



Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

“Estudios comparativos entre hormigones tradicionales vs hormigones livianos aislantes, obtenidos de la ceniza de la quema de madera y cubos de madera como agregados finos y gruesos.”

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Tecnólogo en Construcción y Domótica.

Profesor guía

Ing. Ramiro Erazo

Autor

Baquilema Yumisaca Alex Fernando

Año

2018

DECLARACIÓN DE PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, (Estudios comparativos entre hormigones tradicionales vs hormigones livianos aislantes, obtenidos de la ceniza de la quema de madera y cubos de madera como agregados finos y gruesos.), a través de reuniones periódicas con el estudiante Alex Fernando Baquilema Yumisaca, en el semestre (2018-10), orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "H. Guzmán", is written over a horizontal dotted line.

Docente Guía.

DECLARACIÓN DE PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, (Estudios comparativos entre hormigones tradicionales vs hormigones livianos aislantes, obtenidos de la ceniza de la quema de madera y cubos de madera como agregados finos y gruesos.), del estudiante Alex Fernando Baquilema Yumisaca, en el semestre (2018-10), dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



Docente corrector

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las Disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal dotted line. The signature is cursive and appears to be 'Antonio López'.

Autor.

Agradecimientos

Ha sido un camino lleno de experiencias que han formado mi carácter.

PORQUE ASI DICE JEHOVA

“no tengas miedo porque YO estoy contigo, no desmayes porque YO soy tu DIOS, que te da fuerza, no te dejare, siempre te ayudare y siempre te sostendré, con la diestra de mi justicia”.

Isaías 41:10

Mi enorme gratitud a la UDLA y a todos sus colaboradores, que directa o indirectamente han sido parte fundamental para el cumplimiento de mi carrera estudiantil.

En este punto agradezco al Arq. Francisco Zaldumbide. Coordinador de la carrera de que ha sabido Tecnología en Construcciones y Domótica, guiarnos de la mejor manera a lo largo de todo este tiempo de estudio. Así también al ing. Ramiro Erazo, quien con sus conocimientos ha colaborado en la elaboración de mi trabajo de titulación, Mil gracias.

Para finalizar, y de manera muy especial agradezco, a toda mi familia, a mis padres, a mis hermanos y hermanas, gracias por estar siempre ahí cuando yo los necesito, nunca podré pagarles el amor que me demuestran.

Dedicatoria

Después de estos tres años de arduo trabajo y de grandes experiencias vividas. Quiero dedicar este proyecto de Tesis, a mi Padre Celestial, a Él y a nadie más le debo lo que soy, desde el día que me formo hasta el hoy, dedico también este proyecto a toda mi familia que después de Dios ha sido el pilar más fuerte en el que me he podido apoyar, por y para ustedes este logro.

Así también dedico esta tesis a mi iglesia local y a todos los hermanos en la fé, gracias por sus oraciones.

Dios los bendiga

Resumen

El trabajo que se presenta a continuación tiene como objetivo general la elaboración de un hormigón alivianado, obtenido de materiales no convencionales (ceniza y cubos de madera como agregados) y que además cuenten con la característica de aislante térmico.

Como objetivos específicos se propone realizar ensayos como: contenido orgánico en los agregados, especímenes probeta, asentamiento y trabajabilidad, así como monitoreo en piscinas de curado y resistencia a la compresión.

En los primeros dos capítulos del proyecto presentamos una breve reseña de los hormigones convencionales y alivianados, así como los conceptos y definiciones de los mismos, y de cada uno de los componentes de los cuales están conformados,

En el tercer capítulo nos centramos en la metodología de todos los ensayos a realizar. Y en los últimos capítulos presentamos la interpretación de los resultados de cada ensayo, concluyendo que el estudio ha sido muy provechoso con respecto a la elaboración del hormigón propuesto al inicio del proyecto, exceptuando el reemplazo total del agregado fino.

, Así también la propiedad de aislante térmico otorga una nueva alternativa si tomamos en cuenta la variabilidad del clima en nuestro país, y que resulta problemático para las edificaciones que no cuentan con un aislante térmico que proteja al usuario de la vivienda, de las variaciones de la temperatura exterior.

ABSTRACT.

The work presented below has as a general objective the elaboration of a relieved cement, obtained from conventional materials and the characteristic of thermal insulation.

As specific objectives, tests have been presented such as: organic content in the aggregates, test specimens, settlement and workability, as well as monitoring in curing pools and resistance to compression.

The first two chapters of the project we present a brief review of conventional and relieved concretes, as well as the concepts and definitions of them, and of each one of the components of which they are conformed,

In the third chapter we focus on the methodology of all the tests to be performed. And in the latter cases, the conclusion that the results of each trial, and those concluded with the conclusion that the study has been very helpful with respect to the formulation of work in the country, were at the beginning of the project, except that the total replacement of the fine aggregate.

The use of relieved concrete is presented as an alternative in our country, where it has been proven that thanks to its low weight and density, reduce the risk of building collapses, in the event of a seismic movement (very common in Ecuador). Also, the property of thermal insulation offers a new alternative if we take into account the variability of the climate in our country, and that is a problem for buildings that do not have a thermal insulation that protects the user of the house, the variations of the outside temperature.

INDICE

CAPITULO I GENERALIDADES.....	1
1.1 Tema o Título del proyecto.....	1
1.2 Antecedentes.....	1
1.3- Planteamiento del problema.....	2
1.3.1 Causas.....	2
1.3.1.1 La poca capacidad del hormigón para retener temperatura en su interior.	2
1.3.1.2 la exposición directa de la estructura de hormigón a los cambios de temperatura exterior.	3
1.3.1.3 la conversión del hormigón en un elemento compacto de peso muerto al fraguarse.	3
1.3.2 Efectos.....	3
1.3.2.1.- Gasto extra en aislamiento térmico.	3
1.3.3 Solución.....	4
1.3.4 Aporte.-	4
1.4 Objetivo general.	4
1.5.- Objetivos específicos.....	4
1.5.1. Verificación de agregados.	4
1.5.2. Ensayos.....	5

1.5.3 monitoreo de la evolución de probetas de hormigón durante el tiempo de reposo.....	5
1.5.4 Ruptura de probetas.	5
1.6 Hipótesis.....	6
Capitulo II MARCO TEORICO.....	7
2.1 Hormigón convencional.	7
2.2 CARACTERISTICAS DEL HORMIGON.....	7
2.2.1 Docilidad. -.....	7
2.2.2 Resistencia. -	7
2.2.3 Durabilidad. -	8
2.2.4Permeabilidad.....	8
2.2.5 Fluencia	8
2.3 TIPOS DE HORMIGON.....	8
2.3.1 Por su uso en la construcción.....	9
2.3.1.1 Hormigón simple o en masa. -.....	9
2.3.1.2 Hormigón armado. -.....	9
2.3.1.3 Hormigón pretensado. -.....	9
2.3.2 Por su resistencia.	9
2.3.2.1 Hormigón de alta resistencia (H.A.R).	10
2.3.2.2 Hormigones ligeros o livianos. -.....	10

2.4 Componentes del hormigón.....	11
2.4.1 Áridos.....	11
2.4.2 Áridos gruesos.....	11
2.4.3 Naturaleza.....	11
2.4.3.1 Cilicios.....	11
2.4.3.2 Calizos. -.....	12
2.4.3.3 Graníticos. -.....	12
2.4.3 Áridos finos.....	13
2.4.3.1 Características. -.....	13
2.4.3.2 Gruesas. -.....	13
2.4.3.3 Medias. -.....	13
2.4.3.4 Finas. -.....	14
2.4.4 GRANULOMETRIA.....	14
2.4.5 Módulo de finura de la arena.....	14
2.5 Cemento portland. -.....	15
2.5.1 Definición.....	16
2.5.2 Elementos componentes del cemento.....	17
2.5.2.1 Clinkeres portland. -.....	17
2.5.2.2 Puzolanas naturales. -.....	17

2.5.2.3 Cenizas Volantes. -.....	18
2.5.3 Proceso de fabricación del cemento.	18
2.5.3.1.- La captación de materias básicas.-	18
2.5.3.2.- Molienda y la cocción de las materias primas.-	18
2.5.3.3.- Molienda del cemento	18
2.5.3.4. Almacenamiento. -.....	18
2.5.4 Características del cemento.	19
2.5.4.1 Fraguado. -	19
2.5.4.2 Fluidez o expansión. -.....	20
2.5.4.3 Módulo de finura. -.....	20
2.5.4.4 Resistencia mecánica.-.....	21
2.6 AGUA DE AMASADO.....	22
2.7 Aditivos modificadores de las propiedades del hormigón.....	23
2.7.1 LOS ADITIVOS POR SUS PROPIEDADES SE CLASIFICAN EN: ..	24
2.8 Hormigones alivianados con propiedades de aislante térmico. ..	24
2.9 MADERA.....	25
2.9.1 Propiedades de la madera.....	25
2.9.1.1 Baja densidad.....	25
2.9.1.2 Resistencia a la compresión. -.....	26

2.9.1.3 Resistencia a la tracción.....	26
2.9.1.4 Flexión. -.....	26
2.9.1.5 Pobre conductor eléctrico.....	26
2.9.1.6 Textura	26
2.10 Ceniza de madera.....	27
CAPITULO III...METODOLOGIA.....	29
3.1 Diseño.....	29
3.2 Especificaciones de diseño.-.....	29
3.3 Materiales utilizados en estudio.....	30
3.3.1 Arena. -	30
3.3.2 Ripio. -	30
3.3.3.- Cemento. -.....	31
3.3.4.- Ceniza	31
3.3.5 Madera:.....	31
3.4 Ensayos de laboratorio.	33
3.4.1 Contenido orgánico en agregado fino.	33
3.4.2 Granulometrías de agregados.	35
3.4.3 Densidad de agregados.....	39
3.4.4 Determinación del porcentaje de ceniza que se incluirá en la mezcla.	40

3.4.5 Elaboración de especímenes de hormigón.	47
3.4.5.1 Especímenes patron (proceso de elaboración).	48
3.4.5.2 Pruebas de asentamiento.....	49
3.4.5.3 Elaboracion de especímenes.....	51
3.4.5.4 Especímnes con el agregado propuesto(ceniza).....	54
3.4.6 Propiedad aislante.	56
3.4.7 Análisis de costos.	59
CAPITULO IV INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	62
4.1 Análisis técnico.	62
4.1.1 Porcentaje de agregado fino propuesto (ceniza).	62
4.1.2 Hormigón, reacciones con reemplazo de agregados (elaboración): .	65
4.1.3 Asentamiento.....	65
4.1.4 Resistencia.	66
4.1.5 Densidad.....	69
4.1.6 Propiedades aislantes.....	70
4.1.7 Costos de elaboración.	71
4.2 Validación de tesis.	72
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..	74
5.1 Viabilidad de tesis.	74

5.2 Propiedad aislante.-	74
5.3 Costo beneficio	75
5.4.- RECOMENDACIONES.	75
5.5 los materiales y equipos usados en este estudio fueron obtenidos de:	75
Referencias.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Áridos de hormigón.....	11
FIGURA 2. Áridos finos.	13
FIGURA 3. Prim. Construcciones con aglutinantes a base de cal.....	15
FIGURA 4. Proceso de fabricación de cemento.....	19
FIGURA 5. Superficie específica de Blaine.....	21
FIGURA 6. Ensayo de resistencia a la compresión de probetas de hormigón.	22
FIGURA 7. Agua de amasado.....	23
FIGURA 8. Aditivos modificadores de hormigón.	23
FIGURA 9. Ceniza de madera.....	28
FIGURA 10. Agregado fino santa maría.....	30
FIGURA 11. Agregado grueso MINA SANTA MARÍA.	30
FIGURA 12. Cemento SELVALEGRE.....	31
FIGURA 13. Fábrica de ladrillos Sector MARCOS PAMBA.	31
FIGURA 14. Proceso de curado de madera.....	32
FIGURA 15. Cubos de madera.	32
FIGURA 16. Ensayo de contenido orgánico en agregado fino.	34
FIGURA 17. Muestra y tabla de colores de tolerancia de contenido orgánico.	34
FIGURA 18. Agregado fino cantidad para ensayo.	35

FIGURA 19. Agregado fino tamizado.	35
FIGURA 20. Agregado grueso cantidad para ensayo.	37
FIGURA 21. Agregado grueso tamizado.	37
FIGURA 22. Ceniza tamizada.	39
FIGURA 23. Agregados para ensayo de densidad.	39
FIGURA 24. Proceso de apisonado de agregado.	40
FIGURA 25. Muestra apisonada.	40
FIGURA 26. Muestra patrón (arena, agua, cemento).....	41
FIGURA 27. ceniza al 5%.....	41
FIGURA 28. ceniza al 10%.....	42
FIGURA 29. ceniza al 15%.....	42
FIGURA 30. Especímenes en moldes de encofrado.....	43
FIGURA 31. especímenes en piscina de curado.....	43
FIGURA 32. Resistencia a la compresión de especímenes.....	47
FIGURA 33. Pesaje de materiales para elaboración de hormigón.	48
FIGURA 34. Colocación de materiales en mezcladora.	49
FIGURA 35. Colocación de hormigón en cono.....	49
FIGURA 36. Enrazamiento de hormigón.....	50
FIGURA 37. Hormigón compacto.....	50
FIGURA 38. Hormigón segregado.	50

FIGURA 39. Llenado de probetas	52
FIGURA 40. Apisonado de probetas	52
FIGURA 41. Especímenes a ensayar	52
FIGURA 42. Pesaje de materiales para especímenes con agregado propuesto	54
FIGURA 43. Temperatura de fuente de calor.....	57
FIGURA 44. Probeta expuesta al calor.	57
FIGURA 45. Evolución de resistencias por kg/cm ² durante 28 días.	63
FIGURA 46. Evolución de asentamientos durante 60 minutos.....	66
FIGURA 47. Evolución de resistencias de probetas de hormigón por kg/cm ² durante 28 días.	69
FIGURA 48. diferencia del paso de calor en probetas	71
FIGURA 49. diferencia de costos de elaboración de 1m ³ de hormigón	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 descripción de hormigones según su resistencia	9
Tabla 2 clasificación de hormigones ligeros	10
Tabla 3 clasificación de áridos gruesos.....	12
Tabla 4 tamaño de mallas para tamizado de agregado fino.....	14
Tabla 5 Prescripción de resistencias mecánicas y físicas del cemento	17
Tabla 6 Curva de fraguado de cemento	20
Tabla 7 Propiedades de la madera	27
Tabla 8 Propiedades físicas de madera (Laurel).....	33
Tabla 9 curva granulométrica arena.....	36
Tabla 10 curva granulométrica agregado grueso	38
Tabla 11 dosificación de agregados para ensayo de morteros en cubos de 50mm de arista.....	44
Tabla 12 dosificación de agregados para ensayo de morteros en cubos de 50mm de arista (adicionales)	45
Tabla 13 resistencia a la compresión en cubos de 50mm de arista durante 28 días	46
Tabla 14 comparación de asentamientos diseño patrón vs diseño propuesto	51
Tabla 15 dosificación mezclas prototipo.....	53
Tabla 16 Dosificación de materiales diseño propuesto	55
Tabla 17 Paso de calor por probeta patrón	58

Tabla 18 paso de calor por probeta diseño	59
Tabla 19 Diferencia de costos entre hormigones (1m3).....	60
Tabla 20 diferencia de costos entre hormigones (1kg).....	61
Tabla 21 dosificación de agregados para ensayo de morteros en cubos de 50mm de arista.....	64
Tabla 22 resistencia de hormigones durante 28 días.....	67
Tabla 23 pesos y densidades del hormigón	70

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 Tema o Título del proyecto

Estudios comparativos entre hormigones tradicionales vs hormigones livianos aislantes, obtenidos de la ceniza de la quema de madera y cubos de madera como agregados finos y gruesos.

1.2 Antecedentes.

Los hormigones livianos se han constituido en una opción constructiva desde hace mucho tiempo, conjuntamente con el hormigón convencional han sido utilizados por los beneficios que se han encontrado en su elaboración, como baja densidad y aislamiento térmico, así como sismo resistencia.

Este hormigón que tiene como característica su bajo peso, depende de los agregados con el que es elaborado. Los mismos que se pueden encontrar de forma natural de la ceniza volcánica o de la quema de madera como agregado fino o poliestireno (elemento manufacturado) como agregado grueso.

Los países donde más se ha utilizado este tipo de hormigones han sido Europa y Asia, gracias a las propiedades que brinda este elemento contra el clima inclemente que existe en estos lugares, en América y aun en los Estados Unidos este tipo de hormigón no ha tenido mucha acogida, tal vez por la falta de fuentes naturales que otorguen estos agregados o tal vez porque ellos poseen tecnologías mucho mayores a la que presenta este hormigón en caso de aislantes u hormigones de baja densidad.

En el Ecuador no se conoce de construcciones con agregados que presenten las propiedades de livianos, aunque este país cuenta con fuentes naturales para extraer agregados finos por la cantidad de volcanes que existen.

Cabe recalcar que el agregado manufacturado representa un costo mayor al convencional (por el proceso de elaboración) que bien vale la pena estudiar pues puede ser amortizado si se planea construir en la sierra ecuatoriana donde reduciría el costo del aislamiento térmico y que también daría como resultado una vivienda sismo resistente por el peso menor que tendría del 50% menor al peso de una vivienda convencional, considerando la diferencia de densidad por m³ que puede alcanzar cada uno. (2400kg/m³ H. convencional, 1800kg/m³ H. liviano.)

1.3- Planteamiento del problema.

El nulo aislamiento térmico del hormigón y su peso excesivo que representa el 75% de la carga total que soporta una edificación.

El hormigón es un material de construcción que se obtiene de la mezcla de argamasas (ARENA, CEMENTO, AGUA) con granulado grueso de un tamaño determinado que tiene por objetivo formar la estructura requerida por él que lo utiliza, sin embargo este material no posee ningún aislante térmico como propiedad por lo que en climas fríos como en la sierra ecuatoriana es un problema para los usuarios, pues genera gasto adicional en aislamiento térmico en una vivienda, así también el peso del hormigón convencional representa cierto riesgo al momento de un movimiento telúrico ya que y por ende es un factor que incide en la respuesta de la edificación ante estos fenómenos naturales.

1.3.1 Causas.

1.3.1.1 La poca capacidad del hormigón para retener temperatura en su interior.

El hormigón al igual que los agregados que lo componen al ser minerales sólidos, no tienen la capacidad retener la temperatura en su interior es por ello que no sirven como aislamiento térmico.

1.3.1.2 la exposición directa de la estructura de hormigón a los cambios de temperatura exterior.

El hormigón adopta la temperatura al que está expuesto y al no contar con un aislante que impida el ingreso o salida de la temperatura de la edificación provoca que el ambiente interno muchas veces no sea el adecuado para el usuario.

1.3.1.3 la conversión del hormigón en un elemento compacto de peso muerto al fraguarse.

El hormigón está construido por elementos que al fraguarse hace que se convierta en una especie de piedra compacta sin ningún espacio en su interior, esto hace que la estructura no tenga ninguna resistencia a la flexión en caso de sismos.

1.3.2 Efectos.

1.3.2.1.- Gasto extra en aislamiento térmico.

El nulo aislamiento térmico del hormigón conllevará a que el usuario instale aislantes de recubrimientos adicionales que significaran mayores gastos.

Perdida de energía al utilizar equipos de calefacción o aire acondicionado en el interior de la edificación.

El gasto de energía será mayor al adquirir aparatos eléctricos, como calefactores, termostatos, o ventiladores que brinden el confort térmico que el usuario desea, aumentando así la contaminación hacia el ambiente.

Baja resistencia a la flexión, y poca respuesta en caso de un movimiento sísmico.

1.3.3 Solución.

Realizar un estudio comparativo del hormigón con los agregados convencionales contra un hormigón liviano con agregados de menor peso como ceniza proveniente de la quema de madera (agregado fino) y cubos de madera del diámetro determinado (agregado grueso).

1.3.4 Aporte.- Elaborar estudios entre hormigones con agregados menos pesados como la ceniza obtenida de la quema de madera y cubos de madera, verificar su resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, y la propiedad aislante, y compararlos contra el hormigón convencional, para así encontrar los usos que se darían a este tipo de hormigones denominados livianos.

1.4 Objetivo general. Realizar estudios a hormigones con agregados no convencionales de menor peso para la elaboración de un hormigón de menor peso, menor densidad y con propiedad de aislante térmico, verificar su resistencia a la compresión, su resistencia a la tracción y su propiedad aislante contra el hormigón convencional, para así encontrar el uso adecuado para estos hormigones.

1.5.- Objetivos específicos.

1.5.1. Verificación de agregados.

Realizar estudios a los agregados para verificar su óptima condición, libre de residuos o componentes que contaminen el hormigón.

Entregables: fotografías de resultados de ensayos de los agregados que avalen que están libres de cualquier tipo de contenido orgánico y son aptos para su uso.

1.5.2. Ensayos.

Realizar los ensayos de hormigones, para verificar su trabajabilidad, hidratación, plasticidad y asentamientos con los respectivos agregados y verificar datos contra el hormigón compuesto de agregados convencionales.

Entregables: fotos testigo de la mezcla del hormigón, datos obtenidos en la prueba de cono de Abrams para verificar medidas de asentamiento del hormigón, llenado de probetas.

1.5.3 monitoreo de la evolución de probetas de hormigón durante el tiempo de reposo.

Monitoreo de probetas de hormigones será en los siguientes días 3-7-14-21-28 días respectivamente en piscinas de curado.

Entregables: hojas de datos obtenidos durante el tiempo de reposo en piscinas de curado.

1.5.4 Ruptura de probetas.

Realizare pruebas de ruptura de probetas testigo para así verificar resistencias a la comprensión, también realizaré pruebas de resistencia a la tracción del hormigón y sus propiedades aislantes.

Entregables: Hojas de resultados obtenidas en las pruebas correspondientes y fotos testigo.

1.6 Hipótesis.

El uso de agregados no convencionales utilizados (madera y ceniza de madera), permitirán fabricar un hormigón más liviano, con baja densidad y con propiedad de aislante térmico, reduciendo así el peso del hormigón convencional y dando a la edificación propiedades de sismo resistente, también reducirá costo de aislamiento y ayudará al ahorro de energía.

Capitulo II MARCO TEORICO

2.1 Hormigón convencional.

Definición. -

El hormigón convencional es un material utilizado en grandes cantidades en la industria de la construcción, El hormigón (concreto en varios países de Ibero-América) es una mezcla de: cemento, agua y áridos como componentes principales. Además, pueden añadirsele adiciones (hasta un 35% del peso de cemento, dependiendo del tipo de adición) y aditivos (el 5% del cemento) el objetivo de las adicionales y los aditivos se emplean para mejorar alguna de las propiedades del hormigón, aunque en la práctica las adiciones se emplean sobre todo para abaratar el precio final del hormigón. (MONTES & MARTÍN, 2007, pág. 20)

Este tipo de hormigones no dependen de factores externos que modifiquen sus propiedades (tomando las consideraciones del lugar) y sus usos son extensos, como lozas, plintos, cadenas, cimentaciones. Etc.

2.2 CARACTERISTICAS DEL HORMIGON.

El hormigón para que sea considerado como un material apto para utilizarlo debe presentar las siguientes características.

2.2.1 Docilidad. - Esto quiere decir la trabajabilidad que presenta el hormigón como aptitud en su estado líquido, desde el momento en el que es fabricado, su traslado hasta el momento en el que es depositado en el lugar requerido.

2.2.2 Resistencia. - La capacidad del hormigón de resistir cargas puntuales por cm², esto dependerá del tipo de agregado que se ocupe en el hormigón,

así como la **dosificación adecuada**. Esta propiedad se la estudia en el estado sólido del hormigón.

2.2.3 Durabilidad. - Su durabilidad se la mide con el transcurso del tiempo, un hormigón bien constituido permanecerá inalterable con el paso de los años, soportando ambientes agresivos como la humedad, la abrasión, las heladas.

2.2.4 Permeabilidad. Está en una propiedad en la que el hormigón permite el acceso de agua, esto se debe a la cantidad el agua de amasado incluida en el cemento de la pasta de concreto (a/c) mientras mayor sea esta relación mayor será permeabilidad del hormigón, y más propenso a potenciales agresiones.

2.2.5 Fluencia La fluencia se define como la deformación adicional obtenida como consecuencia de aplicar una carga y mantenerla en el tiempo.

Cuando se aplica una carga constante a una probeta de hormigón de 28 días de edad (punto A) se obtiene una deformación instantánea: AB. Según avanza el tiempo, si se mantiene la carga, se observa que la deformación sigue creciendo. Esa deformación adicional es la fluencia. En un instante cualquiera C. (MONTES & MARTÍN, 2007, pág. 21)

2.3 TIPOS DE HORMIGON.

Existen varios tipos de hormigones clasificados por su densidad, resistencia, ductilidad peso específico y uso en la construcción.

2.3.1 Por su uso en la construcción.

2.3.1.1 Hormigón simple o en masa. -

Utilizado como único elemento, este hormigón es utilizado para fundiciones de pavimentos, calles, veredas, aceras, bordillos etc.

2.3.1.2 Hormigón armado. -

Este tipo de hormigón se lo complementa con una estructura de acero, comúnmente utilizada en la construcción de toda edificación, así como obras que requieran soportar grandes cargas de presión.

2.3.1.3 Hormigón pretensado. -

En este método constructivo el hormigón es sometido aun tensado por medio de barras de acero, cables, o cordones de alta resistencia.

2.3.2 Por su resistencia.

Tabla 1. Descripción de hormigones según su resistencia

Tipos	HM HA HP	Hormigón en masa Hormigón armado Hormigón pretensado
Resistencias	40 50 60 70 80 90 100 F L Otras	Masa, armado o pretensado Masa, armado o pretensado Masa, armado o pretensado Masa, armado o pretensado Masa, armado o pretensado Masa, armado o pretensado Masa, armado o pretensado Fluida Líquida Autocompactable etc..
Tamaño Máximo		12 20 Para otros tamaños consultar
Ambientes	I, Iia, Iib, Iiia, Iiib, Iiic, IV, Qa, Qb, Qc, H,F,E <i>Ver tabla de compatibilidades / recomendaciones</i>	

Tomado de: <http://www.hormigonesvinalopo.com/es/ficha-productos/24/hormigon-de-altas-prestaciones--resistencias>

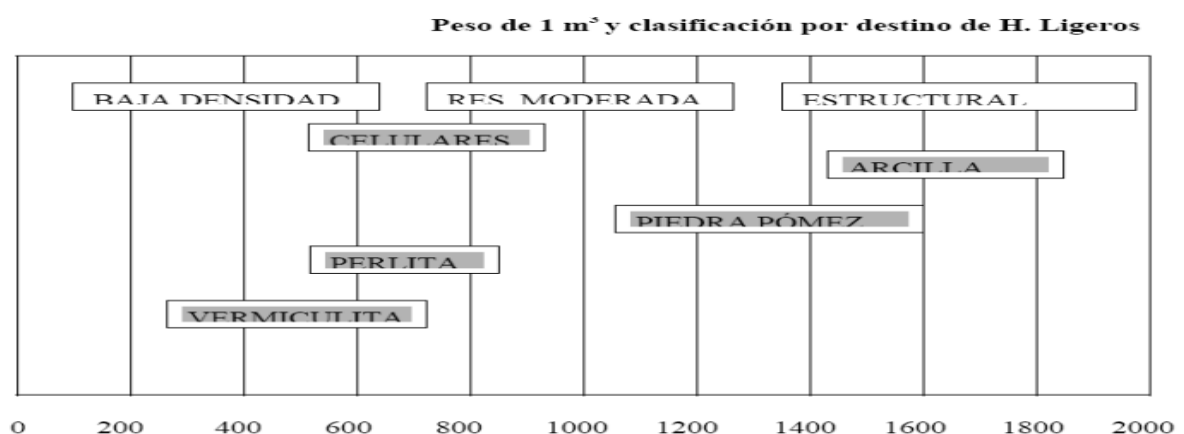
2.3.2.1 Hormigón de alta resistencia (H.A.R).

Este tipo de hormigón muestra mayor resistencia que el hormigón convencional, su resistencia a la compresión esta alrededor de los 50-55Mpa, para conseguir la característica de alta resistencia la relación agua cemento debe ser baja, por esta razón es conveniente utilizar aditivos superplastificantes reductores de agua que minimicen la inclusión de agua de amasado, estos hormigones son escasos en porosidad y permeabilidad, muy compactos, y más vulnerables al fuego.

2.3.2.2 Hormigones ligeros o livianos. -

La característica de estos materiales es la baja densidad que presentan sus agregados, que pueden ser artificiales con menos peso que el agregado convencional, al no contar con la resistencia que un concreto típico brinda, estos hormigones no son utilizados con objetivos estructurales, más bien se los utiliza para rellenos aislantes, en losas y contra pisos. La resistencia aparente a la compresión de este tipo de hormigones varía entre los 300 y 1800kg/cm³.

Tabla 2. clasificación de hormigones ligeros.



Tomado de: portal uah.es universidad de Alcalá.

2.4 Componentes del hormigón.

2.4.1 Áridos.



FIGURA 1. Áridos de hormigón.

El concepto de áridos se le da al agregado que se incluye a la mezcla del hormigón (fino y grueso) y que al mezclarse con el agua y el cemento se adhiere a la pasta y brinda la resistencia al material final, ocupan el 75% del volumen del hormigón y su calidad influye enormemente en la calidad del producto final.

2.4.2 Áridos gruesos.

Los áridos gruesos, o también llamado ripio es roca extraída de minas destinadas para su explotación y molida en diámetros diferentes, luego tratada para liberarla de las impurezas que existan en el material y clasificada por su naturaleza, origen diámetro y forma.

2.4.3 Naturaleza.

Se clasifican según su naturaleza en:

2.4.3.1 Cilicios. - provenientes del sílice, estos materiales son muy estables, esto quiere decir que no van a reaccionar de manera inesperada al juntarlos con demás elementos para formar el hormigón, además, tiene muy buena característica mecánica.

2.4.3.2 Calizos. - provenientes de la explotación de los minerales de piedra caliza, estos materiales se presentan blandos y con una pobre durabilidad por esta razón no son muy considerarlos, sin embargo, vale la pena el nombrarlos en esta lista.

2.4.3.3 Graníticos. -

Obtenidos principalmente de la trituración del granito (cuarzo) estos a diferencia de los calizos brindan altas resistencias y fácil liberación de impurezas.

Tabla 3. Clasificación de áridos gruesos.

ÁRIDOS GRUESOS
Gravón o morro > 32 cm
32 cm > Grava gruesa > 16 cm
16 cm > Gravón mediana > 8 cm
8 cm > Gravilla > 4 cm
40 mm > Almendrilla > 20 mm
20 mm > Garbancillo > 10 mm
10 mm > Piñoncillo > 5 mm

Tomado de: construmatica.com.

2.4.3 Áridos finos.

El agregado fino o arena es el árido de menor diámetro utilizado en la composición del hormigón, y representa el mayor peso del producto final, un 60% del peso del concreto endurecido proviene del agregado fino.

Estos agregados finos provienen de minas de arena o de piedra triturada con diámetros no mayores a 5mm.

2.4.3.1 Características. - Los áridos finos deben estar libres de impurezas, deben ser durables ya que las partículas débiles o que se resquebrajen son indeseables.

Clasificación de las arenas finas por su tamaño. -



FIGURA 2. Áridos finos.

2.4.3.2 Gruesas. - son aquellos agregados que al ser tamizados pasan por la malla 5mm y es retenido por la malla 2mm.

2.4.3.3 Medias. - se los conoce como arenas medias al agregado que pasa por el tamiz 2mm y es retenido por la malla 0,5mm.

2.4.3.4 Finas. - son aquellos agregados que al tamizarlos pasan por la malla 0,5mm y son retenidos por la malla 0.02mm.

2.4.4 GRANULOMETRIA

Determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada progresivamente decreciente. Este método también se puede aplicar usando mallas de laboratorio de abertura redonda, y no se empleará para agregados recuperados de mezclas asfálticas. (CAUCA, pág. 27)

Tamaño de malla para tamizado del agregado

Tabla 4. tamaño de mallas para tamizado de agregado fino.

Tamiz U.S.Standard	Dimensión de la malla (mm.)	Porcentaje en peso que pasa
Nº 3/8"	9.52	100
Nº 4	4.75	95 - 100
Nº 8	2.36	80 - 100
Nº 16	1.18	50 - 85
Nº 30	0.60	25 - 60
Nº 50	0.30	10 - 30
Nº 100	0.15	2 - 10

Tomado de:

bftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-213-07.pdf.

2.4.5 Módulo de finura de la arena.

El modo de finura el agregado fino se determina bajo la aceptación de la norma ASTM 125c sumando los porcentajes en pesos de los agregados retenidos en

las mallas y dividiéndolo sobre 100. Estos módulos de finura del agregado finos ayudan a determinar las proporciones correctas de los agregados finos y gruesos en la composición del hormigón, mientras mayor sea el módulo de finura más grueso será el agregado.

2.5 Cemento portland. -

Historia. - antes de la aparición del cemento como elemento constructivo, las grandes estructuras creadas en la antigüedad fueron mampuestas hechas con morteros a base de cal, arcilla y yeso como aglutinante para unir los muros en una edificación el nombre cemento se dio a conocer por primera vez en la antigua Grecia utilizando piedra volcánica muy porosa (tobas).

En el siglo I el imperio romano empieza a utilizar un cemento natural muy resistente que estaba compuesto de cenizas volcánicas extraídas en la región de pozzuoli cerca de la región de Vesubio, este cemento que ha durado a la inmersión marina por milenios (los cementos portland duran alrededor de 50 años sumergidos).



FIGURA 3. Prim. Construcciones con aglutinantes a base de cal.
Tomado de: www.viajejet.com aportaciones de la antigua civilización.

En el año de 1824 el cemento portland es finalmente patentado por Joseph Aspdin y su compañero James Parker (portland cement) llamado así por su color gris verdoso oscuro similar al color de las piedras que se encontraban en la isla de Portland en una localidad inglesa cerca de donde los dos vivían.

En el siglo XX después de la revolución industrial se da el auge del cemento portland gracias a los estudios experimentales de Vicat, Le Chatelier y Michaelis dos científicos franceses y uno alemán que inventan un cemento de alta calidad homogénea, así también la invención del horno rotatorio para la calcinación de la cal, el molino tubular, y los métodos de transporte de hormigón fresco ideados e inventados por Jürgen Heinrich que los patenta entre los años de 1903-1907.

2.5.1 Definición

Se llaman cementos aquellos productos que, amasados con el agua, fraguan y endurecen tanto expuestos al aire como sumergido en agua, por ser estables en tales condiciones los compuestos resultantes de su hidratación. (GILI, 2000, pág. 30)

cemento portland es un elemento aglutinante de diámetro muy fino(polvo) que cuando se lo mezcla con agregados pétreos, fibras, aditivos, y especialmente con agua se provoca una reacción química formando una masa fuerte con altas propiedades compactantes y de resistencia a la compresión una vez que haya fraguado, llamado hormigón o concreto.

Tabla 5. Prescripción de resistencias mecánicas y físicas del cemento.

Prescripciones mecánicas y físicas de los cementos comunes

Clase resistente	Resistencia a compresión N/mm ²			Tiempo de fraguado		
	Resistencia inicial		Resistencia normal	Principio	Final	Expansión
	Dos días	Siete Días	Veintiocho días	Minutos	Horas	
32,5	—	≥16,0	≥32,5	≤52,5		
32,5 R (1)	≥13,5	—		≥60		
42,5	≥13,5	—	≥42,5	≤62,5	≤12	
42,5 R (1)	≥20,0	—				≤10
52,5	≥20,0	—	≥52,5	—		
52,5 R (1)	≥30,0	—		≥45		

(1) R = Alta resistencia inicial.

Tomado de: Montoya-Meseguer-Morán (2000) Hormigón armado. Gustavo Gili.

2.5.2 Elementos componentes del cemento.

Los elementos que componen el cemento provienen de la calcinación o el tratamiento de minerales y que, al mezclarlos en dosificaciones según las normas establecidas, dan como resultado un conglomerado adecuado con propiedades de aglutinante.

2.5.2.1 Clinkeres portland. - se obtienen de la calcinación total de minerales como la arcilla y la caliza hasta obtener la fusión total de sus elementos.

2.5.2.2 Puzolanas naturales. - se obtienen principalmente de las rocas volcánicas de naturaleza alcalina, que contienen sílice y alúmina, elementos que son capaces de adherir la cal en la presencia de agua, manteniendo siempre sus propiedades hidráulicas.

2.5.2.3 Cenizas Volantes. - son desechos industriales que son captados por medio de precipitaciones electroestáticas o por captación mecánica, estos desechos provienen de centrales hidroeléctricas la quema de minerales fósiles como el petróleo o el carbón. (GILI, 2000, pág. 31)

2.5.3 Proceso de fabricación del cemento.

El cemento que llega a las construcciones pasa por un proceso de fabricación industrial que se podría dividir en 4 pasos.

2.5.3.1.- La captación de materias básicas.- Que reaccionen al contacto con el agua (minerales de naturaleza calcárea y arcillas) para la elaboración del producto base (Clinker).

2.5.3.2.- Molienda y la cocción de las materias primas.- En grandes hornos giratorios de 3m de ancho y 100 metros de largo donde las materias primas serán cocidas mientras por acción mecánica giran para reducir su tamaño y así garantizar la adecuada reacción química de cocción.

2.5.3.3.- Molienda del cemento.- En este punto el Clinker obtenido es sometido a fuerzas de compresión elevada junto con yeso (este permite el retardo de fraguado) y otros elementos adicionales (dependiendo el tipo de cemento) dando, así como resultado el producto final

2.5.3.4. Almacenamiento. - El producto es embodegado en grandes silos para su futuro envasado y distribución.

Procesos productivos

Fabricación de cemento

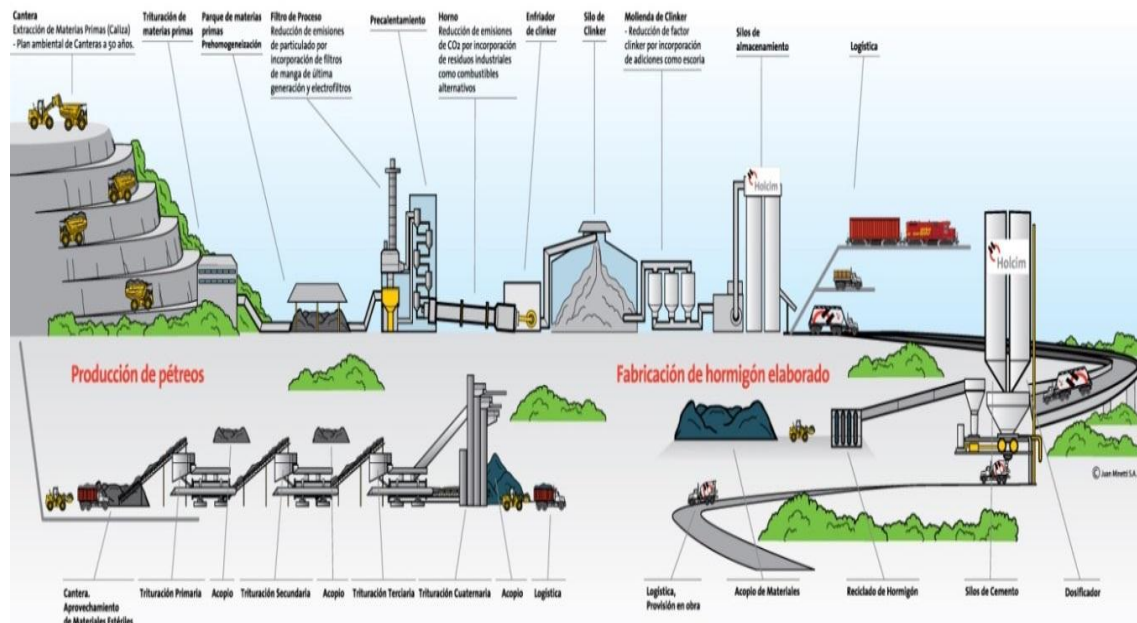


FIGURA 4. Proceso de fabricación de cemento.

Tomado de: www.holcim.com.argentina.

2.5.4 Características del cemento.

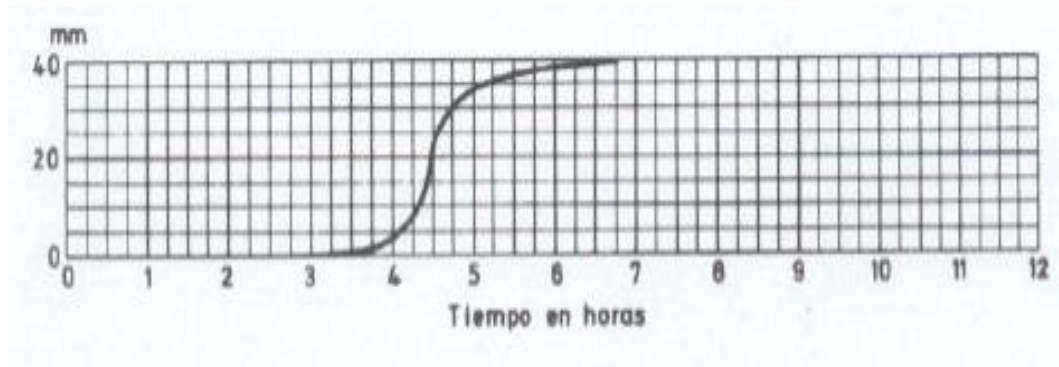
Las características físicas del cemento se las determina con ensayos de laboratorio que determinaran las propiedades de fraguado, fluidez o expansión, módulo de finura y la resistencia a la compresión.

2.5.4.1 Fraguado. - El fraguado del cemento es la característica primordial, que según la norma se limita a un periodo de tiempo determinado, empezando desde el amasado y dando como paso inevitable el endurecimiento de la pasta.

El monitoreo se lo realizara por medio de la aguja de Vicat, penetrando en la pasta en lapsos de tiempo determinados, y controlando el diámetro que se

introduce cada vez. Al final este ensayo nos permite dibujar el diagrama de fraguado del cemento.

Tabla 6. Curva de fraguado de cemento.



Tomado de: Montoya-Meseguer-Morán (2000) Hormigón armado. Gustavo Gili. Barcelona.

2.5.4.2 Fluidez o expansión. - Las propiedades de expansión del cemento son de vital importancia. Los ensayos son primordiales para verificar el aumento tardío de volumen de la pasta después de fraguado debido a la hidratación del óxido de calcio o al óxido de magnesio.

2.5.4.3 Módulo de finura. - La característica de finura del cemento es de vital importancia ya que de esto dependerá la resistencia en el primer endurecimiento de la mezcla.

Los dos extremos son perjudiciales, ya que el cemento tiene la capacidad de absorber el agua solo 0.01mm si el grano fuera demasiado grueso no será hidratado correctamente en el centro dejando espacios inertes al no contar con el contacto con el agua.

Si es demasiado fino es más susceptible al envejecimiento en un almacenamiento prolongado, perdiendo las características de resistencia cuando tiene contacto con aguas agresivas.

Si bien es cierto el cemento gana resistencia cuando más fino es, lo recomendable es que no se presente en finuras excesivas y perjudiciales.

Existen varios ensayos para determinar el módulo de finura del cemento y el más conocido es el de la superficie específica Blaine que consiste en tomar un gramo de cemento y que sus partículas estén totalmente sueltas para así determinar la superficie que este alcanza midiéndose en cm^2 generalmente los resultados deben ser entre 2500 y 4000 cm^2/g .



FIGURA 5. Superficie específica de Blaine.

Tomado de: apuntesingenierocivil.blogspot.com.

2.5.4.4 Resistencia mecánica.- Esta característica del cemento podrá ser medida una vez fraguada la mezcla, mezcla que contara con los demás agregados como áridos y agua en relación 0.5 según la Norma UNE 80.101, que es análoga a la europea EN 196-1.

Los ensayos se realizarán elaborando probetas cilíndricas y sometiéndolas a cargas de flexo compresión en prensas mecánicas, estas pruebas se las realizara a los 2, 7, y 28 días respectivamente.



FIGURA 6. Ensayo de resistencia a la compresión de probetas de hormigón.

Tomado de: gavilan.com.py/laboratorio.

2.6 AGUA DE AMASADO.

El agua desempeña dos roles esenciales en su calidad de componente de hormigón, participa en el proceso de hidratación del cemento el cual no puede tener lugar sin su presencia. Otorga trabajabilidad al hormigón, siendo determinante, para definir su fluidez.

Condiciones del agua. - el uso de agua potable está permitido sin verificar su calidad.

El agua con contenido de azúcar o sacarosa no puede ser empleada para la elaboración de hormigones.

Las aguas de origen desconocido deben ser sometidas a análisis químico.

Las condiciones señaladas están dirigidas a limitar la presencia de componentes que pueden ser dañinos al hormigón. (G., 1992, pág. 36).



FIGURA 7. Agua de amasado.

Tomado: constructora industrial y minas.com.

2.7 Aditivos modificadores de las propiedades del hormigón.



FIGURA 8. Aditivos modificadores de hormigón.

Tomado de: materialescontinental.com/aditivos.html.

Los aditivos son materiales de origen orgánico e inorgánico que se emplean generalmente en pequeñas cantidades, para modificar algunas características del hormigón. (G., 1992).

Su uso dependerá a la necesidad del constructor.

2.7.1 LOS ADITIVOS POR SUS PROPIEDADES SE CLASIFICAN EN:

- Plastificantes.
- Superplastificantes de hormigón.
- Acelerantes de fraguado.
- Retardantes de fraguado.
- Impermeabilizantes.
- Reductores de agua.
- Inclusores de aire. (G., 1992, pág. 37).

2.8 Hormigones alivianados con propiedades de aislante térmico.

Estos hormigones son presentados de la manera de alivianados por la baja densidad que poseen, a diferencia de los hormigones convencionales que oscilan en densidades de 2200 kg/m³ -2400kg/m³ estos presentan densidades mucho menores que fluctúan desde 300kg/m³ – 1900kg/m³.

Esta diferencia se debe principalmente al tipo de agregados del que está compuesto, agregados no convencionales como, escoria expandida, poliestireno, ceniza proveniente de la quema de combustibles, ceniza volcánica, arcilla expandida, cascote de bloque o de ladrillo etc.

Estos elementos son los que otorgan a este hormigón una baja densidad y consecuentemente el aislamiento térmico.

En este estudio nos centraremos en analizar la ceniza de la quema de madera y cubos de madera como agregados finos y gruesos. (LUIS VALDEZ, pág. 38)

2.9 MADERA.

La madera es un material de gran importancia tecnológica e industrial. Desde la antigüedad se ha utilizado en la fabricación de máquinas y herramientas, en la construcción de viviendas, en la elaboración de muebles, como fuente de energía y en la fabricación de papel. En la industria de la construcción podemos decir que la madera es el primer material constructivo que se conoció en el mundo, el fácil Acceso a este y las propiedades que posee, lo han convertido en un elemento de incalculable valor para el hombre, esto ha llevado a consecuencias nefastas ya que la tala indiscriminada se ha convertido en un grave problema medio ambiental.

De ahí que es muy importante la tala consiente de este material y la reforestación de lugares donde prácticamente se ha extinguido la madera.

Por lo general la madera se la utiliza para la elaboración de muebles de uso doméstico de todo tipo, así como puertas y ventanas, también se la utiliza en la construcción de edificaciones mixtas, o exclusivamente de madera, por su alta resistencia a la compresión y a la flexión, además de ser un excelente aislante térmico.

2.9.1 Propiedades de la madera.

Son muchas las propiedades que tiene la madera y que la hacen un excelente elemento constructivo, entre ellas están.

2.9.1.1 Baja densidad. - Es la masa por unidad de volumen de un material. Da una idea de lo ligero o pesado que es este. En general, todas las maderas

poseen una densidad menor que la del agua, por lo que son ligeras y flotan en ella. Dependiendo de cada árbol la densidad de la madera variara, pero por lo general las especies coníferas que se utilizan para la construcción oscila entre los 400kg/m³ – 550kg/m³.

2.9.1.2 Resistencia a la compresión. - Es la capacidad de soportar y resistir esfuerzos. Esta capacidad dependerá de la dirección en la que se realice el esfuerzo. En general la madera presenta una buena resistencia a la compresión, tracción y flexión.

Esta alcanza una resistencia que oscila entre los 16N/mm² – 23N/mm².

2.9.1.3 Resistencia a la tracción. - La madera tiene una elevada resistencia a la tracción, de ahí que se las utiliza como dinteles, tirantes o pendolones en cerchas de grandes estructuras o edificaciones.

Oscila entre los 8N/mm² – 18N/mm² respectivamente. (EDICIONES, pág. 40).

2.9.1.4 Flexión. - la flexión en la madera es una propiedad muy importante en vigas, o en la elaboración de la estructura de las cubiertas de una edificación, la flexión en la madera es muy elevada sobre todo si la comparamos con su baja densidad, esta oscila entre los 14N/mm² – 30N/mm².

2.9.1.5 Pobre conductor eléctrico. - La madera es un pésimo conductor de energía debido a la separación de las partículas de su masa y su baja densidad, por lo tanto, se constituye en un excelente aislante térmico.

2.9.1.6 Textura. -Esta propiedad se la puede apreciar por la forma en que se presenta visualmente, su color y las figuras que se dibujan en la beta hace de algunas especies grandemente apreciadas.

Propiedades de diferentes tipos de madera.

Tabla 7. Propiedades de la madera.

Madera	Densidad g/cm ³	Dureza	Resistencia a la compresión Kg/cm ²	Resistencia a la tracción Kg/cm ²
<i>Abeto</i>	0,45	Dura	400	890
<i>Balsa</i>	0,12	Muy Blanda	64	300
<i>Fresno</i>	0,60	Blanda	650	1.200
<i>Haya</i>	0,68	Muy dura	450	1.300
<i>Pino</i>	0,23	Dura	600	1.000
<i>Roble</i>	0,82	Muy dura	450	1.000

Tomado de: cenlit.com/muestra.pdf.

2.10 Ceniza de madera.

La ceniza es un elemento obtenido por la combustión de algún material inorgánico que se presenta en parte como polvo que queda del combustible consumido (madera, basura) y también en forma de humo.

La ceniza de la madera se genera por la combustión total del elemento, la madera está compuesta por lignina y celulosa, elementos conformados por carbono, hidrogeno y oxígeno, que lo hacen un material combustible.

Esta al alcanzar la temperatura de 400°C empieza a arder, y a los 550°C se consume totalmente y se convierte en ceniza.



FIGURA 9. Ceniza de madera

Tomado de: la.bioguia.com.

CAPITULO III...METODOLOGIA.

3.1 Diseño.

Esta investigación buscara el análisis de un hormigón estructural de 210kg/cm² y compararlo con un hormigón no convencional reemplazándolo con agregados ya detallados anteriormente, para ello se citarán las normas de diseño de hormigones ya establecidos por la ACI.

3.2 Especificaciones de diseño.- Para determinar los valores de las cantidades de materiales que componen la unidad cúbica del hormigón, con las siguientes especificaciones:

- Relación agua/cemento.
- Dosificación de agregados.
- Tamaño máximo de agregado grueso (cubos de madera).
- Contenido de cemento (factor aglutinante).
- Trabajabilidad.
- Resistencia a la compresión.
- Peso específico.
- Asentamiento.

3.3 Materiales utilizados en estudio.

3.3.1 Arena. - Para este estudio se utilizarán los agregados finos del **ÁREA MINERA SANTA MARIA** de la parroquia de Lloa.



FIGURA 10. Agregado fino santa maría.

3.3.2 Ripio. - Agregados gruesos del **ÁREA MINERA SANTA MARIA** de la parroquia de Lloa.



FIGURA 11. Agregado grueso MINA SANTA MARÍA.

3.3.3.- Cemento. - Cemento Selvalegre tipo 1P de la cementera LAFARGE S.A.



FIGURA 12. Cemento SELVALEGRE.

Tomado de: www.lafarge/cementos.

3.3.4.- Ceniza. - Ceniza obtenida de la **fábrica de ladrillos del sector de MARCOS PAMBA** al sur de la ciudad de Quito.



FIGURA 13. Fábrica de ladrillos Sector MARCOS PAMBA.

3.3.5 Madera: la madera que se utilizará como agregado grueso será el laurel, cortado en cubos de 1cm de diámetro.

Por su baja densidad se cree que puede restarle mucho peso al hormigón, y se estudiara para averiguar si brinda la resistencia esperada.



FIGURA 14. Proceso de curado de madera.



FIGURA 15. Cubos de madera.

Esta madera será curada con una solución epóxica que impedirá que la madera absorba el agua del hormigón.

Tabla 8. Propiedades físicas de madera (Laurel).

propiedades físicas de la madera (laurel)				
propiedades	%	g/cm ³	kg/cm ²	mpa
densidad		0,29-0,43		
módulo de elasticidad				86,2*1000
contracción radial	3,09			
contracción tangencial	6,62			
módulo de rotura			723	
resistencia a la compresión paralela			324	
corte radial			73	

Tomado de: <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-laurel.pdf>.

3.4 Ensayos de laboratorio.

Los métodos de trabajo para la investigación propuesta se realizarán en un laboratorio equipado correctamente y que cumpla con las normas NTE INEN de ensayo de hormigones en este caso se lo realizará en el laboratorio de hormigones de la empresa ADMIX Cía. Ltda. Y se realizarán los siguientes ensayos con el fin de demostrar los resultados necesarios.

3.4.1 Contenido orgánico en agregado fino.

Tratando de cumplir con los objetivos específicos de la investigación, se buscará demostrar la pureza de los agregados con los que se trabajara, en este caso se verificará el contenido orgánico del agregado fino, según la norma

NTE INEN 855 (determinación de contenido orgánico en agregado fino) o ASTM C-40 buscando establecer que la arena con la que se trabajara se encuentre libre de cualquier agente perjudicial.



FIGURA 16. Ensayo de contenido orgánico en agregado fino.

En la práctica se colocará en un recipiente de vidrio unos 450 grs de arena, y se agregará una solución de hidróxido de calcio (sosa cáustica) la cual cubrirá completamente al agregado, luego se agitará fuertemente el recipiente y posteriormente se dejará reposar por 24 horas la muestra.

El color que tenga pasados este período de reposo determinará si el agregado es útil o se lo debe cambiar. En nuestro caso la arena es útil.

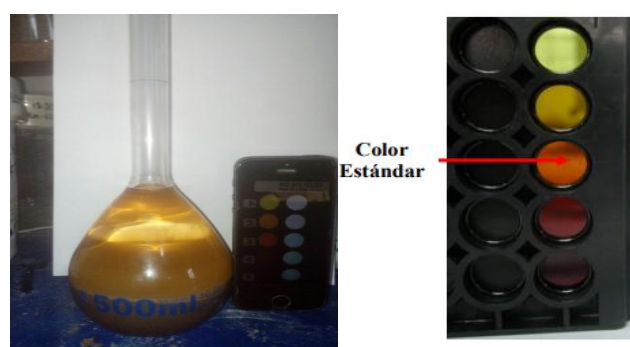


FIGURA 17. Muestra y tabla de colores de tolerancia de contenido orgánico.

3.4.2 Granulometrías de agregados.

Para determinar el diámetro específico de cada uno de los agregados se procederá al análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos según la Norma ASTM 136-01. Esto nos ayudará a determinar la cantidad de finos de la arena y cómo reaccionará al incluir la ceniza en la mezcla, así como la proporción que se reemplazará en la mezcla, se determinará también la densidad de los materiales según la norma ASTM C-29 compacta y suelta de los agregados.



FIGURA 18. Agregado fino cantidad para ensayo.



FIGURA 19. Agregado fino tamizado.

Tabla 9. Curva granulométrica arena.

Ensayo de Granulometría de Granulados Finos Especificación: ASTM C-33 Método ASTM C-136

Obra : Tesis
 Muestra : Arena
 Origen :
 Fecha : 27/2/2018

Pedido por : Sr. Fernando B.

Informe No.:

TAMIZ	RETENIDO		% RETENIDO	% PASA	LÍMITES ESPECIFICACIONES
	PARCIAL	ACUMULADO			
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
No 4	0.0	0.0	0.0	100.0	95-100
No 8	110.0	110.0	11.1	88.9	80-100
No 16	130.0	240.0	24.3	75.7	50-85
No 30	156.0	396.0	40.0	60.0	25-60
No 50	204.0	600.0	60.7	39.3	10-30
No 100	217.0	817.0	82.6	17.4	2-10
No 200	160.0	977.0	98.8	1.2	0-5
Charola	12.0	989.0	100.0	0.0	

MODULO DE FINURA = 2.19

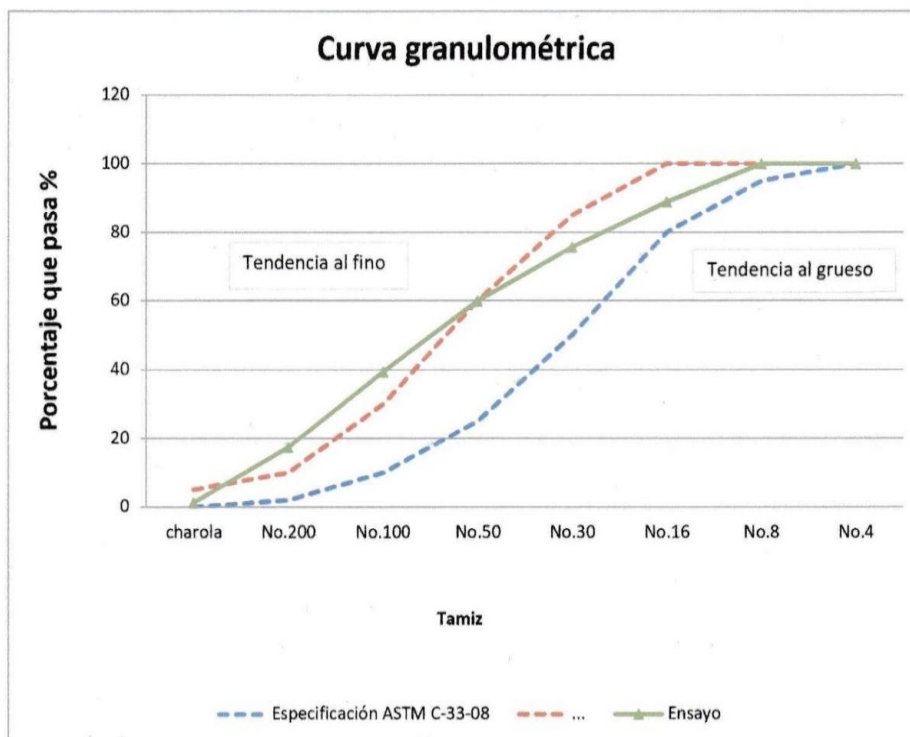




FIGURA 20. Agregado grueso cantidad para ensayo.



FIGURA 21. Agregado grueso tamizado.

Tabla 10. Curva granulométrica agregado grueso.

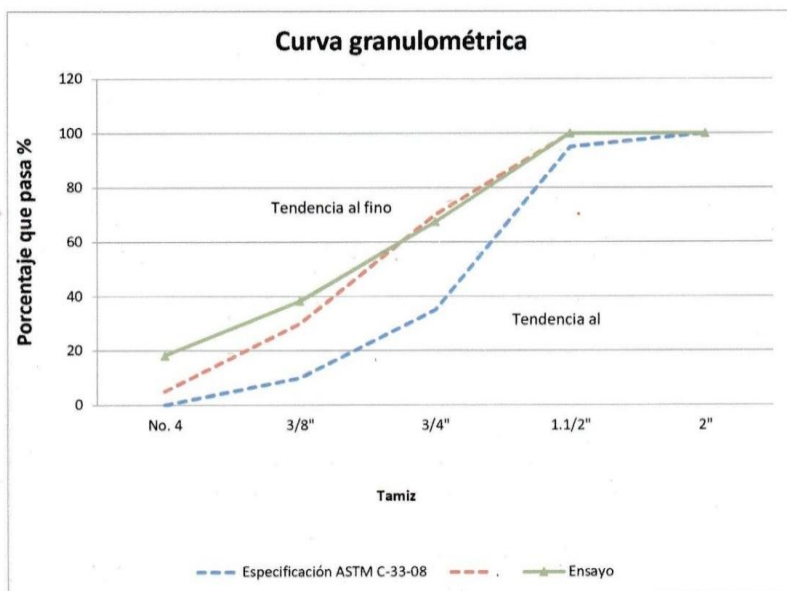
Ensayo de Granulometría de Granulados Gruesos Especificación: ASTM C-33 Método ASTM C-136

Obra : Tesis
 Muestra : Ripio
 Origen : Lloa
 Fecha : 27/2/2018

Informe No.: Tamaño: 467

TAMIZ	RETENIDO		% RETENIDO	% PASA	LÍMITES ESPECIFICACIONES
	PARCIAL	ACUMULADO			
2 "	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
1 1/2 "	0.0	0.0	0.0	100.0	95-100
1 "	139.0	139.0	11.7	88.3	
3/4 "	247.0	386.0	32.5	67.5	35-70
1/2 "	190.0	576.0	48.6	51.4	
3/8 "	156.0	732.0	61.7	38.3	10-30
No 4	238.0	970.0	81.8	18.2	0-5
No 8	203.0	1173.0	98.9	1.1	
No 16	1.0	1174.0	99.0	1.0	
Charola	12.0	1186.0	100.0	0.0	

MODULO DE FINURA = 6.74



Observaciones:

Realizado por:	Responsable:	Aprobado por:
Sr. Fernando Baquilema Laboratorista	Ing. Fabiola Cumbal Líder de control de calidad	Ing. Guillermo Loayza C. Gerente Técnico



FIGURA 22. Ceniza tamizada.

3.4.3 Densidad de agregados.

Se determinará también la densidad de los materiales según la norma ASTM C-29 compacta y suelta de los agregados.



FIGURA 23. Agregados para ensayo de densidad.

Para realizar este ensayo se tomará un recipiente de 8000 cm³ y se colocará en ella los agregados finos y gruesos respectivamente, hasta llenar completamente el envase, para después enzararlo con una barra de acero de 60 cm de longitud y se los pesará descontando el peso del recipiente, así determinaremos el peso para calcular la densidad suelta del agregado.

Posteriormente para calcular la densidad compacta realizaremos lo mismo, pero esta vez colocaremos los agregados en tres porciones dividiéndolas en tres partes iguales apisonando cada porción 25 veces con una barra de acero

de 60cm en forma circular hasta llegar al borde superior y luego enrasaremos y pesaremos el contenido descontando el recipiente.



FIGURA 24. Proceso de apisonado de agregado.



FIGURA 25. Muestra apisonada.

3.4.4 Determinación del porcentaje de ceniza que se incluirá en la mezcla.

Para determinar el porcentaje de ceniza que se incluirá en la mezcla como reemplazo de arena se analizará la resistencia a la compresión de morteros elaborando cubos de 50mm de arista según la norma NTE INEN 488.

Se realizará una mezcla patrón solo con arena como referencia de comparación y luego tres muestras reemplazando la arena por ceniza en un 5%, 10% y 15% respectivamente y ensayándolas a los 3, 7, 14, 21 y 28 días.

Después de esto se hallará un parámetro fijo y si es necesario se realizarán más ensayos de este tipo hasta encontrar la opción más óptima, para verificar la resistencia de la mezcla y así encontrar el porcentaje adecuado de agregado fino antes de elaborar el hormigón.



FIGURA 26. Muestra patrón (arena, agua, cemento).



FIGURA 27. ceniza al 5%.

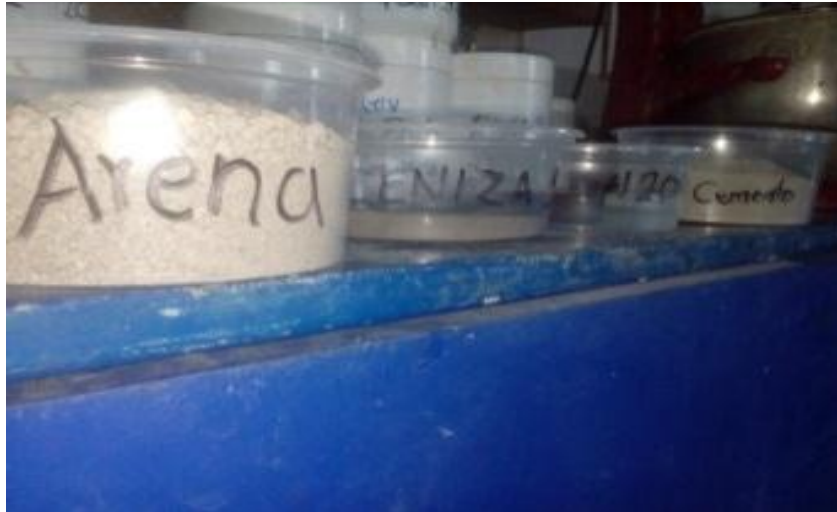


FIGURA 28. ceniza al 10%.



FIGURA 29. ceniza al 15%.

Este ensayo se lo llevara a cabo mezclando los áridos según la norma.

NTE INEN 488 con las dosificaciones establecidas, luego se las colocara en moldes metálicos y 24 horas después, se las colocara en las piscinas de curado hasta el momento del ensayo en la prensa.



FIGURA 30. Especímenes en moldes de encofrado.



FIGURA 31. especímenes en piscina de curado.

Las proporciones y cantidades de los materiales de las mezclas para la elaboración de los especímenes a ensayar, se los detalla en la siguiente tabla.

Tabla 11. Dosificación de agregados para ensayo de morteros en cubos de 50mm de arista.

DOSIFICACION DE AGREGADOS PARA ENSAYO EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA				
fecha de elaboración	15-02-2018	Relación a/c 0.485		
muestra N.-	1	2	3	4
	arena Lloa	ceniza 5%	ceniza 10%	ceniza 15%
descripción material	peso/ grs	peso/ grs	peso/ grs	peso/ grs
arena	685	650,75	616,5	582,25
cemento	250	250	250	250
ceniza	0	34,25	68,5	102,75
agua	161	186	191	214

Pasados los primeros días de reposo y curado de los especímenes, y después de realizar los ensayos de resistencia en la prensa, los resultados preliminares arrojados nos indican que los parámetros con los que podemos actuar se encuentran entre el 5% y el 10% de ceniza, por lo que procedemos a realizar nuevas muestras con el 7% y el 8% respectivamente intentando obtener mejores resultados con los nuevos estudios.

Tabla 12. Dosificación de agregados para ensayo de morteros en cubos de 50mm de arista (adicionales).

DOSIFICACION DE AGREGADOS PARA ENSAYO EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA			
fecha de elaboración	22-20-2018		
muestra N.-	5	6	7
	ceniza 7%	ceniza 8%	ceniza 100%
descripción material	peso/ grs	peso/ grs	peso/ grs
arena	637,05	630,2	0
cemento	250	250	250
ceniza	47,95	54,8	685
agua	180	183	456

Al observar los resultados de los nuevos ensayos concluimos que la opción más acertada es la muestra N.- 6 y esta será la proporción con la que elaboraremos los hormigones.

Tabla13: resistencia a la compresión en cubos de 50mm de arista en 28 días.

RESULTADOS DE ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 50 mm DE ARISTA									
ITEM	MUESTRA N.-	DIAMETRO HORIZONTAL (cm)	DIAMETRO LATERAL (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	PESO (grs)	EDAD (días)	CARGA (KN)	RSISTENCIA (KG/CM ²)
1	1. arena lloa	4,9	5	5,1	24,5	270	3 días	27,4	114
2	2. ceniza 5%	5	5,1	5,1	25,5	290		37,2	140,2
3	3. ceniza 10%	5,1	5,1	5	26,01	288		32,8	126,1
4	4. ceniza 15%	4,9	4,9	5,1	24,01	274		23	88,4
5	5. ceniza 7%	5	5,1	5	25,5	267		23,5	94,0
6	6ceniza 8%	5,1	5	5,1	25,5	286		49,7	198,7
7	7. ceniza 100%	5,2	5,2	5,1	27,04	234		8,3	31,3
8	1. arena lloa	4,9	5	5,1	24,5	271	7 días	52,5	214,2
9	2. ceniza 5%	5	5,1	5,1	25,5	290		46,1	180,7
10	3. ceniza 10%	5,1	5,1	5	26,01	284		39,4	154,4
11	4. ceniza 15%	4,9	4,9	5,1	24,01	274		26,1	100,3
12	5. ceniza 7%	5	5,1	5	25,5	266		42,5	170,0
13	6ceniza 8%	5,1	5,1	5,1	26,01	282		59,7	174,2
14	7. ceniza 100%	5,2	5,2	5,1	27,04	235		10,8	40,7
15	1. arena lloa	4,9	5	5,1	24,5	270	14 días	58,3	242,7
16	2. ceniza 5%	5	5,1	5,1	25,5	290		54,3	217,1
17	3. ceniza 10%	5,1	5,1	5	26,01	282		49,4	193,7
18	4. ceniza 15%	4,9	5	5,1	24,5	271		35,2	146,5
19	5. ceniza 7%	5,1	5,1	5	26,01	267		58,3	228,6
20	6 ceniza 8%	5,1	5	5,1	25,5	285		64,3	257,1
21	7. ceniza 100%	5,1	5,2	5,2	26,52	225		14,6	56,1
22	1. arena lloa	4,9	5	5,1	24,5	269	21 días	64,1	266,8
23	2. ceniza 5%	5	5	5,1	25	288		60,5	246,8
24	3. ceniza 10%	5,1	5	5	25,5	284		56,7	226,7
25	4. ceniza 15%	4,9	4,9	5	24,01	276		40,7	172,9
26	5. ceniza 7%	5	5,1	5	25,5	265		65,1	260,3
27	6ceniza 8%	5,1	5	5,1	25,5	286		78,9	315,5
28	7. ceniza 100%	5,1	5,1	5,2	26,01	215		16,5	64,7
29	1. arena lloa	4,9	5	5,1	24,5	268	28 días	71,7	298,4
30	2. ceniza 5%	5	5,1	5,1	25,5	288		68,7	274,7
31	3. ceniza 10%	5,1	5,1	5	26,01	286		64,1	251,3
32	4. ceniza 15%	4,9	4,9	5,1	24,01	278		44,9	190,7
33	5. ceniza 7%	5	4,9	5	24,5	266		72,5	301,8
34	6ceniza 8%	5,1	5,1	5,1	26,01	285		86,5	339,1
35	7. ceniza 100%	5,2	5,2	5	27,04	206		18,1	68,3



FIGURA 32. Resistencia a la compresión de especímenes.

Al observar los resultados de los nuevos ensayos de resistencia, concluimos que la opción más acertada es la muestra N.-6 y esta será la proporción con la que elaboremos los hormigones.

3.4.5 Elaboración de especímenes de hormigón.

Con los resultados obtenidos hemos logrado encontrar los porcentajes de material que incluiremos en la elaboración de las probetas de hormigón que fabricaremos como pruebas, en este punto aun no incluiremos el agregado grueso (cubos de madera) sino solamente la ceniza, realizaremos 4 probetas patrón con los agregados convencionales y 4 probetas incluyendo la ceniza al 8%.

Analizaremos su comportamiento y diferencias en estado líquido y también después de su fraguado.

3.4.5.1 Especímenes patrón (proceso de elaboración).

Empezaremos con el pesaje de los materiales con las dosificaciones detalladas en la tabla N.- 12 a continuación iremos incluyendo los materiales de acuerdo al siguiente orden:

1. Colocar el agregado grueso en su totalidad.
2. Colocar la cuarta parte del agua para humedecer el agregado.
3. Colocar el agregado fino en su totalidad.
4. Colocar la segunda cuarta parte del agua de la misma forma para humedecer el agregado.
5. Colocar el cemento en su totalidad.
6. Colocar el agua restante y dejar mezclar por 5 min a unos 30 rpm por minuto.

Al finalizar con el proceso de mezcla realizaremos los ensayos de asentamiento y la elaboración de probetas, ensayos que se describirán más adelante.



FIGURA 33. Pesaje de materiales para elaboración de hormigón.



FIGURA 34. Colocación de materiales en mezcladora.

3.4.5.2 Pruebas de asentamiento.

Las pruebas de asentamiento se realizarán en conformidad con la normativa ASTM C- 143 en este punto el asentamiento es de 16cm a los 5 minutos de elaborada la mezcla.

Proceso de ensayos de asentamiento de mezcla propuesta.



FIGURA 35. Colocación de hormigón en cono.



FIGURA 36. Enrazamiento de hormigón.



FIGURA 37. Hormigón compacto.



FIGURA 38. Hormigón segregado.

Tabla 14. Comparación de asentamientos diseño patrón vs diseño propuesto.

TABLA DEMOSTRATIVA DEL DESARROLLO DE ASENTAMIENTO DE HORMIGON		
TIEMPO (min)	ASENTAMIENTO PATRON (cm)	ASENTAMIENTO DISEÑO (cm)
10	18	0
30	13	0
45	9	20
60	5	12

3.4.5.3 Elaboracion de especimenes.

Las probetas se elaboraran bajo la norma ASTM C- 31, Se elaborarán cuatro cilindros para ensayarlos a los 3, 7, 14 y 28 dias respectivamente.



FIGURA 39. Llenado de probetas.



FIGURA 40. Apisonado de probetas.



FIGURA 41. Especímenes a ensayar.

Tabla 15. Dosificación mezclas prototipo.

DOSIFICACIÓN DE MATERIALES MEZCLAS PROTOTIPO (probetas cilíndricas)													
DISEÑO	RELACION AGUA CEMENTO	NOMBRE/ ASIGNATURA	NUMERO PROBETAS	AGREGADO	PROCEDENCIA	DOSIFIC. (grs)	%	MODULO FINURA	DENSIDAD SUELTA (kg/cm3)	DENSIDAD COMPACTADA (kg/cm3)	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	TOTAL DE %	TOTAL DOSIFIC. (grs)
hormigón patrón	0,688	P1	4	ARENA	MINA LLOA	5340	34,65	2,19	1,556	1,334	0,05	100	15414
				RIPIO	MINA LLOA	5010	32,5	6,74	1,737	1,507	19,05		
				CEMENTO	LA FARGE	3000	19,46						
				AGUA	POTABLE	2064	13,39						
DISEÑO CON CENIZA AL 8%	0,7367	P2	4	ARENA	MINA LLOA	4912,8	31,57	2,19	1,556	1,334	0,05	100	15560
				RIPIO	MINA LLOA	5010	32,2	6,74	1,737	1,507	19,05		
				CEMENTO	LA FARGE	3000	19,28						
				AGUA	POTABLE	2210	14,2						
				CENIZA	LADRILLERA	427,2	2,75						

3.4.5.4 Especímenes con el agregado propuesto(ceniza)



FIGURA 42. Pesaje de materiales para especímenes con agregado propuesto.

Estos especímenes se realizarán siguiendo los mismos pasos que en la prueba patrón, solamente reemplazando la arena por ceniza en un 8% y también el agregado grueso por cubos de madera en su totalidad, a este hormigon se le aumenta el 33% de cemento y un aditivo reductor de agua, para recuperar la resistencia perdida al quitar el ripio, de la misma manera que en los especímenes patrón, se elaborarán 4 probetas para ensayarlas a los 3, 7, 14y 28 días.

Después de realizar varias mezclas, analizando fluidez, dosificaciones, trabajabilidad y resistencias, concluimos que la mejor opción de dosificación de hormigon propuesto es la que se detalla en la tabla N.- 16.

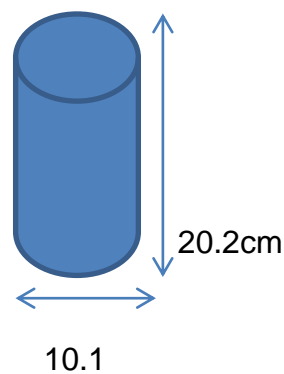
Tabla 16. Dosificación de materiales diseño propuesto.

DOSIFICACIÓN MATERIALES DISEÑO PROPUESTO (probetas cilíndricas)																
DISEÑO	RELACION A/c	NOMBRE/ASIGNATURA	NUMERO PROBETAS	AGREGADO	PROCEDENCIA	DOSIFICACIÓN (grs)	%	MODULO FINURA	DENSIDAD SUELTA (kg/cm3)	DENSIDAD COMPACTADA (kg/cm3)	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	TOTAL DE %	TOTAL DOSIFICACION (grs)			
DISEÑO CON CENIZA AL 8% Y CUBOS DE MADERA	0,628	P7	4	ARENA	MINA LLOA	8369	49,54	2,19	1,556	1,334	0,05	100	16890,5	REEMPLAZO DE MATERIALES EN P7		
				CEMENTO	LA FARGE	4000	23,68							25%	ARENA	
				AGUA	POTABLE	2512	14,87							25%	ARENA	
				CENIZA	LADRILLERA	727	4,3				0,05			25%	ARENA	
				MADERA	CARPINTERIA	1252,5	7,43				10			25%	MADERA	
				ADITIVO REDUCTOR DE AGUA	ADMIXCIA LTDA	30	0,18									

3.4.6 Propiedad aislante.

La propiedad aislante del hormigón propuesto se lo analizará mediante la exposición al calor de las probetas (patrón y diseño propuesto) intentando descubrir cuál de las dos tiene características de conductor de calor, se espera que el hormigón propuesto por estar conformado por madera en su interior sea un pobre conductor de energía y así aisle el lado opuesto de la exposición al calor por más tiempo, a diferencia del hormigón normal.

Para ello se expondrá la parte inferior de las probetas a una fuente de calor constante (llama) y se determinará mediante monitoreos periódicos cual probeta alcanza el calor determinado en su parte superior en menos tiempo, así tratamos de determinar por cual probeta se conduce más rápido el calor.



Las probetas analizadas tendrán la misma medida y estarán expuestas a la misma temperatura ambiente para poder realizar una comparación, con los menores errores posibles.



FIGURA 43. Temperatura de fuente de calor.



FIGURA 44. Probeta expuesta al calor.

Tabla 17. Paso de calor por probeta patrón.

tiempo de conducción de temperatura en probeta PATRON			
temperatura inicial		13,6°C	
temperatura buscada		50°C	
tiempo de exposición (min)	TEMPERATURA ALCANZADA (°C)	TIEMPO PÉRDIDA DE TEMPERATURA ()	TEMPERATURA PERDIDA (°C)
0	13,6	0	50
15	28	15	50
30	37,2	30	49,1
45	45,1	45	41
52	50	60	38

Tabla 18. Paso de calor por probeta diseño.

tiempo de conducción de temperatura en probeta DISEÑO			
temperatura inicial		13,5°C	
temperatura buscada		50°C	
tiempo de exposición (min)	TEMPERATURA ALCANZADA (°C)	TIEMPO PÉRDIDA DE TEMPERATURA ()	TEMPERATURA PERDIDA (°C)
0	13,5	0	50
15	25	15	50
30	33,2	30	50
45	39,4	45	46
52	41,5	52	44
60	43,3	60	41
75	47	75	39
85	50	85	37

3.4.7 Análisis de costos.

El análisis de costos comparativos entre el hormigón convencional y el diseño propuesto se lo realizara intentando plasmar el costo beneficio del hormigón.

En este punto se calculó el precio de los materiales utilizados, multiplicándolos para obtener un m³ de cada hormigón y observar la diferencia de precios entre uno y otro compuesto.

Tabla 19. Diferencia de costos entre hormigones (1m3).

tabla comparativa de costos de hormigones por 1m3						
MATERIAL	HORM. CONVENCIONAL 2400kg (1m3)			HORM. PROPUESTO 1800kg(1m3)		
	DOSIFICACION (1m3 de hormigón) (kg)	COSTO UNITARIO (1KG)	COSTO TOTAL (USD\$)	DOSIFICACION (1m3 de hormigón) (kg)	COSTO UNITARIO (1KG)	COSTO (USD\$)
ARENA	831,6	0,02	14,26	891,72	0,02	15,27
RIPIO	780,24	0,01	11,7	0	0,00	0,00
MADERA	0	0,00	0,00	133,74	3,50	468,09
CENIZA	0	0,00	0,00	77,4	0,50	38,7
CEMENTO /SACOS	466,8	0,17	77,02	426,24	0,17	70,33
AGUA	321,36	0,05	16,07	267,66	0,05	13,38
ADITIVO REDUCTOR. DE AGUA VIZCOMIX	0		0,00	3,24	2,00	6,48
HORMIGON	2400	0,05	119,05	1800	0,34	612,25

Tabla 20. Diferencia de costos entre hormigones (1kg).

tabla comparativa de costos de hormigones por 1kg					
MATERIAL	HORM. CONVENCIONAL 2400kg (1m3)			HORM. PROPUESTO 1800kg(1m3)	
	DOSIFICACION (1kg de hormigón)	COSTO TOTAL (1 kg de hormigón)		DOSIFICACION (1kg de hormigón)	COSTO TOTAL (1kg de hormigón)
	(grs)	(grs)		(grs)	(grs)
ARENA	0,347	0,006		0,495	0,01
RIPIO	0,325	0,005		0,000	0,00
MADERA	0,000	0,000		0,074	0,26
CENIZA	0,000	0,000		0,043	0,02
CEMENTO /SACOS	0,195	0,032		0,237	0,04
AGUA	0,134	0,007		0,149	0,01
ADITIVO REDUCTOR. DE AGUA VIZCOMIX	0,000	0,000		0,002	0,00
TOTAL	1	0,050		1,000	0,34

CAPITULO IV INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis técnico.

Los especímenes de cubos de 50mm de arista que fueron elaborados en el presente estudio se los realizó siguiendo los estándares establecidos en la NORMA INEN NTE 488, al igual que las probetas de hormigón que se realizaron conforme a lo establecido en la norma ACI 311, tanto el diseño patrón, así como el diseño propuesto.

Se realizaron varios ensayos, con diferentes dosificaciones, siempre tratando de conseguir en el hormigón las características propuestas al inicio de este estudio.

Todos los resultados obtenidos a lo largo de este estudio se los analizará a continuación.

4.1.1 Porcentaje de agregado fino propuesto (ceniza).

En el inicio de este estudio se propuso reemplazar el agregado fino por ceniza, tratando de aliviar el peso del hormigón por la diferencia de densidad de estos materiales.

Luego de realizar los estudios de dosificaciones en morteros y verificarlos elaborando cubos de 50mm de arista y sometiéndolos a pruebas de ruptura y compresión (revisar tabla N.-8, 9, 10) encontramos que el porcentaje óptimo de reemplazo de agregado fino es el 8%.

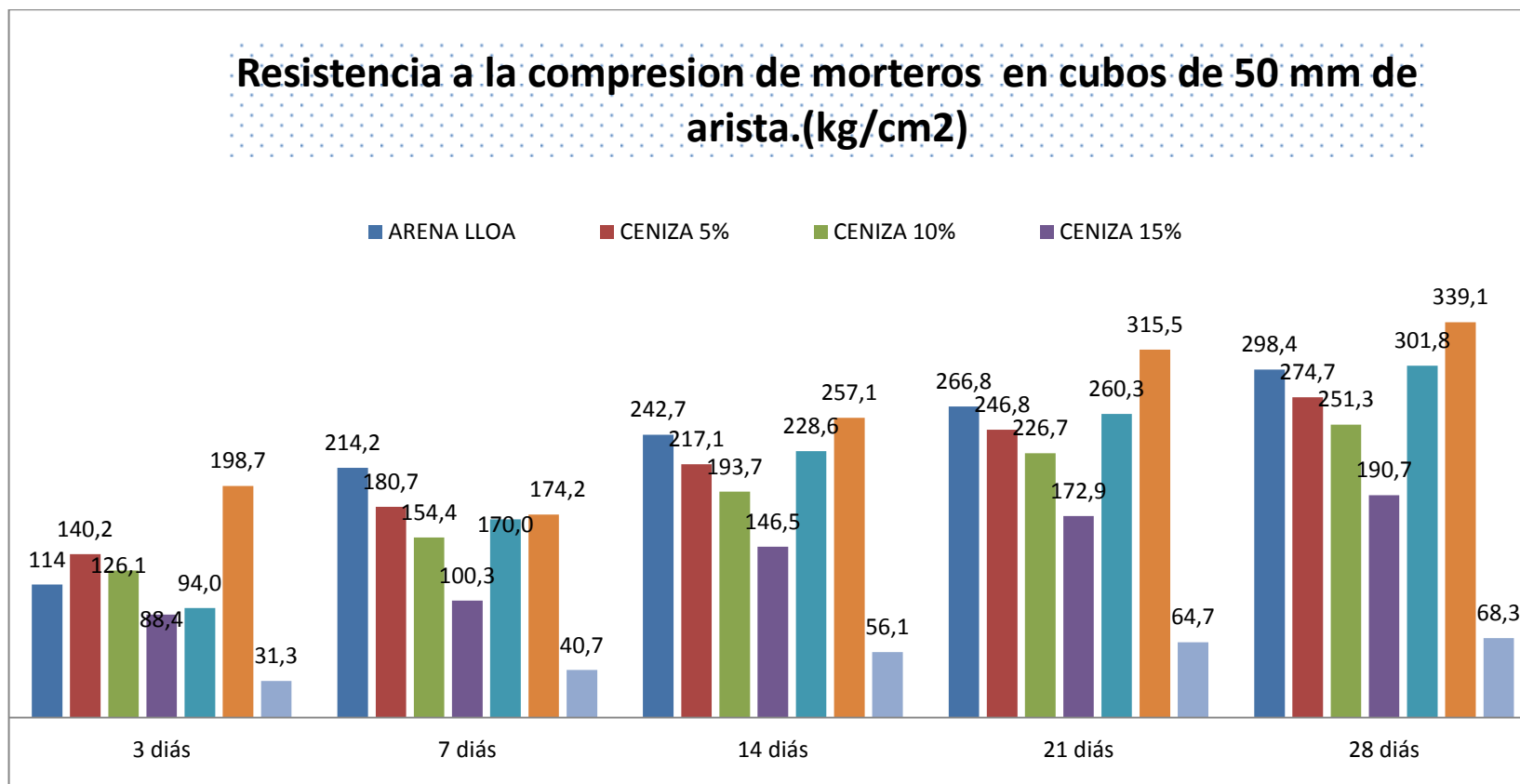


FIGURA 45. Evolución de resistencias por kg/cm² durante 28 días.

Tabla 21. Dosificación de agregados para ensayo de morteros en cubos de 50mm de arista.

DOSIFICACION DE AGREGADOS PARA ENSAYO EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA							
fecha de elaboración	15/02/2018						
muestra N.-	1	2	3	4	5	6	7
	arena Lloa	ceniza 5%	ceniza 10%	ceniza 15%	ceniza 7%	ceniza 8%	ceniza 100%
descripción material	peso/ grs	peso/ grs	peso/ grs	peso/ grs	peso/ grs	peso/ grs	peso/ grs
arena	685	650,75	616,5	582,25	637,05	630,2	0
cemento	250	250	250	250	250	250	250
ceniza	0	34,25	68,5	102,75	47,95	54,8	685
agua	161	186	191	214	180	183	456

Podemos observar en la gráfica N.- 45 que los cubos realizados con ceniza en un 8% (revisar dosificación en tabla N 21) a lo largo de los 28 días son los que mayor resistencia muestran, con una resistencia de 339.1 Kg/cm², resistencia mayor aun que la que se obtiene con arena al 100%, (revisar dosificación en tabla N 21) y esto nos indica que es la mejor opción de mortero.

4.1.2 Hormigón, reacciones con reemplazo de agregados (elaboración): La cantidad del ripio mermado se lo sustituyó en un 25% con cubos de madera y en un 75% con arena, para así ganar más resistencia, los finos de la ceniza le dieron un mejor acabado a las probetas, en esto también contribuyo la cantidad de finos de la arena, que es exclusiva de las minas ubicadas en la Parroquia de Lloa.

4.1.3 Asentamiento.

El comportamiento de los dos diseños fue muy diferente. Esto debido al aditivo y a los agregados que tenía cada uno de ellos.

El hormigón normal comenzó con un asentamiento de 18 cm y se mantuvo por 10 minutos, al cabo de 30 min su asentamiento se redujo a los 12 cm perdiendo trabajabilidad y fluidez no apto para el bombeo, para, al cabo de una hora convertirse en una masa casi sin movimiento y muy poco trabajable.

No así el diseño propuesto que se mantuvo extremadamente fluido hasta los 30 minutos de mezclado, la inclusión de ceniza y aditivo hizo que la mezcla tomara una propiedad autonivelante que se mantuvo hasta los 45 minutos de mezclado y hacía que la madera ascendiera por encima de la pasta, lo que no permitía una buena compactación del mortero con la madera, al cabo de una hora, la argamasa empezó a unirse y a convertirse en una mezcla muy compacta, bastante trabajable, y de fácil nivelación. Óptima para su aplicación.

Los resultados expresados en la tabla N.-14 se reflejan de mejor manera en la figura N.- 46.

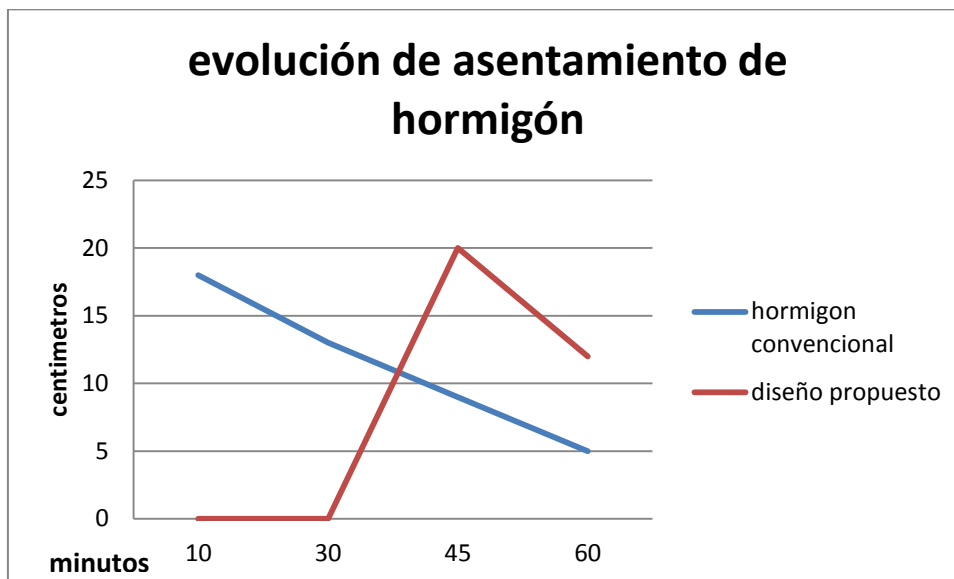


FIGURA 46. Evolución de asentamientos durante 60 minutos.

4.1.4 Resistencia.

Los ensayos de compresión realizados a las probetas patrón y diseño propuesto a los 3, 7, 14, 28 días arrojaron resultados que nos permitieron determinar donde el hormigón puede ser utilizado. Estos resultados se detallan en la tabla N.- 22 y varían debido a los agregados que tienen.

Tabla 22. Resistencia de hormigones durante 28 días.

RESULTADOS DE ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 50 mm DE ARISTA										
ITEM	MUESTRA N.-	MEDIDAS				AREA (cm ²)	PESO (grs)	EDAD (días)	CARGA (KN)	RSISTENCIA (KG/CM ²)
		FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	DIAMETRO HORIZONTA L (mm)	ALTURA (mm)					
1	P1 HORMIGON PATRON	26/01/2018	29/01/2018	102	202	81,71	3726	3 días	77,3	96,5
2	P2 HORMIGON CEINIZA 8%	26/01/2018	29/01/2018	100	202	78,54	3669	3	75,8	98,4
3	P3 DISEÑO PROPUESTO (P7)	21/02/2018	24/02/2018	102	200	81,71	2945	3	73,8	92,1
4	P1 HORMIGON PATRON	26/01/2018	02/02/2018	100	202	78,54	3636	7 días	119	154,5
5	P2 HORMIGON CEINIZA 8%	26/01/2018	02/02/2018	102	203	81,71	3583	7	136	169,7
6	P3 DISEÑO PROPUESTO (P7)	21/02/2018	28/02/2018	102	204	81,71	2883	7	95,2	118,8
7	P1 HORMIGON PATRON	26/01/2018	09/02/2018	102	200	81,71	3600	14 días	161	200,9
8	P2 HORMIGON CEINIZA 8%	26/01/2018	09/02/2018	102	201	81,71	3578	14	172,1	214,8

9	P3 DISEÑO PROPUESTO (P7)	21/02/2018	07/03/2018	100	200	78,54	2850	14	128,1	166,3
10	P1 HORMIGON PATRON	26/01/2018	23/02/2018	100	202	78,54	3584	28 días	193	250,6
11	P2 HORMIGON CEINIZA 8%	26/01/2018	23/02/2018	100	202	78,54	3596	28	213,2	276,8
12	P3 DISEÑO PROPUESTO (P7)	21/02/2018	21/03/2018	100	202	78,54	2800	28	140	181,8

Las probetas que se realizaron fueron diseñadas para un hormigón de 210 kg/cm², al cabo de los 28 días el diseño patrón alcanzo una resistencia de 250.6 kg/cm², el hormigón con un 8 por ciento de ceniza alcanzó una resistencia de 276.8 kg/cm² y el hormigón propuesto reemplazando arena por ceniza en un 8% y ripio por la madera en un 100% alcanzo una resistencia de 181.8kg/cm² esto se lo visualiza de mejor manera en la figura N.- 47.

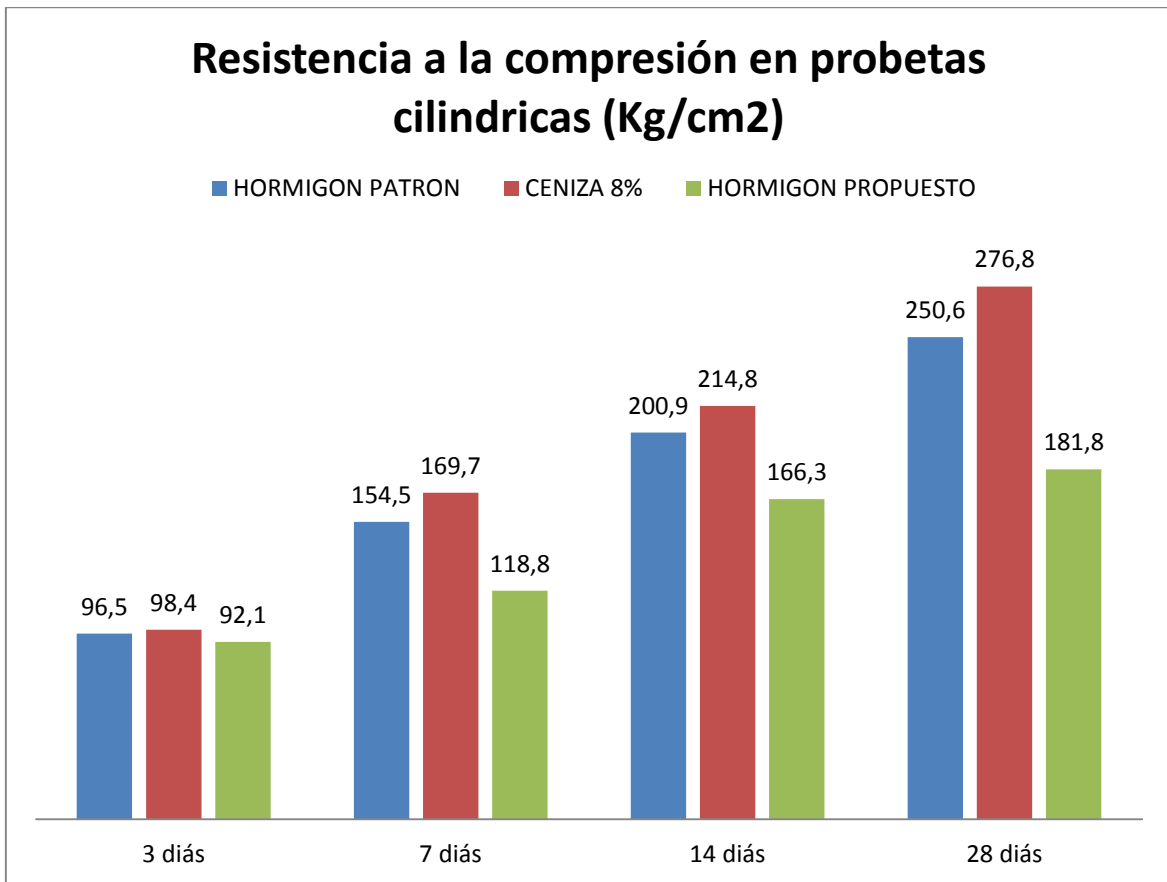


FIGURA 47. Evolución de resistencias de probetas de hormigón por kg/cm² durante 28 días.

4.1.5 Densidad.

La densidad del hormigón propuesto se pudo comprobar al obtener los pesos de las probetas ensayadas, el alivianamiento del hormigón propuesto fue muy notorio, dentro del rango esperado, la diferencia de pesos se dio gracias al reemplazo del agregado grueso por la madera, debido a la inminente diferencia de densidad de ambos materiales (densidad de la madera 240 kg/m³- densidad del ripio 1450kg/m³) los resultados se muestran en la tabla N.-23.

Tabla 23. Pesos y densidades del hormigón.

pesos y densidades de hormigones (probetas cilíndricas)					
hormigón propuesto			hormigón convencional		
peso (grs)	volumen (cm ³)	densidad (kg/m ³)	peso (grs)	volumen (cm ³)	densidad (kg/m ³)
2800	1586,51	1,76	3584	1586,51	2,26

4.1.6 Propiedades aislantes.

Las propiedades del hormigón concernientes al aislamiento térmico se evidencio al compararlo con el hormigón convencional, gracias a la madera incluida en el interior del hormigón propuesto, se pudo evidenciar que el aislamiento de temperatura del hormigón alivianado es un 50% mayor a la del hormigón convencional.

Los especímenes se ensayaron en iguales condiciones con una temperatura inicial de 13.5°C y exponiéndolos a una fuente de calor constante de 119.3°C y esperando alcanzar una temperatura de 50°C en la parte superior de cada probeta.

Los resultados expresados en las tablas N.- 17, 18 son expresados de mejor manera en la figura N.- 48.

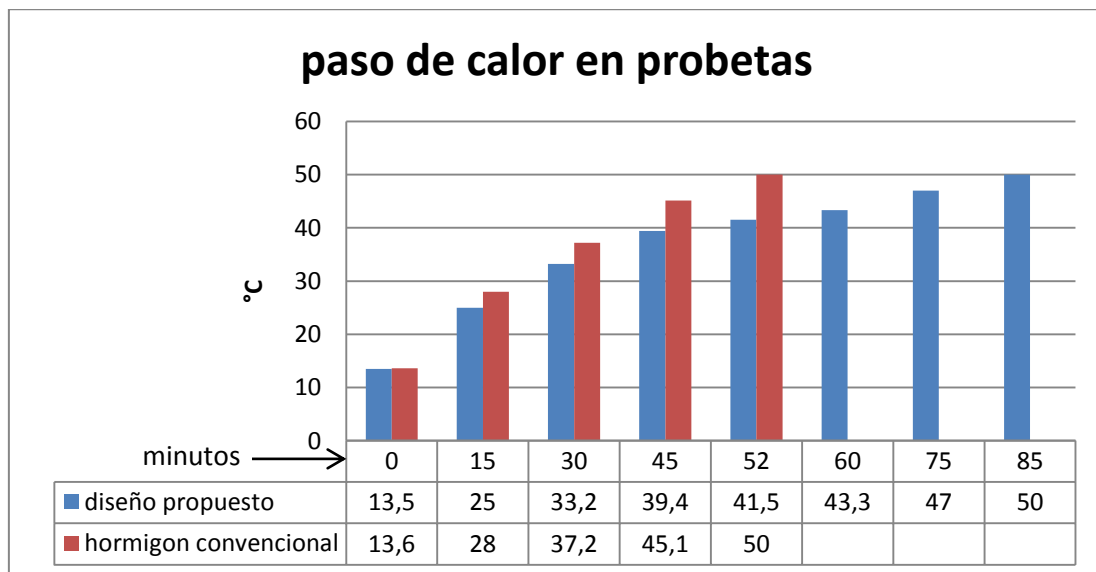


FIGURA 48. Diferencia del paso de calor en probetas.

4.1.7 Costos de elaboración.

Los costos de elaboración varían por los agregados que cada uno tiene y el trabajo que cuesta obtenerlos, en este punto el hormigón propuesto supero en gran manera al hormigón convencional, ya que al reemplazar el ripio por la madera, la elaboración de esta tuvo un alto costo, que encarece considerablemente el precio del hormigón.

Los resultados de este análisis están detallados en las tablas N.- 19, 20 y se los puede observar de mejor manera en la figura N.- 49.

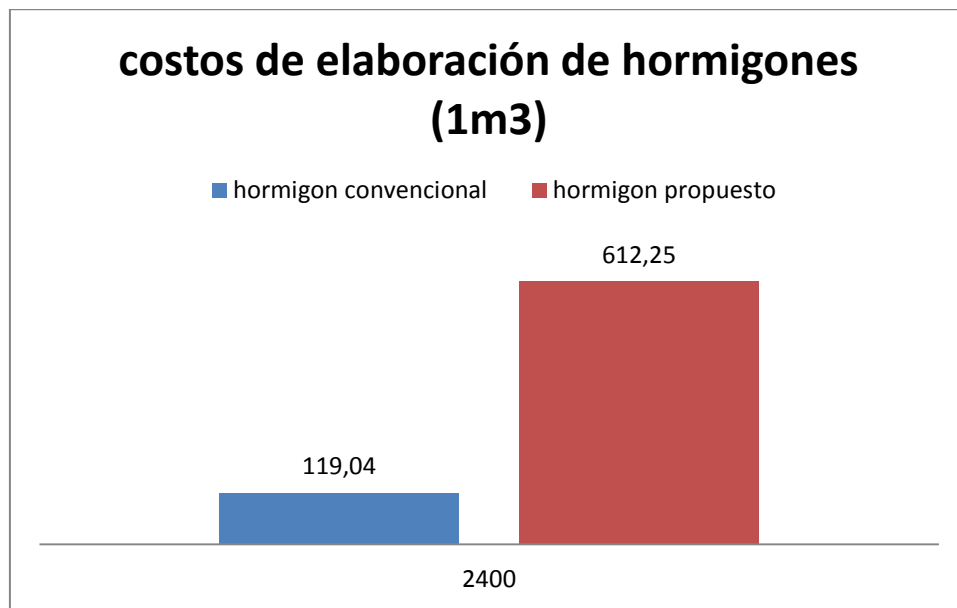


FIGURA 49. Diferencia de costos de elaboración de 1m3 de hormigón.

4.2 Validación de tesis.

En el inicio del presente proyecto se propuso el estudio comparativo de un hormigón convencional vs el diseño de un hormigón liviano intentando reemplazar los agregados convencionales por agregados naturales como la ceniza producto de la quema de madera y cubos de madera, esto tratando de conseguir un hormigón que fuera más liviano, aminorando así el peso que representa el hormigón normal, en una edificación y reduciendo el costo de cimentación en caso de obras de gran envergadura, también se propuso que este hormigón tendría propiedades de aislante térmico, por la inclusión de madera en su composición, esto justificando el clima frío que existe en la sierra ecuatoriana y también valido en la región costa ya que en esos lugares el clima es muy sofocante y con este hormigón se impediría que el calor traspase el hormigón con la misma facilidad que lo hace en el hormigón normal, reduciendo así costos en calefacción y aire acondicionado, por consiguiente costos de energía eléctrica y daños al medio ambiente, cabe recalcar que se buscó que este hormigón alcanzará las resistencias de estructural, pero

indicando el **objetivo general** que si no se lograba este objetivo se daría los usos correspondientes dependiendo a su resistencia.

Después de los resultados obtenidos podemos validar la hipótesis con respecto al alivianamiento del hormigón, pues se pudo alcanzar una densidad de 1700 kg/m³ por debajo del límite establecido para un hormigón alivianado (1900 kg/m³), y a su propiedad de aislante térmico, pues reduce el paso del calor exterior en un 45% más que el hormigón tradicional, evitando así que en el interior de una edificación haya la misma temperatura que en el exterior.

Sin validar la hipótesis del reemplazo total del agregado fino, por su muy baja resistencia (**Revisar en figura N.- 45 y tabla N.-21 la muestra N.- 7**).

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En lo concerniente a la ceniza se concluye que al ser un agregado más fino que la arena, cuando se lo incluyo en el hormigón, ocupó los espacios que existen entre la arena, ripio y cemento, compactando más la mezcla y dándole mejor adherencia a los conglomerados y por ende mayor resistencia.

reemplazar los agregados convencionales, la arena por ceniza y la madera por ripio de observo que la cantidad de agregado grueso se reducía en un 75% ya que el volumen de la madera era mucho mayor a la del ripio así mismo el volumen del hormigón aumenta en un 33% obteniendo así más cantidad de material con las mismas dosificaciones.

5.1 Viabilidad de tesis.

Material constructivo.

Después de analizar todos los estudios realizados podemos decir que en lo concerniente a material constructivo este hormigón es viable ya que ofrece mayores características que un hormigón normal, por su resistencia de 181.3kg/cm² puede ser utilizado para contra pisos, losas inaccesibles, divisiones de interiores y otros., cabe recalcar que su resistencia puede ser aumentada si se le agrega fibra de polipropileno a su composición sin modificar su densidad final.

5.2 Propiedad aislante.- con respecto a la propiedad de aislante térmico del hormigón podemos concluir que después de realizar los estudios respectivos, se alcanzó el resultado propuesto en el objetivo general, gracias a la inclusión de la madera en el interior del concreto, este redujo la velocidad de transmisión de calor hacia el lado opuesto de la probeta en un 50% más que el hormigón convencional (revisar ítem 3.4.6 propiedad aislante, tablas 17 y 18 y figura

N.48) esto quiere decir que este hormigón es propicio para aislar la temperatura interior de la exterior en una edificación, si se diera el caso.

5.3 Costo beneficio.- En lo concerniente costo beneficio, este hormigón lamentablemente no es viable para nuestro medio, ya que supera en 5 veces al hormigón convencional en su fabricación, (**revisar costos unitarios en tabla N.-19 y 20**) sin embargo el costo beneficio mejora considerablemente si analizamos el ahorro en cimentaciones, al construir edificios de gran tamaño, el ahorro en equipos de aire acondicionado y calefacción, energía eléctrica en una edificación por el uso de dichos equipos y la ayuda incalculable que damos al medio ambiente al consumir menos energía y por ende la contribución a la salud de nuestro planeta.

5.4.- RECOMENDACIONES.

- Se recomienda utilizar estos hormigones bajo estricto control de calidad realizando ensayos de laboratorio antes de la puesta en obra, ya que los resultados con las dosificaciones presentadas pueden variar dependiendo a la consistencia del hormigón que requiera el constructor.
- .El aditivo usado (Vizcomix), así como su dosificación, pueden variar dependiendo a la temperatura ambiente o condiciones climáticas donde se vaya a aplicar este hormigón.
- Se recomienda un estudio más minucioso en cuanto a la propiedad aislante de este hormigón ya que para este proyecto se utilizaron elementos empíricos, por lo que los resultados pueden variar si se realizan ensayos en laboratorios, altamente equipados con la tecnología necesaria.

5.5 los materiales y equipos usados en este estudio fueron obtenidos de:

Agregados: Área Minera SANTA MARIA LLoa (Pedro Cargua) Rep. Legal.

Aditivo: productos químicos para la construcción Setmix Cía. Ltda. (Ing. Guillermo Loayza Cordovez) Rep. Legal.

Laboratorio de ensayos: empresa ADMIX CIA. LTDA. (Ing. Guillermo Loayza Cordovez) Rep. Legal.

Referencias

CAUCA, F. D. (s.f.). *ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS*. Recuperado el 25 de 03 de 2018, de ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-213-07.pdf

EDICIONES, C. (s.f.). *LA MADERA*. Recuperado el 28 de 03 de 2018, de <http://www.cenlit.com/muestra>

FORESTAL, E. (02 de 08 de 2012). *ECUADOR FORESTAL*. Recuperado el 30 de 03 de 2018, de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-4-laurel/>

G., I. H. (1992). *COMPENDIO DE TECNOLOGIA DEL HORMIGON*. SANTIAGO, CHILE: INSTITUTO CHILENO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGON.

GILI, G. (2000). *Cementos. Montoya-Meseguer-*. Recuperado el 15 de 04 de 2018, de https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/Cementos.PDF

LUIS VALDEZ, G. S. (s.f.). *HORMIGONES LIVIANOS*. Recuperado el 25 de 03 de 2018, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10056/1/Hormigones%20Livianos.pdf>

MONTES, E. H., & MARTÍN, L. M. (2007). *HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO CONCRETO REFORZADO Y PREESFORZADO*. (G. d.-1. infraestructuras, Ed.) Granada, España: Gráficas Alhambra.