 50% intacto, 3 pedazos pequeños y disgregación del material.
3	2	-	-		-Canto externo: 2 fisuras
30% Sustitución					
# De bloque	Resultados			Esquema	Observaciones
	# Fisuras	# DM	# Dm		
1	1	-	-		-Esquina: 1 fisura
2	1	-	-		-Esquina: 1 fisura -Disgregación del material

3	2	-	-		2 fisuras: -1 horizontal en el tabique exterior -1 vertical en el tabique exterior
---	---	---	---	--	--

Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

A la edad final de 28 días los bloques con reemplazo de cascarilla de coco adquirieron más resistencia frente al impacto y presentaron menos pedazos mientras va aumentando el porcentaje de reemplazo.

En el caso de los bloques con reemplazo de cascarilla de coco al 30%, que se deduce es el óptimo, quedaron en su mayoría completamente intactos presentando solo disgregación parcial del material.

A diferencia de los bloques tradicionales que presentaron varios desprendimientos y fisuras, a su vez se observó que no hubo mucha mejoría desde su ensayo a los 14 días a excepción que muestran menos pedazos tanto mayores como menores al 50% desprendidos durante el ensayo

3.1.9 Ensayo de Resistencia al Fuego

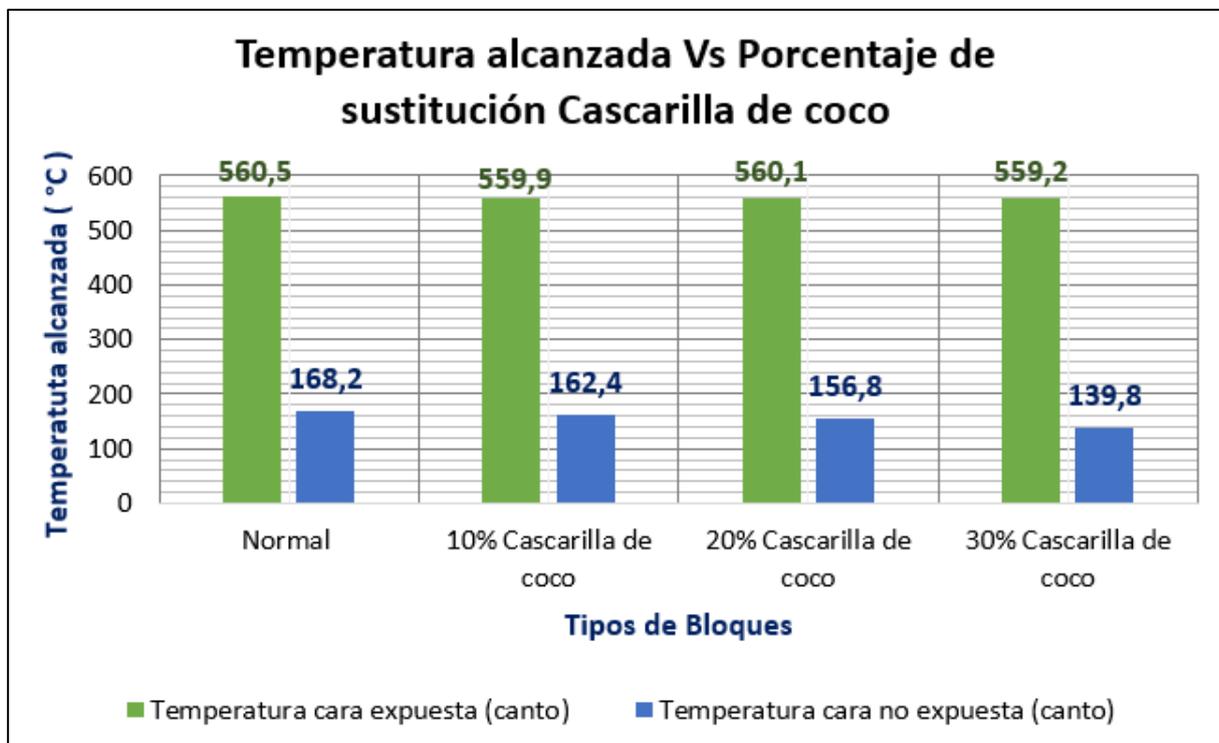
Tabla 35. Resultados de ensayo de resistencia al fuego a los 14 días de edad.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO				
RESISTENCIA AL FUEGO DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 14 DÍAS DE EDAD				
Realizado por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos			
Fecha:	11/05/2019			
Norma:	MÉTODO UCE			
Tiempo de exposición al fuego: 60 minutos en el canto o cara exterior.				
TONOS OCRE				
	Ocre pardo		Ocre rojizo	
	Ocre pardo oscuro		Ocre oro	
Fuente: “Guía de coloraciones” Rosa Gallego y Juan C. Sanz [35]				
Tipo de bloque	Temperatura cara expuesta	Temperatura cara no expuesta	Esquema	Observaciones
Normal	560,5°C	168,2°C		- Superficie: muy caliente al contacto, aparentemente intacto sin ningún cambio - Coloración: calcinación superficial: tono amarillento
10% Sustitución	559,9 °C	162,4°C		- Superficie: medianamente caliente y admisible al tacto - Coloración: calcinación superficial: ligero tono ocre pardo - amarillento

<p>20% Sustitución</p>	<p>560,1 °C</p>	<p>156,8 °C</p>		<p>-Superficie: caliente y admisible al tacto</p> <p>-Coloración: calcinación superficial: tono ocre pardo</p>
<p>30% Sustitución</p>	<p>559,2 °C</p>	<p>139,8 °C</p>		<p>-Superficie: Incineración del hormigón y de las fibras de coco, poca presencia de decarbonatación del material</p> <p>-Coloración: calcinación superficial: tono ocre pardo oscuro.</p>

Fuente: Monserrath Chafla R.

Gráfico 21. Temperatura alcanzada Vs. Porcentaje de sustitución de cascarilla de coco (14 días de edad)



Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

Todos los bloques presentan un grado de calcinación superficial pues alcanzaron temperaturas menores a 600°C. En las fotografías los bloques convencionales no presentan ningún cambio en su apariencia pues al parecer quedaron intactos a pesar de presentar una superficie muy caliente al contacto y un tono amarillento, alcanzaron una temperatura de 560,5 °C luego de haber sido sometidos directamente a la exposición de las llamas.

Sin embargo, los bloques con sustitución mientras más cascarilla de coco poseía la apariencia de los mismos se vio afectada tomando pigmentaciones en tonos ocre (terroso).

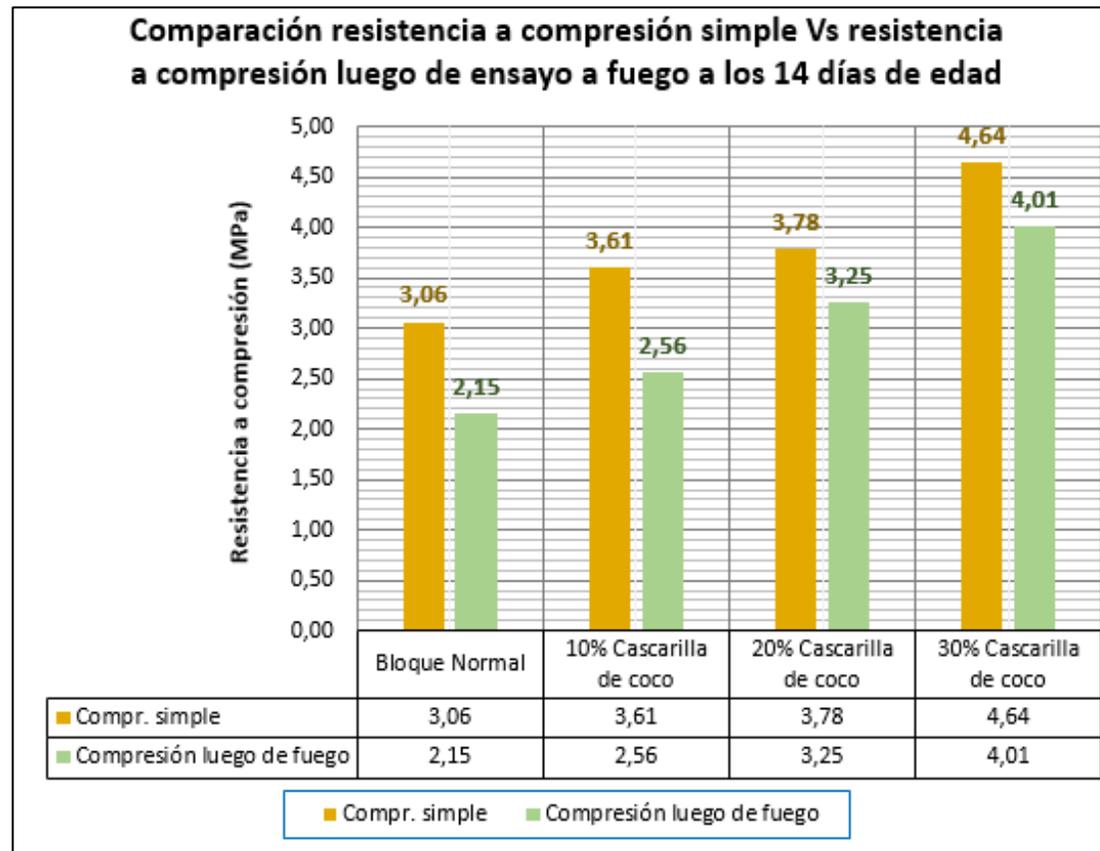
A pesar de la apariencia de estos bloques, la cascarilla de coco transmitió en menor intensidad el calor a la cara no expuesta del mampuesto siendo la temperatura más baja 139,8 °C en bloques de 30% de sustitución, a diferencia de la temperatura en la cara no expuesta del bloque tradicional que fue de 168,2 °C.

Tabla 36. Resistencia a la compresión de bloques normales y bloques con cascarilla de coco luego de ser sometidos a ensayo de resistencia a fuego a los 14 días de edad

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL </div> 											
REALIZADO POR:		Monserrath Carolina Chafla Ríos					FECHA:		2 /07/2019		
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO LUEGO DE SER SOMETIDOS A ENSAYO DE RESISTENCIA A FUEGO A LOS 14 DÍAS DE EDAD											
% Sustitución	Muestra #	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Peso kg	Largo cm	Ancho cm	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia MPa	Resistencia promedio MPa	
0% Bloque NORMAL	1	28/05/2019	11/06/2019	8,43	40	12	289,11	77,05	2,66	2,15	
	2			8,66	40	12	291,00	60,77	2,09		
	3			9,03	40	12	292,14	49,32	1,69		
10% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	11/06/2019	8,52	40	12	294,00	68,72	2,34	2,56	
	2			8,87	40	12	292,14	73,93	2,53		
	3			8,25	40	12	294,00	82,83	2,82		
20% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	11/06/2019	7,93	40	12	297,00	102,35	3,45	3,25	
	2			8,33	40	12	290,28	86,59	2,98		
	3			8,68	40	12	297,00	98,84	3,33		
30% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	11/06/2019	7,36	40	12	292,14	122,92	4,21	4,01	
	2			8,76	40	12	295,17	112,34	3,81		
	3			8,35	40	12	294,00	117,89	4,01		

Fuente: Monserrath Chafla R.

Gráfico 22. Comparación resistencia a compresión simple Vs resistencia a compresión luego de ensayo a fuego a los 14 días de edad



Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

La resistencia bajo notablemente, pues las altas temperaturas debilitan la resistencia del bloque, además que a los 14 días de edad aun no a llegado a su resistencia máxima, llevando al límite incluso a los bloques más fuertes que son los de 30% de sustitución con una resistencia de 4,64 MPa con compresión simple bajando a 4,01 MPa luego del ensayo de fuego.

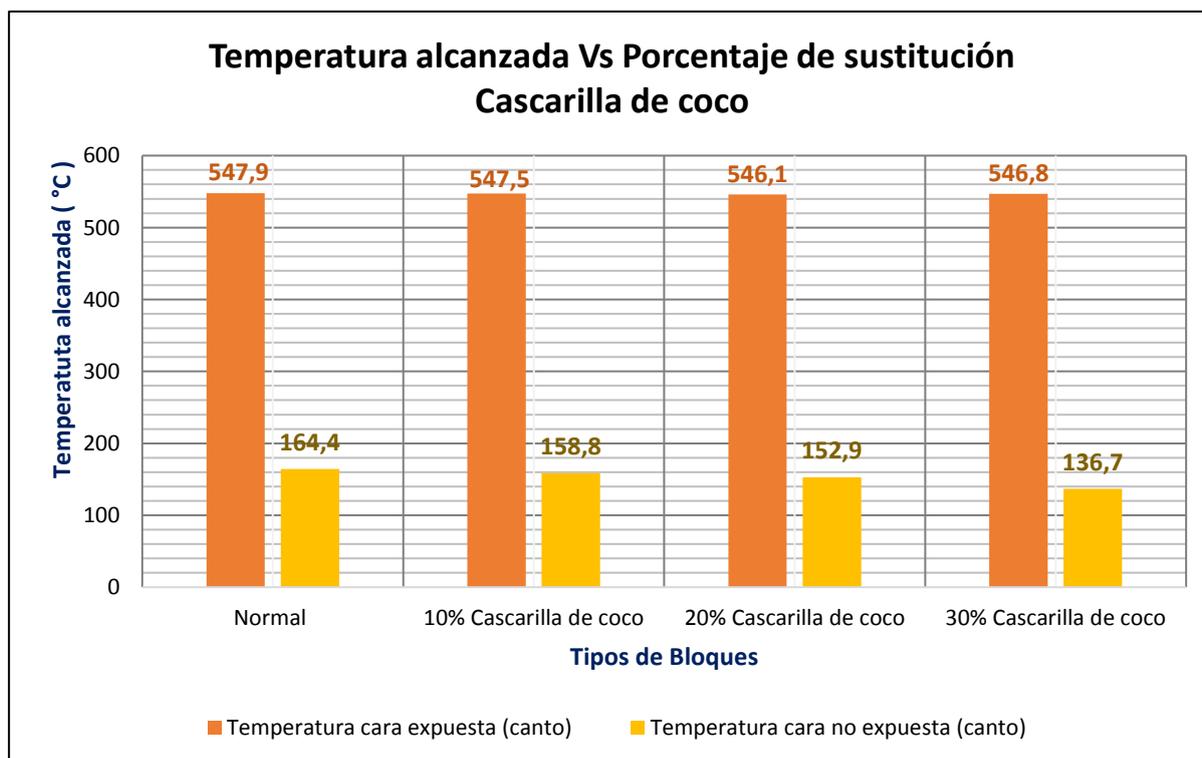
Tabla 37. Resultados de ensayo de resistencia al fuego a los 28 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO				
RESISTENCIA AL FUEGO DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO A LOS 28 DÍAS DE EDAD				
Realizado por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos			
Fecha:	25/05/2019			
Norma:	MÉTODO UCE			
Tiempo de exposición al fuego: 60 minutos en el canto o cara exterior.				
TONOS OCRE				
	Ocre pardo		Ocre rojizo	
	Ocre pardo oscuro		Ocre oro	
Fuente: “Guía de coloraciones” Rosa Gallego y Juan C. Sanz [35].				
Tipo de bloque	Temperatura: cara expuesta	Temperatura: cara no expuesta	Esquema	Observaciones
Normal	547,5°C	164,3°C		- Superficie: sin ningún posible cambio en apariencia. - Coloración: calcinación superficial: tono amarillento o gris natural
10% Sustitución	547,9°C	158,9°C		- Superficie: Incineración superficial del hormigón y fibras de coco - Coloración: calcinación superficial: tono ocre pardo en varias zonas.

<p>20% Sustitución</p>	<p>546,1 °C</p>	<p>152,9°C</p>		<p>-Superficie: Incineración mediana del hormigón y fibras de coco.</p> <p>-Coloración: calcinación superficial: tono ocre rojizo.</p>
<p>30% Sustitución</p>	<p>546,8°C</p>	<p>136,7 °C</p>		<p>-Superficie: Incineración del hormigón y de las fibras de coco, presencia de descarbonatación parcial en la parte central</p> <p>-Coloración: calcinación superficial: tono ocre oro en la parte central y esquinas.</p>

Fuente: Monserrath Chafla R.

Gráfico 23. Temperatura alcanzada Vs. Porcentaje de sustitución de cascarilla de coco (14 días de edad)



Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

Las fotografías muestran que los bloques convencionales siguen sin presentar ningún cambio, por lo tanto, no existe cambio en su apariencia más que un ligero tono amarillo. La máxima temperatura alcanzada por estos bloques fue de 547,5 °C luego de haber sido sometidos directamente a la exposición de las llamas durante una hora.

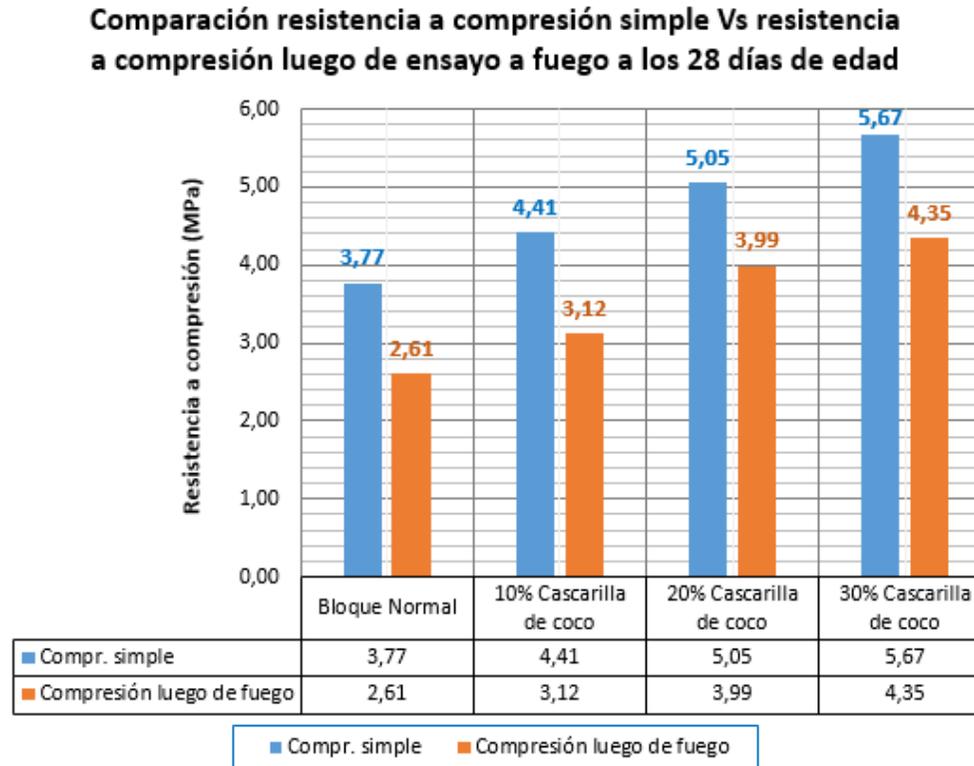
Aparentemente los bloques con sustitución son los más afectados sin embargo se logró disipar el calor en la cara no expuesta del mampuesto siendo la temperatura más baja de 136,7 °C en los bloques al 30% de sustitución por cascarilla de coco, que en la primera prueba a los 14 días obtuvieron un tono ocre pardo oscuro, en esta ocasión tomaron una apariencia ocre oro a los 28 días de edad.

Tabla 38. Resistencia a la compresión de bloques normales y bloques con cascarilla de coco luego de ser sometidos a ensayo de resistencia a fuego a los 28 días de edad

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 											
REALIZADO POR:		Monserrath Carolina Chafla Ríos					FECHA:		3/07/2019		
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO											
<i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO LUEGO DE SER SOMETIDOS A ENSAYO DE RESISTENCIA A FUEGO A LOS 28 DÍAS DE EDAD</i>											
% Sustitución	Muestra #	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Peso kg	Largo cm	Ancho cm	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia MPa	Resistencia promedio MPa	
0% Bloque NORMAL	1	28/05/2019	25/06/2019	8,21	40	12	297,00	77,27	2,60	2,61	
	2			8,63	40	12	291,57	77,18	2,65		
	3			8,62	40	12	296,14	76,40	2,58		
10% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	25/06/2019	8,36	40	12	289,11	95,70	3,31	3,12	
	2			8,24	40	12	291,00	86,72	2,98		
	3			8,25	40	12	297,00	90,88	3,06		
20% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	25/06/2019	7,93	40	12	297,00	125,29	4,22	3,99	
	2			8,43	40	12	290,28	111,98	3,86		
	3			8,22	40	12	297,00	115,85	3,90		
30% Cascarilla de coco	1	28/05/2019	25/06/2019	7,36	40	12	300,00	135,03	4,50	4,35	
	2			8,21	40	12	293,34	123,62	4,21		
	3			8,2	40	12	298,20	129,06	4,33		

Fuente: Monserrath Chafla R.

Gráfico 24. Comparación resistencia a compresión simple Vs resistencia a compresión luego de ensayo a fuego a los 28 días de edad



Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación: Finalmente el gráfico demuestra que a pesar que la resistencia bajó, por las altas temperaturas el bloque que mejor reaccionó es el de sustitución al 30% con 4,35 MPa de resistencia a la compresión, seguido por el de 20% con 3,99 MPa que estaría en su límite, mientras que el bloque normal tiene una considerable baja de resistencia al 2,61 MPa. Se puede decir que, aunque se observó en las fotos que los bloques normales quedaron intactos a la vista en cuanto a resistencia bajaron mucho menos que el límite que pide la norma INEN 3066 de 4,0 MPa.

En cuanto a los bloques con sustitución al 30% a pesar de ser los de peor apariencia lograron disipar el calor y a pesar de la bajada de resistencia a la compresión aún conservan la resistencia límite que permite la norma.

3.1.10 Ensayo de absorción de agua en bloques

Tabla 39. Absorción de agua en bloques normales y bloques con cascarilla de coco

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO				
ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA EN BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO				
Realizado por:	Monserath Carolina Chafra Ríos			
Fecha:	26/06/2019			
Norma:	INEN 642			
Bloque Normal				
Muestra #	Masa saturada Ms	Masa sumergida Mi	Masa seca horno Md	Absorción %
1	10,05	2,96	9,31	7,95
2	9,53	2,86	8,12	17,36
3	9,71	2,73	8,43	15,18
PROMEDIO	9,76	2,85	8,62	13,50
Bloque al 10% Cascarilla de coco				
Muestra #	Masa saturada Ms	Masa sumergida Mi	Masa seca horno Md	Absorción %
1	9,85	2,81	8,82	11,68
2	9,25	2,35	8,11	14,06
3	9,51	2,66	8,37	13,62
PROMEDIO	9,54	2,61	8,43	13,08
Bloque al 20% Cascarilla de coco				
Muestra #	Masa saturada Ms	Masa sumergida Mi	Masa seca horno Md	Absorción %
1	9,16	2,43	8,29	10,49
2	9,39	2,59	8,02	17,08
3	9,74	2,64	8,85	10,06
PROMEDIO	9,43	2,55	8,39	12,54

Bloque al 30% Cascarilla de coco				
Muestra #	Masa saturada Ms	Masa sumergida Mi	Masa seca horno Md	Absorción %
1	8,89	2,38	7,95	11,82
2	9,22	2,42	8,42	9,50
3	9,54	2,33	8,31	14,80
PROMEDIO	9,22	2,38	8,23	12,04

Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

Según los resultados todos los bloques cumplen con el porcentaje de absorción de agua permitida de <15% según la norma INEN 642; no obstante, los bloques con cascarilla de coco que tienen más porcentaje de sustitución, es decir 30%, tiene menos absorción de agua (12,04%), que un bloque normal (13,50%).

3.1.11 Análisis de precios unitarios

Materiales:

- ❖ 1 quintal de chasqui (100kg) = \$ 7,00
- ❖ 1 quintal de polvo blanco (100kg) = \$ 2,00
- ❖ 1 costal de cascara de coco (25kg) = \$ 1,10
- ❖ 1 saco cemento 50kg= \$ 7,00

Mano de Obra:

- ❖ 2 peones

▪ Precio del chasqui

$$\frac{\$ 7,00}{x} = \frac{100 \text{ kg}}{1 \text{ kg}}$$

$$x = \frac{1 \text{ kg} * \$ 7,00}{100 \text{ kg}}$$

$$x = \$ 0,07$$

▪ Precio del polvo blanco

$$\frac{\$ 2,00}{x} = \frac{100 \text{ kg}}{1 \text{ kg}}$$

$$x = \frac{1 \text{ kg} * \$ 2,00}{100 \text{ kg}}$$

$$x = \$ 0,02$$

▪ Precio de la cascarilla de coco

$$\frac{\$ 1,10}{x} = \frac{25 \text{ kg}}{1 \text{ kg}}$$

$$x = \frac{1 \text{ kg} * \$ 1,10}{25 \text{ kg}}$$

$$x = \$ 0,044$$

▪ Precio del cemento

$$\frac{\$ 7,00}{x} = \frac{50 \text{ kg}}{1 \text{ kg}}$$

$$x = \frac{1 \text{ kg} * \$ 7,00}{50 \text{ kg}}$$

$$x = \$ 0,14$$

- **Rendimiento**

$$R = \frac{200 \text{ bloques/día}}{8 \text{ horas}}$$

$$R = 25$$

$$\frac{1}{25} = 0,04$$

Tabla 40. Salarios mínimos sectoriales y tarifas comisión sectorial No. 14

MAMPOSTERO	D2		1406455000090	409.51
PLOMERO	D2		1406455000091	409.51
RESANADOR EN GENERAL	E2	EN CONSTRUCCIÓN	1404269909033	404.24
TINERO DE PASTA DE AMIANTO	E2		1404269909034	404.24
PEÓN	E2		1406452000023	404.24

Fuente: Anexo 1. Estructuras ocupacionales - Salarios mínimos sectoriales y tarifas comisión sectorial No. 14 “Construcción” [35].

- **Salario Mensual de peón = \$ 404,24**

$$\text{Jornal Hora} = \frac{\$ 1,68 \text{ por quintal}}{30 \text{ bloques}}$$

$$\text{Jornal Hora} = 0,056$$

Tabla 41. Análisis de precio unitario bloque normal o tradicional

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO					
Realizado por:	Monserath Carolina Chafla Ríos		Fecha:	12/07/2019	
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO: BLOQUE NORMAL					
A. EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B		D=C*R
Herramienta menor		5% M O		0,056 *5%	0,0028
Mezcladora	1	0,0365	0,0365	0,04	0,0015
Bloquera	1	0,0365	0,0365	0,04	0,0015
Sub-Total (M)				0,0057	
B. MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón	2	0,056	0,112	0,04	0,0045
Sub-Total (N)				0,0045	
C. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Agua	lt	0,713	0,001	0,0007	
Cemento	kg	0,91	0,14	0,1274	
Polvo blanco	kg	2,00	0,02	0,0400	
Chasqui	kg	2,80	0,07	0,1960	
Sub-Total (O)				0,36	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)				0,37	
COSTO INDIRECTO (5%)				0,02	
VALOR TOTAL UNITARIO				0,39	

Fuente: Monserath Chafla R.

Tabla 42. Análisis de precio unitario bloque 10% cascarilla de coco

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO					
Realizado por:	Monserath Carolina Chafla Ríos		Fecha:	12/07/2019	
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO: BLOQUE 10% CASCARILLA DE COCO					
A. EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B		D=C*R
Herramienta menor		5% M O		0,056 *5%	0,0028
Mezcladora	1	0,0365	0,0365	0,04	0,0015
Bloquera	1	0,0365	0,0365	0,04	0,0015
Sub-Total (M)				0,0057	
B. MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón	2	0,056	0,112	0,04	0,0045
Sub-Total (N)				0,0045	
C. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
Agua	lt	0,713	0,001	0,0007	
Cemento	kg	0,91	0,14	0,1274	
Polvo blanco	kg	2,00	0,02	0,0400	
Chasqui	kg	2,50	0,07	0,1750	
Cascarilla de coco	kg	0,30	0,044	0,0132	
Sub-Total (O)				0,36	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)				0,37	
COSTO INDIRECTO (5%)				0,02	
VALOR TOTAL UNITARIO				0,39	

Fuente: Monserath Chafla R.

Tabla 43. Análisis de precio unitario bloque 20% cascarilla de coco

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO					
Realizado por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos		Fecha:	12/07/2019	
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO: BLOQUE 20% CASCARILLA DE COCO					
A. EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B		D=C*R
Herramienta menor		5% M O		0,056 *5%	0,0028
Mezcladora	1	0,0365	0,0365	0,04	0,0015
Bloquera	1	0,0365	0,0365	0,04	0,0015
Sub-Total (M)				0,0057	
B. MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón	2	0,056	0,112	0,04	0,0045
Sub-Total (N)				0,0045	
C. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Costo
		A	Unitario B		C=A*B
Agua	lt	0,713	0,001		0,0007
Cemento	kg	0,91	0,14		0,1274
Polvo blanco	kg	2,00	0,02		0,0400
Chasqui	kg	2,24	0,07		0,1568
Cascarilla de coco	kg	0,56	0,044		0,0246
Sub-Total (O)				0,35	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)				0,36	
COSTO INDIRECTO (5%)				0,02	
VALOR TOTAL UNITARIO				0,38	

Fuente: Monserrath Chafla R.

Tabla 44. Análisis de precio unitario bloque 30% cascarilla de coco

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO					
Realizado por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos		Fecha:	12/07/2019	
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO: BLOQUE 30% CASCARILLA DE COCO					
A. EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B		D=C*R
Herramienta menor		5% M O		0,056 *5%	0,0028
Mezcladora	1	0,0365	0,0365	0,04	0,0015
Bloquera	1	0,0365	0,0365	0,04	0,0015
Sub-Total (M)				0,0057	
B. MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón	2	0,056	0,112	0,04	0,0045
Sub-Total (N)				0,0045	
C. MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Costo
		A	Unitario B		C=A*B
Agua	lt	0,713	0,001		0,0007
Cemento	kg	0,91	0,14		0,1274
Polvo blanco	kg	2,00	0,02		0,0400
Chasqui	kg	1,96	0,07		0,1372
Cascarilla de coco	kg	0,84	0,044		0,0370
Sub-Total (O)				0,34	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)				0,35	
COSTO INDIRECTO (5%)				0,02	
VALOR TOTAL UNITARIO				0,37	

Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

En la tabla N°40 el precio del bloque tradicional es de \$ 0,39 centavos, los resultados obtenidos en la tabla N°41 muestran el precio del bloque con 10% de sustitución de cascarilla de coco que tiene un precio de \$ 0,39 centavos, la tabla N°42 presenta el precio del bloque con 20% de sustitución de cascarilla de coco que es de \$ 0,38 centavos y en la tabla N°43 el precio del bloque con 20% de sustitución de cascarilla de coco tiene un costo de \$ 0,37 centavos.

Tabla 45. Resumen ensayo de absorción de agua y análisis de precios unitarios de bloques normales y bloques con cascarilla de coco.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN TRADICIONAL Y BLOQUES ELABORADOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO POR CASCARILLA DE COCO.		
RESUMEN ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE BLOQUES NORMALES Y BLOQUES CON CASCARILLA DE COCO.		
Realizado por:	Monserrath Carolina Chafla Ríos	
Fecha:	30/07/2019	
Tipo de bloque	Absorción	Costo
Normal	13,50 %	\$ 0,39 centavos
10% Cascarilla de coco	13,08 %	\$ 0,39 centavos
20% Cascarilla de coco	12,54 %	\$ 0,38 centavos
30% Cascarilla de coco	12,04 %	\$ 0,37 centavos

Fuente: Monserrath Chafla R.

Interpretación:

El bloque normal tiene una absorción de agua de 13,50% y un costo de \$ 0,39 centavos, la absorción del bloque con 10% de cascarilla de coco es de 13,08% y un tiene un precio de \$ 0,39 centavos, el precio del bloque con 20% de cascarilla de coco es de \$ 0,38 centavos y tiene una absorción de 12,54% y el bloque con 30% de cascarilla de coco tiene una absorción de 12,04% y un costo de \$ 0,37 centavos.

3.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Mediante análisis de los resultados obtenidos por los diferentes ensayos realizados en los bloques, se puede comprobar que la sustitución parcial del agregado grueso (chasqui), por cascarilla de coco, influye en las diferentes resistencias, pues conforme se aumenta el porcentaje de sustitución la resistencia aumenta tanto para el ensayo de impacto, presentando menos desprendimientos durante el proceso, así como también para el ensayo de resistencia a fuego y compresión.

Además, se establece límites considerables de aceptación de resistencia a la compresión con 10% de sustitución de cascarilla de coco (4,41 MPa) y para resistencia a fuego con 30% de sustitución de cascarilla de coco (4,35 MPa), adicionalmente se determina que todos los bloques tanto normales como con sustitución se definen como bloques livianos ya que son menores a 1680 kg/m³, los cuales son valores requeridos por la NTE INEN 3066.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se determinó que la tendencia general tras los ensayos a compresión, fuego e impacto es subir la resistencia en función del tiempo hasta llegar a su resistencia máxima a los 28 días de edad.
- Se establece que el bloque tradicional adquiere una resistencia a compresión de 3,77 MPa, mientras que al sustituir en un 10%, 20% y 30% de chasqui por cascarilla de coco se adquieren resistencias promedio a compresión de 4,41 MPa, 5,05 MPa, y 5,67 MPa respectivamente todos a los 28 días de edad, estos tres últimos valores son los más altos y cumplen con [4] del capítulo 1.
- Adicionalmente se verifica que las resistencias a compresión alcanzadas por los bloques con sustitución son mayores a 4 MPa, valor mínimo establecido en la norma NTE INEN 3066 para mampostería no estructural, siendo el 30 % de cascarilla de coco el porcentaje óptimo de sustitución con valor de 5,67 MPa, mientras que los bloques normales de 3,77 MPa de resistencia a compresión apenas cumplen con lo establecido por la norma mencionada.
- Los bloques con 10% de sustitución de cascarilla de coco como sustituto parcial del chasqui obtienen una resistencia promedio a la compresión de 4,41 MPa aumentando su resistencia en un 14,51% con respecto al bloque normal de 3,77 MPa a la edad final de 28 días.
- Los bloques con 20% de sustitución de cascarilla de coco como sustituto parcial del chasqui obtienen una resistencia promedio a la compresión de 5,05 MPa aumentando su resistencia en un 25,35% con respecto al bloque normal de 3,77 MPa a la edad final de 28 días.

- Los bloques con 30% de sustitución de cascarilla de coco como sustituto parcial del chasqui obtienen una resistencia promedio a la compresión de 5,67 MPa aumentando su resistencia en un 33,51% con respecto al bloque normal de 3,77 MPa a la edad final de 28 días.
- Se obtuvo que la densidad del bloque normal a los 28 días es $1442,220 \text{ kg/m}^3$, mientras que al sustituir parcialmente el 10%, 20% y 30% de chasqui por cascarilla de coco, presentaron una densidad de $1400,662 \text{ kg/m}^3$, $1392,993 \text{ kg/m}^3$ y $1353,344 \text{ kg/m}^3$ respectivamente, definiendo a todos los bloques como livianos por ser menores a 1680 kg/m^3 según la NTE INEN 3066.
- Al sustituir parcialmente 10% de chasqui por cascarilla de coco en bloques, la densidad alcanzada fue de $1400,662 \text{ kg/m}^3$ disminuyendo la densidad en un 2,88% con respecto al bloque tradicional de $1442,220 \text{ kg/m}^3$ a la edad final de 28 días.
- Al sustituir parcialmente 20% de chasqui por cascarilla de coco en bloques, la densidad alcanzada fue de $1392,993 \text{ kg/m}^3$ disminuyendo la densidad en un 3,41% con respecto al bloque tradicional de $1442,220 \text{ kg/m}^3$ a la edad final de 28 días.
- Al sustituir parcialmente 30% de chasqui por cascarilla de coco en bloques, la densidad alcanzada fue de $1353,344 \text{ kg/m}^3$ disminuyendo la densidad en un 6,16% con respecto al bloque tradicional de $1442,220 \text{ kg/m}^3$ a la edad final de 28 días.
- Se determinó que a medida que el peso (densidad) aumenta la resistencia baja siendo más pesados los bloques tradicionales con $1442,220 \text{ kg/m}^3$ y menos resistentes a compresión con un valor de 3,77 MPa; mientras que los bloques con sustitución óptima que es 30% de cascarilla de coco tienen un peso menor ($1353,344 \text{ kg/m}^3$) y son más fuertes a compresión con un valor de 5,67 MPa, verificando que la cascarilla es de alta dureza y resistencia [30] además de estar clasificada como árido ligero [11] mencionados en el capítulo 1.

- Mediante el ensayo de resistencia al impacto y el ensayo de resistencia al fuego aplicado en bloques normales y en bloques con sustitución por cascarilla de coco en diferentes porcentajes se determinó que conforme se aumenta el porcentaje de sustitución la resistencia en ambos casos aumenta.
- Durante el ensayo de resistencia a impacto se determinó que los bloques normales se rompieron al instante presentando diversas fisuras, desprendimientos mayores y menores al 50% y disgregaciones del material; sin importar la edad; a diferencia de los bloques con sustitución de cascarilla de coco que presentaron menos desprendimientos conforme el porcentaje de reemplazo aumentaba, por lo cual se concluye que estos últimos son más resistentes a los golpes gracias a la constitución del agregado del cual están elaborados dando cumplimiento a lo citado en [11] del capítulo I, pues quedaron casi intactos al momento del ensayo, mostrando pocos desprendimientos mayores al 50% y poca disgregación del material; siendo el porcentaje óptimo de reemplazo el 30% de cascarilla de coco.
- En cuanto al ensayo de resistencia al fuego se determinó que los bloques convencionales no presentan ningún cambio en su apariencia pues quedaron intactos, sin embargo, los bloques con sustitución tomaron una apariencia oscura mientras más sustitución por cascarilla de coco poseían, aparentemente estos últimos bloques resultaron más afectados que los bloques normales.
- Complementando el ensayo de resistencia a fuego se concluye que al realizar el ensayo de compresión de los mismos mampuestos sometidos a la acción directa de las llamas se determinó que a pesar de estar aparentemente intactos los bloques normales bajaron su resistencia de 3,77 MPa a 2,61 MPa quedando muy debajo del límite de 4.0 MPa establecido por la norma NTE INEN 3066, mientras que los bloques con el porcentaje óptimo de sustitución del 30% conservaron su resistencia límite de 4,35 MPa a pesar de su apariencia, debido a la consistencia del agregado parecido a la madera que disipa calor cumpliendo con lo indicado en [11] del capítulo 1.

- Se determinó que el bloque tradicional tiene un porcentaje de absorción de agua de 13,50%, y los bloques con sustitución de 10%, 20% y 30% por cascarilla de coco tienen un porcentaje de absorción de 13,08%, 12,54% y 12,04% respectivamente, por lo cual todos los bloques ensayados cumplen con el porcentaje menor al 15% de la norma NTE INEN 643.
- Resulta ventajoso el uso de cascarilla de coco en cuanto a absorción de los agregados que se utilizan para la elaboración de bloques. Se verificó con los resultados obtenidos del ensayo de capacidad de absorción aplicado a ambos agregados que la cascarilla tiene menos capacidad de absorción de agua (43,34%), que el chasqui (47,22%), lo cual ayuda a controlar el contenido de agua para mantener la relación agua/cemento citado en [30] del capítulo I.
- Al ser un material considerado como residuo agrícola favorece la reutilización de recursos, ayudando al cuidado del medio ambiente reciclando lo que se considera un desecho, siendo un excelente material alternativo utilizado como agregado grueso.
- No se evidenció deterioro de partículas de cascarilla de coco en los bloques, hasta los 28 días de edad, por lo cual aporta durabilidad a los mismos. Además, se evidenció que el material es de fácil uso pues no necesita tratamiento químico para su utilización, por lo cual se puede emplear directamente en obra.
- Una de las posibles desventajas que podría presentar la cascarilla de coco es su obtención en la región sierra, pues el producto es natal de la región costa.
- Los costos para la elaboración de bloques se consideraron según los datos facilitados en la bloquera “San Juan”, cabe resaltar que estos precios pueden variar según la oferta del material ubicación de las minas y el transporte además de esto el costo de la cascarilla de coco varía según su lugar de obtención.
- Analizando los costos de elaboración se determinó que un bloque normal tiene un costo de producción de \$ 0,39 centavos, teniendo una similitud con el bloque de 10% de cascarilla de coco con un precio de \$ 0,39 centavos. La sustitución de la cascarilla de coco disminuye el costo de producción pues tenemos que el

bloque de 20% de cascarilla de coco cuesta \$ 0,38 centavos disminuyendo el precio en \$ 0,01 centavos, seguido del bloque de 30% de cascarilla de coco con un precio de \$ 0,37 centavos disminuyendo el precio en \$ 0,02 centavos con respecto al bloque tradicional concluyendo que; mientras más cascarilla de coco se sustituya el precio del bloque va bajando debido a que la cascarilla se considera un desperdicio y no necesita ningún tipo de tratamiento industrial previo a su uso abaratando su costo en comparación a otros agregados alternativos.

4. 2 RECOMENDACIONES

- Para la curación de los bloques fabricados, regar mínimo una semana luego de su fundición para evitar la pérdida de agua por el fraguado.
- Para la selección de bloques, previo a sus respectivos ensayos sea estos de resistencia a la compresión, fuego o impacto, se debe procurar tapar con plásticos debido al mal clima, evitando así que adquieran humedad excesiva que disminuya su resistencia pues además aumenta su peso por la adquisición innecesaria de agua por las lluvias.
- Tanto durante los ensayos como para la elaboración de los bloques, se debe usar equipo de protección como guantes, mandil, mascarillas para el polvo ya que en el sitio de trabajo se expone a la manipulación de equipos y materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

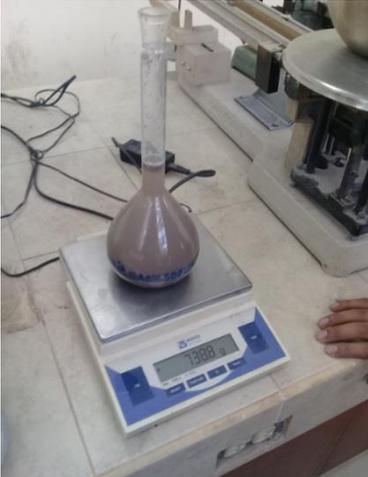
- [1] «Mundo Ingenieril,» 2013. [En línea]. [Último acceso: 3 Abril 2019].
- [2] J. Jara, «dspace.ucuenca,» Septiembre 2015. [En línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22855/1/Tesis.pdf.pdf>. [Último acceso: 3 Abril 2019].
- [3] «SikeBlock,» 29 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <http://silkeblock.com/historia-del-bloque-de-hormigon/>. [Último acceso: 3 abril 2019].
- [4] N. Ganiron, T. U. Ganiron Jr y T. U. Ganiron III, «World Scientific News,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.worldscientificnews.com/wp-content/uploads/2017/05/WSN-772-2017-107-123.pdf>. [Último acceso: 4 Abril 2019].
- [5] T. Orbe, «Sci Dev Net,» 7 Diciembre 2008. [En línea]. Available: <https://www.scidev.net/america-latina/noticias/emplean-fibras-org-nicas-en-construcci-n-sostenibl.html>. [Último acceso: 4 Abril 2019].
- [6] «A. Toca,» 18 Octubre 2013. [En línea]. Available: www.obrasweb.mx/arquitectura. [Último acceso: 16 Enero 2019].
- [7] J. Gonzáles, «Sustentabilidad,» 8 Octubre 2008. [En línea]. Available: <http://www.imcyc.com/ct2008/oct08/sustentabilidad.htm>. [Último acceso: 16 Enero 2019].
- [8] J. Franco, «Plataforma Arquitectura,» 27 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/889483/arquitectura-con-bloques-de-cemento-como-construir-con-este-material-modular-y-de-bajo-costo>. [Último acceso: 16 Enero 2019].
- [9] V. Zambrano, «El Telégrafo,» 14 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/ecuador-materialesdeconstruccion-manabi-esmeraldas-terremoto-16a>. [Último acceso: 16 Enero 2019].
- [10] G. Valdés y J. Rapimán, «SciELO,» 2007. [En línea]. Available: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642007000300010. [Último acceso: 19 Enero 2019].
- [11] A. Shelke, K. Ninghot, P. Kunjekar, S. Gaikwad «International Journal of Civil Engineering Research,» © Research India Publications, 2014. [En línea]. Available: https://www.ripublication.com/ijcer_spl/ijcerv5n3spl_02.pdf. [Último acceso: 16 Enero 2019].

- [12] A. Kanojia, S. K. Jain, «Science Direct,» Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817302556>. [Último acceso: 16 Enero 2019].
- [13] « L. Vega. y M. Burón,» 2007. [En línea]. Available: <https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2017/05/Seguridad-frente-al-fuego-estructuras-hormig%C3%B3n.pdf>. [Último acceso: 14 Enero 2019].
- [14] «Mundo constructor,» [En línea]. Available: <https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/content/a1730002/bloque-de-hormigon/>. [Último acceso: Marzo 21 2019].
- [15] «NTE INEN 3066,» de *BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO*, Quito- Ecuador, 2016, p. 29.
- [16] «NTE INEN 643,» de *Bloques huecos de hormigón. Requisitos*, Quito- Ecuador, p. 7.
- [17] T. Gordillo, «RESISTENCIA AL FUEGO DE LA MAMPOSTERIA DE BLOQUES DE H°,» *Asociación Argentina del Bloque de Hormigón*, p. 3.
- [18] M. Bernal y N. Palacio, «dspace.uce,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14877>. [Último acceso: 10 Abril 2019].
- [19] R. Morgan, «biblioteca.usac,» Mayo 2006. [En línea]. Available: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_0803.pdf. [Último acceso: 10 Abril 2019].
- [20] W. Santacruz y E. Velasteguí, «bibdigital.epn,» Abril 2018. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19369>. [Último acceso: 20 Marzo 2019].
- [21] «NTE INEN 872,» de *Áridos para hormigón. Requisitos*, Quito- Ecuador, 1982, p. 21.
- [22] «NTE INEN 152,» de *Cemento portland. Requisitos*, Quito- Ecuador, 2012, p. 19.
- [23] V. Chicaiza, «repositorio.uta,» Julio 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26499?mode=full>. [Último acceso: 20 Mayo 2019].
- [24] «Frutas y Hortalizas,» [En línea]. Available: <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Coco.html>. [Último acceso: 6 Mayo 2019].
- [25] «Botanical-online,» 22 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.botanical-online.com/alimentos/aceite-palma-caracteristicas>. [Último acceso: 5 Mayo 2019].

- [26] «La palma africana y su producción,» *LA HORA*, p. 1, 10 SEPTIEMBRE 2011.
- [27] «InfoAgro,» [En línea]. Available: https://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_corto_de_guinea_aabora.htm. [Último acceso: 21 Mayo 2019].
- [28] «Oleodavila,» [En línea]. Available: <http://www.oleodavila.com/wp-content/uploads/2017/07/4.-Ficha-Te%CC%81cnica-Cascarilla-de-Palma.pdf>. [Último acceso: 25 Mayo 2019].
- [29] «Palmeras de Puerto Wilches PPW,» [En línea]. Available: <https://www.palmwil.com/cascarilla/>. [Último acceso: 10 Mayo 2019].
- [30] «Cienciaplus,» 6 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://www.europapress.es/ciencia/laboratorio/noticia-cascara-coco-inspira-edificios-mas-resistentes-terremotos-20160706171419.html>. [Último acceso: 21 Mayo 2019].
- [31] M. Almada, M. Cáceres, M. Machaín y J. Pulfer, «UNESCO: © Fundación Celestina Pérez de Almada,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-Guiasecaderosolar.pdf>. [Último acceso: 21 Mayo 2019].
- [32] A. Zambrano, «dspace.uce,» 4 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6935>. [Último acceso: 16 Mayo 2019].
- [33] D. Sánchez, «Acciones Físicas: Ataque por fuego,» de *Durabilidad y patología del concreto*, Colombia, 2006, pp. 123-125.
- [34] M. Garzón, «Seminario de Investigación sobre el módulo de elasticidad del Hormigón,» 2010.
- [36] R. Gallego y J. Sanz, «Guía de coloraciones», 2005
- [35] «Pudeleco,» 2019. [En línea]. Available: https://www.pudeleco.com › files › MinTrabajo_Tablas_Salariales_2019. [Último acceso: 10 Junio 2019].

ANEXOS

A.) ENSAYOS DE LOS MATERIALES

<p>Granulometría agregado grueso: chasqui</p>	<p>Granulometría agregado grueso: cascarilla de coco</p>
	
<p>Granulometría agregado fino: polvo</p>	
	
<p>Densidad real polvo</p>	<p>Densidad real chasqui</p>
	

<p>Densidad real cascarilla de coco</p>	<p>Densidad real cemento</p>
	
<p>Densidad aparente suelta cascarilla de coco</p>	<p>Densidad aparente compactada polvo</p>
	
<p>Densidad aparente compactada cascarilla de coco</p>	<p>Densidad aparente compactada chasqui</p>
	

Densidad aparente compactada de la mezcla



Capacidad de absorción de los agregados

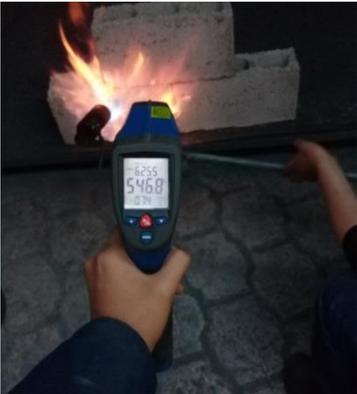


B.) ENSAYOS DE RESISTENCIAS A COMPRESIÓN, FUEGO E IMPACTO

Preparación de las muestras para los diferentes ensayos	
Identificación de las diferentes muestras	Bloques cubiertos con plástico para protegerlos del mal clima previo a ensayos
	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN	
Medición del bloque	Bloque listo para el ensayo en la máquina de compresión
	
Bloque antes del ensayo a compresión	Bloque luego del ensayo a compresión
	

Fallas en los bloques presentadas por el ensayo a compresión	
Bloque normal	Bloque 10% cascarilla de coco
	
Bloque 20% cascarilla de coco	Bloque 30% cascarilla de coco
	
Partículas de cascarilla de coco	
	

ENSAYO DE RESISTENCIA A FUEGO	
Temperatura tomada con el pirómetro	Exposición directa de las llamas en los bloques
	

Ensayo de resistencia a compresión de bloques luego de haber sido expuestos a fuego	
Bloque sometido a fuego colocado para ensayar a compresión	Fallas en el bloque anteriormente sometido a fuego luego del ensayo a compresión
	

ENSAYO DE RESISTENCIA A IMPACTO	
Caída de bloque para prueba de impacto	Bloque ensayado a impacto
	

C.) ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA

Bloques en estado de saturación	Toma de la masa del bloque en el aire
	
Toma de la masa del bloque sumergido en agua	Bloques en el horno
	
Toma de la masa del bloque luego de haber permanecido 24 horas en el horno	
	

