

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE ADOQUINES FABRICADOS CON
AGREGADO RECICLADO DE LADRILLO ESTRUCTURAL MARCA MELENDEZ**

JAMES BLINER QUIJANO MUÑOZ

JULIAN FELIPE HERNANDEZ



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
INGENIERÍA CIVIL
SANTIAGO DE CALI 2012

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE ADOQUINES FABRICADOS CON
AGREGADO RECICLADO DE LADRILLO ESTRUCTURAL MARCA MELENDEZ**

JAMES BLINER QUIJANO MUÑOZ

JULIAN FELIPE HERNANDEZ

Trabajo de grado para optar al título de

INGENIERO CIVIL

DIRECTOR

HAROLD CÁRDENAS, M.Sc

INGENIERO CIVIL



UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA

INGENIERÍA CIVIL

SANTIAGO DE CALI 2012

ΛΕΔΙΧΑΤΟΡΙΑ

*Α Διος πορ δαρμε λα πιδα,
λα σαβιδυρ'α ψ ελ συστεντο.
Α μισ ηφοσ πορ συ χομπρενσι ρν ψ
αποψο βρινδαδο δυραντε
Γστα Γποχα ταν ιμπορταντε δε μι πιδα,
Α μισ προφεσορεσ πορ τρανσμιτιρμε συσ
Χονοχιμιεντοσ ψ εξπεριενχιασ
παρα φορφαρμε χομο προφεσιοναλ,
Α μισ Αμιγοσ ψ χομπα)εροσ δε εστυδιο
πορ αχομπα)αρμε εν λοσ βυενοσ ψ
μαλοσ μομεντοσ.
Α μι βενδιχι ρν σεντιμενταλ μυχηασ γραχιασ.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi creador quien me dio la sabiduría, la inteligencia y me guio para culminar esta carrera. Gracias Señor.

A mis hijos por comprenderme cuando no podía compartir con ellos.

Al profesor Harold Cárdenas por permitirme ser parte de este proyecto de investigación.

Al ingeniero Carlos Manrique, por su gran aporte durante el proceso de diseño.

A mis amigos por ser parte de la alegría.

A mi Universidad, La Universidad del Valle, por todo lo que en ella aprendí.

Y a todas las personas que formaron parte de este proyecto, Gracias Mil.

JAMES BLINER QUIJANO

Agradezco a Dios por regalarme la vida y permitirme estudiar.

A mis compañeros de estudio los cuales fueron la alegría mientras pase por todas las alegrías y tristezas que pase en este recinto sagrado.

A mi compañero de proyecto de Grado James Quijano por ayuda en todo el proceso.

Y un agradecimiento muy especial a Alejandra Suarez la cual fue mi apoyo cuando pensé en decaer.

Y por supuesto a la universidad, a nuestro director y los jurados.

Madre, Padre y Hermano todo esto es debido a ustedes GRACIAS Y MIL GRACIAS.

JULIAN FELIPE HERNANDEZ

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GENERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. MARCO TEÓRICO	12
4.1 ANTECEDENTES	12
4.2 CONCRETO	15
4.3 CEMENTO	16
4.4 AGREGADOS	16
4.5. EL LADRILLO ESTRUCTURAL COMO AGREGADO	18
5. METODOLOGÍA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
5.2 ESTADO ECONOMICO DE LA INDUSTRIA LADRILLERA	20
5.3 FUENTES DE LADRILLO ESTRUCTURAL COMO ESCOMBRO Y SU IMPACTO ECONOMICO AMBIENTAL	20

5.4. MATERIALES PARA EL DISEÑO DEL LADRILLOCRETO	21
5.4.1. LADRILLO	21
5.4.2. GRAVA	25
5.4.3. ARENA	28
5.4.4. CEMENTO	30
5.5. DISEÑO MEZCLA METODO DE ESPACIOS LIBRES	31
5.6. DISEÑO POR EL METODO DE LA CURVA GRANULOMETRICA O FULLER Y THOMPSON	33
5.6.1. DISEÑO CON 10% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO	34
5.6.2. DISEÑO CON 20% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO	40
5.6.3. DISEÑO CON 30% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO	43
5.6.4. DISEÑO CON 40% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO	46
5.6.5. DISEÑO CON 50% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO	49
5.6.6. DISEÑO CON 0% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO	52
6. RESULTADOS DE ANALISIS Y ENSAYOS	56
6.1. RESULTADOS SUSTITUCION 0%	56
6.2. RESULTADOS SUSTITUCION 10%	56

6.3. RESULTADOS SUSTITUCION 20%	57
6.4. RESULTADOS SUSTITUCION 30%	57
6.5. RESULTADOS SUSTITUCION 40%	58
6.6. RESULTADOS SUSTITUCION 50%	58
6.7. RESULTADOS COMPARATIVOS PARA LAS SEIS SUSTITUCIONES	59
7. CONCLUSIONES	60
8. BIBLIOGRAFIA	60
9. ANEXOS	67
9.1. ANEXO No.1 FOTOGRAFIAS LADRILLOCRETO SUSTITUCION 0%	67
9.2. ANEXO No.1 FOTOGRAFIAS LADRILLOCRETO SUSTITUCION 10%	68
9.3. ANEXO No.1 FOTOGRAFIAS LADRILLOCRETO SUSTITUCION 0%	70
9.4. ANEXO No.1 FOTOGRAFIAS LADRILLOCRETO SUSTITUCION 0%	72
9.5. ANEXO No.1 FOTOGRAFIAS LADRILLOCRETO SUSTITUCION 0%	73
9.6. ANEXO No.1 FOTOGRAFIAS LADRILLOCRETO SUSTITUCION 0%	75
9.7. ANEXO No.1 FOTOGRAFIAS LADRILLOCRETO SUSTITUCION 0%	77
9.8. ANEXO DISEÑO ESTADISTICO	78

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción, es uno de los sectores que mas influye en la economía de la mayoría de países, esta industria consume materias primas y manufacturadas, las cuales generan durante su explotación, fabricación, uso y disposición final un gran porcentaje de residuos solidos y no solidos. Provocando un impacto negativo en muchas de las variables ambientales.

Los residuos solidos resultados de esta actividad se deben disponer en sitios que son ocupados rápidamente, debido al gran volumen que se produce, produciendo impactos en el suelo, aire, agua.

Este trabajo de investigación se proyecta como una alternativa de solución referente al manejo del desperdicio de ladrillo estructural proveniente de la fabricación, construcción y demolición. Evaluando las propiedades mecánicas de este material compuesto que hemos denominado ladrillocreto en una aplicación específica como son los adoquines para pavimento vehicular articulado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El rápido aumento de la población mundial ha obligado al desarrollo de actividades productivas para sostener la demanda en infraestructura, bienes y servicios de la sociedad, lo que se traduce en explotación de recursos renovables y no renovables del planeta, por lo que durante las últimas décadas se han estado desarrollando técnicas y tecnologías de reciclaje debido a la escasez de materias primas y el impacto en las variables ambientales. Lo que no solo es positivo para las grandes, medianas y pequeñas industrias en materia económica, sino para la población mundial, ya que se protege y preserva el medio ambiente, dándose el reusó a materiales que antes no se volvían a utilizar.

La industria de la construcción es una de las mayores consumidoras de recursos naturales, principalmente los áridos, usados para la producción de hormigón. La arcilla en la producción de tejas, ladrillo común, **ladrillo estructural**. Los desechos de estos productos generan grandes cantidades de desperdicio tanto en los procesos constructivos, restauraciones, demoliciones, y fabricación del mismo. Lo que impacta negativamente la economía y el medio ambiente mundial, por lo cual es una obligación por parte de la sociedad, de la cual hace parte nuestra universidad el desarrollo de métodos de mitigación o reducción de impactos, uno de los cuales es el reciclaje y uso de estos escombros para la generación de productos de la construcción.

Uno de los tipos de construcción que a tenido gran auge en los últimos tiempos es el sistema de mampostería estructural, proceso en el cual se genera gran desperdicio de ladrillo estructural, el cual se convierte en un contaminante más; afectando negativamente las variables ambientales de suelo, aire, agua, así como el medio biótico.

Para su disposición final se requiere la ocupación permanente de un área de suelo.

Para mostrar la factibilidad del uso de ladrillo estructural marca Meléndez, se elaboraran adoquines usando este material, evaluando las propiedades mecánicas finales, a partir de las cuales podemos determinar la capacidad de uso de este reciclado como agregado en la producción de un material compuesto denominado ladrillocreto y aplicado a la producción de adoquines.

El uso de ladrillo estructural marca Meléndez es porque es deseable un material con características mecánicas estándar.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento mecánico de adoquines fabricados con agregados reciclados a partir de ladrillo estructural marca Meléndez.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las propiedades del agregado grueso reciclado a partir del ladrillo estructural Meléndez y usarlo como sustituto de la grava en la mezcla de concreto.
- Reconocer la viabilidad económica y ambiental de la producción del adoquín con agregado reciclado.
- Realizar las diferentes pruebas y ensayos de laboratorio que permitan identificar las cualidades del uso de este agregado en adoquines reciclados.

3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación nace de la necesidad de hacer un aporte a la sociedad en el campo del bienestar ambiental y en el campo de la ingeniería. Además de continuar la serie de interesante e importantes investigaciones en materia de reciclaje. Esperando no solo se llegue a nivel de investigación sino que en el futuro personas o empresas se interesen en el tema y puedan implementar a mediana y gran escala este proceso.

Porque si estos métodos de reciclaje no se empiezan a implementar en la sociedad su efecto benéfico en el medio ambiente y la economía no será fructífero.

En el medio de la construcción se deben desarrollar políticas que motiven el reciclaje, ya sea con beneficios económicos o de otro tipo.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. ANTECEDENTES

Durante la época medieval, las calles servían para el paso de peatones, animales y carros, como también de vertedero de aguas, por lo que se necesitaba pavimentarla con elementos de fácil drenaje, donde surge el adoquín como solución a sus necesidades primarias y que se fueron desarrollando a través de los años; se encontraron desde adoquines de guijarros de río que eran sellados con una capa de argamasa de cal y arena; adoquines de madera, utilizados principalmente durante el siglo XIX pero que debido a su alta degradación a la intemperie se abandonaron; más adelante en el siglo XX, los países de Alemania y Holanda iniciaron investigaciones sobre la colocación de adoquines en arcilla, encontrando uniformidad y bajo costo frente a los de piedra y madera. Más tarde, conforme los procesos de fabricación fueron mejorando, se empezaron a introducir formas dentadas o curvas, donde las tolerancias dimensionales eran ya muy pequeñas, y la evolución técnica se disparó hacia la década de los 70. Los adoquines son elementos macizos prefabricados de concreto o arcilla según su requerimiento, siendo pequeño y manejable, de formas geométricas estudiadas no solo para la composición de pavimentos, sino también para un adecuado reparto de cargas en vías destinadas para tráficos pesados; además permite infinidad de

combinaciones aportando diseño y una mirada estética que empieza desde el suelo. El adoquín permite la presentación de vías destinadas a todo tipo de tráfico desde aceras, zonas peatonales, patios, jardines, accesos a garajes, hasta pavimentos de tráfico pesado.

Como todo material, el adoquín requiere de mantenimiento y renovación, pero en esta renovación se pueden reutilizar hasta el 95% de los adoquines originales, una de las razones ecológicas y económicas de este material. El adoquín de hormigón o arcilla es un elemento no aligerado en su masa, prefabricado con forma de prisma recto, cuyas bases son polígonos tales que en conjunto permiten conformar una superficie que se utiliza como capa de rodadura en los pavimentos y en algunos casos, en los pisos recubiertos con adoquines de concreto.

- La colocación de los adoquines no requiere de una gran inversión en maquinaria.
- Pueden realizarse parcialmente, es decir, no es necesaria la continuidad de los pavimentos, lo importante es asegurar un cordón de confinamiento alrededor de ellos.
- Una vez terminada la obra, puede ser puesto en funcionamiento inmediatamente.
- Es utilizado como pavimento articulado para tráfico vehicular o peatonal; puede ser recuperado y reutilizado cuando sea necesario, especialmente en la ejecución de obras subterráneas como instalación de ductos, tuberías, entre otros.
- El Adoquín de concreto no tiene un límite de vida, por lo cual se puede considerar un activo fijo y no como un material consumo por desgaste del pavimento para las administraciones.

- Como la rodadura segmentada y flexible, se puede volver a colocar tantas veces como se quiera sin dejar huella (usando los mismos adoquines), después de reparar redes subterráneas, corregir hundimientos por mala compactación de brechas, etc.
- Poseen una altísima resistencia al patinaje de los vehículos, la cual se conserva durante toda su vida útil.
- La presencia y diseño del separador favorece la instalación brindando mayor traba entre piezas y una disposición más uniforme en el pavimento.
- Gracias a la amplia gama de pigmentos para hormigón y arcillas permite crear diseños en casi cualquier color y combinar formas para generar una distinción estética.

Los requisitos básicos que la norma **NTC 2017** indica son:

DIMENSIONALES

- Longitud no mayor a 250mm.
- Espesor no será menor de 60mm y se preferirán dimensiones múltiplos de 20mm (60, 80, 100, 140mm).

TOLERANCIAS

La tolerancia en el espesor será $\pm 3\text{mm}$ de la medida especificada.

RESISTENCIA (MODULO DE ROTURA)

- Los adoquines ensayados tendrán un modulo de rotura promedio para la muestra, no menor de 4,2 MPa (42,83 Kgf/cm²), e individual no menor de 3,8 MPa (38,75 Kgf/cm²).

Estos requisitos se miden de la siguiente manera:

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES: La verificación de las dimensiones se debe efectuar con un instrumento que permita medir variaciones de 1mm.

DETERMINACIÓN DEL MODULO DE ROTURA:

Cada adoquín se debe llevar hasta la rotura, por flexión, como una viga simplemente apoyada. El ensayo se realizara en una prensa o una máquina para el ensayo de vigas a flexión.

Con lo anterior se puede demostrar que una alternativa de construcción ambiental es la reutilización y reciclaje del ladrillo estructural, que combinado con el gran aporte del uso del adoquín, genera soluciones en materia medioambiental y socio-económica.

4.2 CONCRETO

El concreto en su conformación básica es la mezcla de agregados y pasta o cementante. En el concreto, el agregado fino y grueso constituyen el esqueleto, mientras que la pasta que se forma con el cemento y el agua, que fragua primero y endurece después, rellena los vacíos uniendo y consolidando los granos de los áridos. Una composición mas sofisticada puede llevar aditivos para modificar algunas de sus propiedades químicas y adiciones para modificar sus propiedades físicas.

De acuerdo al tipo de uso, los concretos pueden ser de alta y baja resistencia.

En los concretos de alta resistencia, la contracción autógena es mayor que en el concreto convencional, y el valor de la fluencia específica del material es mayor. Esta combinación de parámetros es la responsable del elevado potencial

generador de fisuras. Lo cual puede influir en la capacidad estructural así como durabilidad de la estructura, de acuerdo a esto se deben determinar los procesos adecuados que garanticen una durabilidad adecuada.

4.3 CEMENTO

Se denomina cemento a un aglutinante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétrea, denominada hormigón (en España, parte de Sudamérica y el Caribe hispano) o concreto (en México y parte de Sudamérica). Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil.

Desde el punto de vista químico se trata en general de una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio, obtenidos a través del cocido de calcáreo, arcilla y arena. El material obtenido, molido muy finamente, una vez que se mezcla con agua se hidrata y solidifica progresivamente. Puesto que la composición química de los cementos es compleja, se utilizan terminologías específicas para definir las composiciones.

4.4 AGREGADOS

Los agregados son componentes derivados de la trituración natural o artificial de diversas piedras, y pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra que junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto, estos ocupan normalmente entre el 60 y 75 % del volumen del concreto y se clasifican en agregados finos y gruesos.

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna establece que siendo este material el que mayor % de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efectos importante no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia del estado plástico de la pasta, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

La norma recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo esto debe soportarse en resultados de laboratorio.

Aunque hay diversas formas de clasificar a los agregados, el más común es el que los separa en agregados gruesos y finos, dependiendo del diámetro de sus partículas. El tamiz No. 4 retiene los agregados gruesos, y el tamiz No. 200 los agregados finos.

El agregado grueso esta formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas en nuestra investigación este agregado será extraído del ladrillo. El tamaño mínimo es de 4,8 mm, este debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado de lavado.

Los agregados finos o arenas son un conjunto de rocas disgregadas de las rocas acumuladas en las orillas de los mares, los ríos o en capas de los terrenos de acarreo. El principal componente de la arena es la sílice o dióxido de silicio (SiO_2), del que también se obtiene el Vidrio, material transparente obtenido del fundido de sílice; Fibra de vidrio, utilizada como aislante térmico o como componente

estructural y Vidrio celular, un vidrio con burbujas utilizado como aislante, entre otros. En nuestro caso no evaluaremos la posibilidad de sustituir el agregado fino con el ladrillo reciclado.

4.5 EL LADRILLO ESTRUCTURAL COMO AGREGADO

Hemos investigado que se ha hecho sobre este tema y nos hemos encontrado que el uso específico de escombros de ladrillo estructural como sustitución de agregado grueso para desarrollo de la mezcla que conforma el adoquines no se ha implementado, no se encuentra documentación concreta sobre el tema, si se ha encontrado el uso de escombros no homogéneos para desarrollar concretos y adoquines, pero el uso de una materia prima con un especificaciones homogéneas como el escombros de ladrillo estructural no se ha realizado.

5. METODOLOGÍA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación planteada para este proyecto de grado es de carácter experimental e investigativo. Mostrando otra nueva opción en la preparación de concreto sustituyendo el agregado grueso con el reciclado del ladrillo estructural marca Meléndez y usando este nuevo concreto en la fabricación de adoquín que es un elemento utilizado para pavimentos articulados, vehiculares o peatonales.

Sin embargo esta nueva variante del concreto que hemos llamado ladrillocreto estructural, puede usarse en losas, andenes, vigas, sin embargo esta investigación esta fuera del alcance de esta tesis de pregrado y se propone para una tesis de postgrado, o para un grupo de investigación de materiales compuestos.

5.2. ESTADO ECONOMICO DE LA INDUSTRIA LADRILLERA

Colombia exporta alrededor de US\$214.7 millones en materiales de construcción de los cuales 30.4% (US\$65.260 millones) corresponden a la venta de productos elaborados con arcilla, según lo corroboran recientes cifras de Proexport. En Colombia se producen 376.947 toneladas mensuales de ladrillo, es decir 4.523.367 al año.

5.3. Fuentes del ladrillo estructural como desperdicio y su impacto económico ambiental

El porcentaje de desperdicio del ladrillo esta alrededor del 5%, es decir se producen al año 226169 toneladas de desperdicio de ladrillo. Lo cual produce un importante impacto negativo en el medioambiente y también en lo económico.

De estas 226 169 toneladas aproximadamente el 40% es de ladrillo estructural.

Ósea 90 468 toneladas de desperdicio de ladrillo estructural. Este desperdicio genera unas pérdidas económicas de alrededor de \$2714'040 000.00 y unos impactos ambientales que afectan el suelo, el aire y el paisaje con unos costos ambientales equivalentes a los recursos necesarios para restaurar las variables ambientales afectadas, las cuales se estiman en \$40 000/Impacto ambiental-tonelada. Y este proyecto de grado está enfocado a ser parte importante en la solución de este problema económico ambiental, al aprovechar este material de desperdicio y darle un uso rentable en la construcción, obteniendo beneficios económicos y ambientales para la sociedad y el usuario de este material reciclado. Aclarando la fuente de material reciclado pasamos al diseño de la mezcla.

5.4. Materiales Para El Diseño del ladrillocreto:

5.4.1. Ladrillo

Lo primero que hicimos fue tamizar el ladrillo reciclado para no tener partículas mayores a $\frac{3}{4}$ de pulgada ni menores al tamiz No.4 debido a las dimensiones del adoquín y para no superar el tamaño del agregado del concreto.

En el laboratorio procedimos a determinar las siguientes características físicas del ladrillo reciclado necesarias para el diseño del ladrillocreto:

Densidad granular o suelta ladrillo reciclado:

Se lleno una probeta con el ladrillo reciclado, se vibro manualmente y se procedió a medir el volumen y su peso obteniéndose

Densidad suelta del ladrillo: **924 kg/m³**

Absorción ladrillo reciclado:

Se seco por 24 horas en un horno una muestra de ladrillo reciclado y se tomo su peso seco, luego se puso la misma muestra a saturación con agua por un intervalo de 48 horas, midiéndose su peso saturado. Dividimos el peso seco sobre el peso saturado y obtenemos el porcentaje de absorción:

Absorción del ladrillo: **16.49%**

Gravedad específica o densidad relativa del ladrillo:

La densidad relativa es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia. Ambas densidades se expresan en las mismas unidades y en iguales condiciones de temperatura y presión. La densidad relativa es adimensional (sin unidades), ya que queda definida como el cociente de dos densidades.

A veces se la llama gravedad específica (del inglés specific gravity) especialmente en los países con fuerte influencia anglosajona. Tal denominación es incorrecta, por cuanto que en ciencia el término "específico" significa por unidad de masa.

Para los líquidos y los sólidos, la densidad de referencia habitual es la del agua líquida a la presión de 1 atm y la temperatura de 4 °C. En esas condiciones, la densidad absoluta del agua es de 1000 kg/m³

Gravedad especifica ladrillo: **1.91**

Tabla 1.

Granulometría Ladrillo reciclado

Peso inicial (gr)	2316	Peso lavado (gr)	2306
--------------------------	------	-------------------------	------

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
3"	0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	0	0.0	0.0	100.0
2"	0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0	0.0	0.0	100.0
1"	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	1371.0	59.2	59.2	40.8
3/8"	555.0	24.0	83.2	16.8
# 4	340.0	14.7	97.8	2.2
# 8	26.0	1.1	99.0	1.0
# 16	5.0	0.2	99.2	0.8
# 30	2.0	0.1	99.3	0.7
# 50	3.0	0.1	99.4	0.6
# 100	4.0	0.2	99.6	0.4
# 200	0.0	0.0	99.6	0.4
Pasa 200	0			
Total	2306			

Grafica 1.

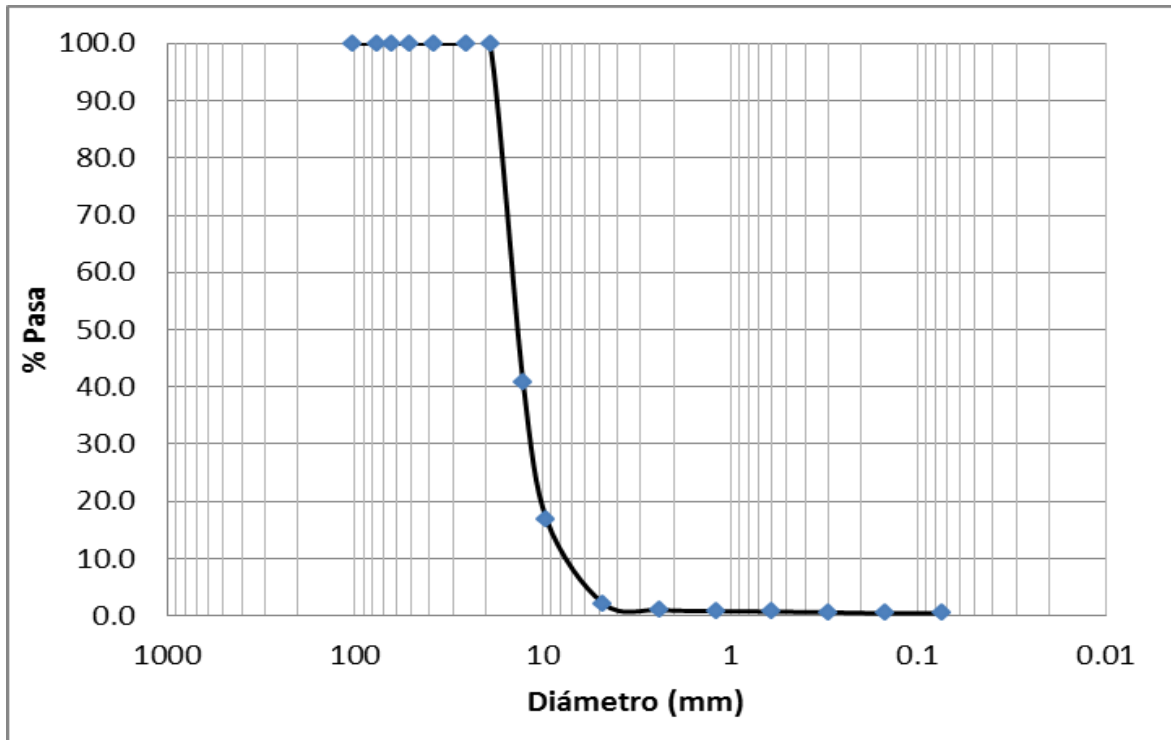


Foto No. 1 : Ladrillo estructural reciclado

Humedad natural del ladrillo:

Se procedió a medir la humedad natural, pesando una muestra representativa, luego se procedió a secar esta muestra en el horno por 24 horas para hallar su peso seco. Con lo cual se obtuvo:

Humedad natural **1%**.

5.4.2. GRAVA

Foto 2. Grava



La fuente de este árido fue la cantera del chocho, el tamaño máximo a usar es 3/4".

Densidad granular o suelta de la grava:

Se lleno una probeta con grava, se vibro manualmente y se procedió a medir el volumen y su peso obteniéndose

Densidad suelta de la grava: **1491 kg/m³**

Absorción grava:

Se seco por 24 horas en un horno una muestra de grava y se tomo su peso seco, luego se puso la misma muestra a saturación con agua por un intervalo de 48 horas, midiéndose su peso saturado. Dividimos el peso seco sobre el peso saturado y obtenemos el porcentaje de absorción:

Absorción de la grava: **1.26%**

Que es muy baja comparada con la del ladrillo estructural que es del 16%.

Gravedad específica o densidad relativa de la grava:

Usando los mismos pasos que se usaron para hallar la gravedad específica del ladrillo obtenemos la gravedad específica de la grava:

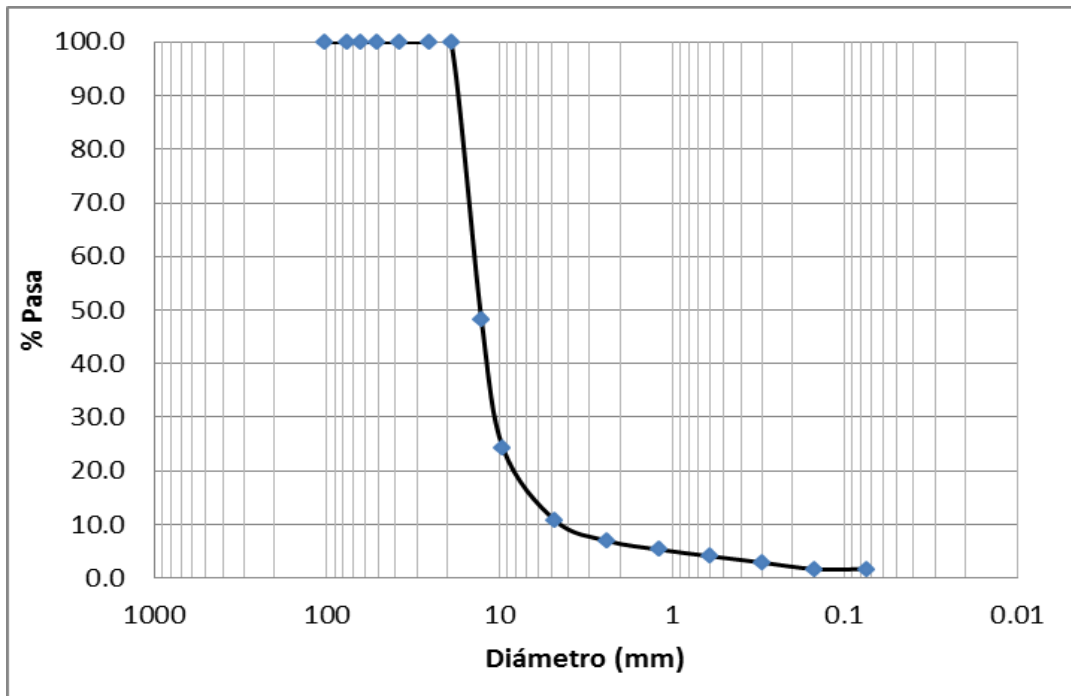
Gravedad especifica grava: **2.85**

Tabla 2. Granulometría de la grava

Peso inicial (gr)	5134.8	Peso lavado (gr)	5047.8
--------------------------	--------	-------------------------	--------

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
3"	0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	0	0.0	0.0	100.0
2"	0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0	0.0	0.0	100.0
1"	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	2665.0	51.9	51.9	48.1
3/8"	1226.5	23.9	75.8	24.2
# 4	692.0	13.5	89.3	10.7
# 8	195.3	3.8	93.1	6.9
# 16	84.0	1.6	94.7	5.3
# 30	63.0	1.2	95.9	4.1
# 50	60.0	1.2	97.1	2.9
# 100	62.0	1.2	98.3	1.7
# 200	0.0	0.0	98.3	1.7
Pasa 200	0			
Total	5047.8			

Grafico 2: Granulometría de la grava



Humedad natural de la grava:

Se procedió a medir la humedad natural, pesando una muestra representativa, luego se procedió a secar esta muestra en el horno por 24 horas para hallar su peso seco. Con lo cual se obtuvo:

Humedad natural **1%**.

5.4.3. ARENA

Foto 3



La fuente de esta arena es el rio cauca en el sector del hormiguero, esta arena es denominada arena gruesa.

Densidad granular o suelta de la arena:

Se lleno una probeta con arena, se vibro manualmente y se procedió a medir el volumen y su peso obteniéndose

Densidad suelta de la arena: **1489 kg/m³**

Absorción arena:

Se seco por 24 horas en un horno una muestra de arena y se tomo su peso seco, luego se puso la misma muestra a saturación con agua por un intervalo de 48 horas, midiéndose su peso saturado. Dividimos el peso seco sobre el peso saturado y obtenemos el porcentaje de absorción:

Absorción de la arena: **1.56%**

Gravedad específica o densidad relativa de la arena:

Usando el método para hallar la gravedad específica para materiales finos se obtuvo:

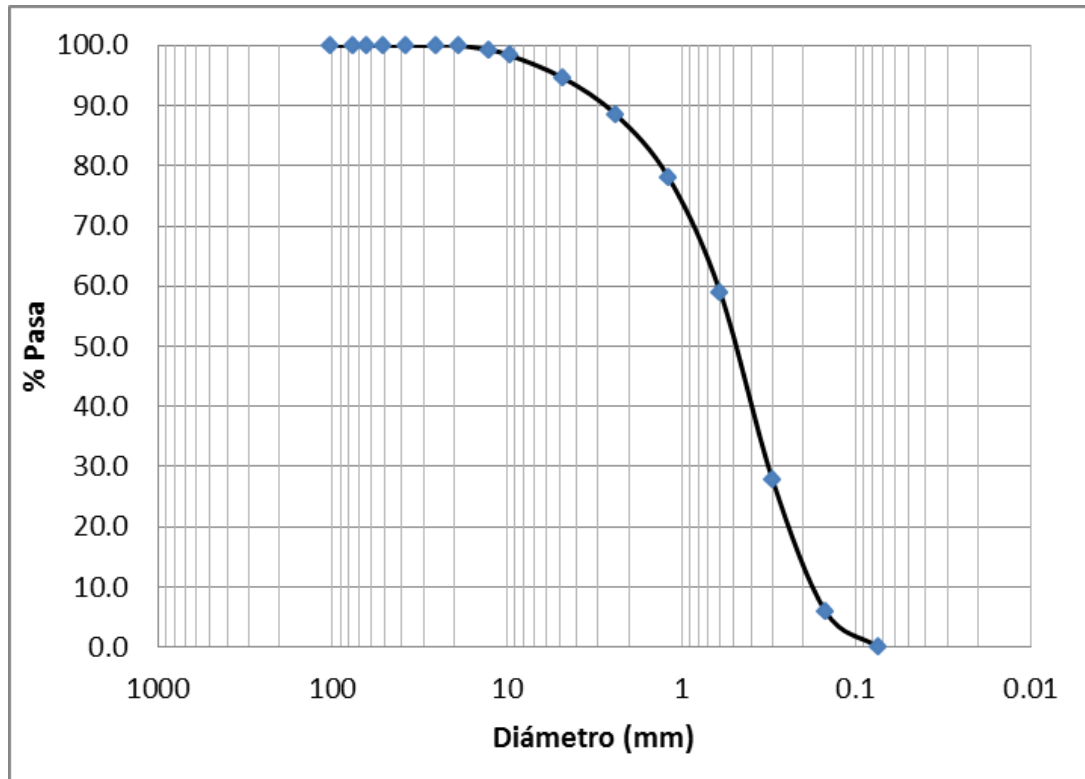
Gravedad especifica arena: **2.62**

Tabla No. 3: Granulometría de la arena

Peso inicial (gr)	748.5	Peso lavado (gr)	748
--------------------------	-------	-------------------------	-----

TAMIZ	Peso retenido gr	Porcentaje retenido %	Retenido acumulado %	Porcentaje pasa %
3"	0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	0	0.0	0.0	100.0
2"	0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0	0.0	0.0	100.0
1"	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	5.5	0.7	0.7	99.3
3/8"	7.0	0.9	1.7	98.3
# 4	28.0	3.7	5.4	94.6
# 8	46.0	6.1	11.6	88.4
# 16	78.5	10.5	22.0	78.0
# 30	142.0	19.0	41.0	59.0
# 50	234.0	31.3	72.3	27.7
# 100	162.5	21.7	94.0	6.0
# 200	44.5	5.9	99.9	0.1
Pasa 200	0			
Total	748			

Grafica No. 3: Granulometría de la arena



Humedad natural de la arena:

Se procedió a medir la humedad natural, pesando una muestra representativa, luego se procedió a secar esta muestra en el horno por 24 horas para hallar su peso seco. Con lo cual se obtuvo:

Humedad natural 2.5%.

5.4.4. CEMENTO

El cemento que usamos para la implementación de este material compuesto fue el cemento ARGOS.

Densidad granular o suelta del cemento:

Se lleno una probeta con cemento, se vibro manualmente y se procedió a medir el volumen y su peso obteniéndose

Densidad suelta del cemento: **1430 kg/m³**

Densidad saturada del cemento con una relación a/c=0.4 :

Se lleno una probeta con 700ml de cemento argos y luego se saturo con agua hasta tener una relación a/c=0.4, dividí el peso sobre el volumen:

Encontrando una densidad saturada al 0.4ac= 2001Kg/m³.

Gravedad especifica cemento argos:

La gravedad especifica de cemento argos es: 3.1

Con toda esta información de los materiales procedemos a realizar el diseño.

5.5 Diseño Mezcla Método de espacios libres



Foto No. 4

Este método optimiza la compacidad de la mezcla y minimiza el uso de cemento.

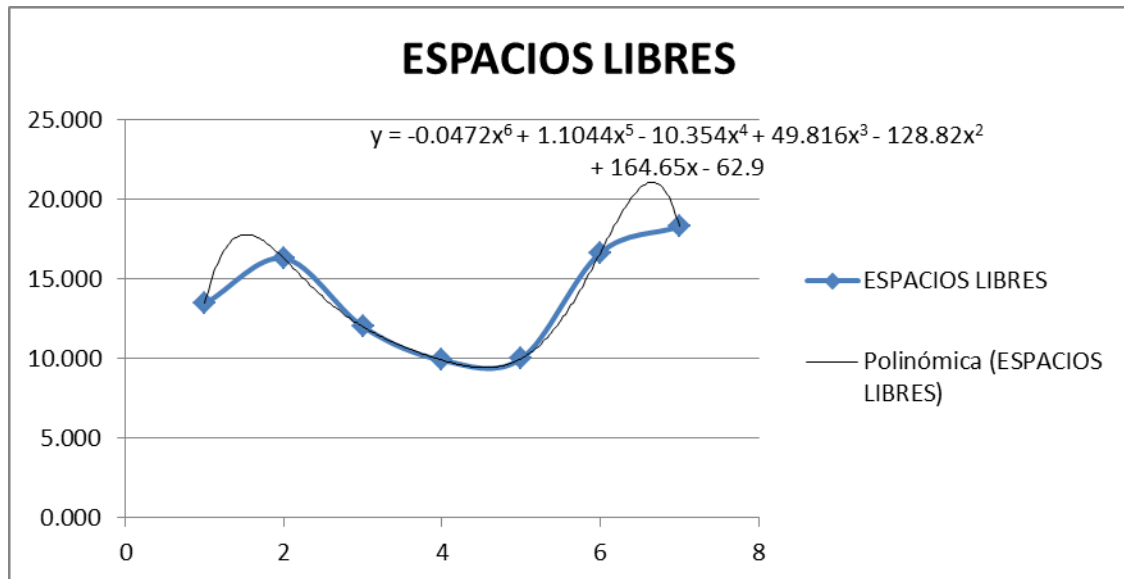
Comenzamos a combinar diferentes combinaciones de agregado grueso y fino, buscando la combinación que tenga el menor volumen, que a la vez será la que tenga el menor porcentaje de espacios libres, procediendo de la siguiente manera

Como muestra la siguiente tabla:

Tabla 4: Combinaciones de agregado grueso y fino para diseño de la mezcla por el método de espacios libres

Tabla Combinaciones de agregados gruesos y finos							
Combinación	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
% GRAVA	30	40	45	50	55	60	70
% ARENA	70	60	55	50	45	40	30
%Vacíos	13.450	16.300	12.000	9.900	10.000	16.650	18.300

Grafica 4 : Diseño por el método de espacios libres



Este metodo nos arroja que la mejor combinacion entre agregado grueso y fino es mitad y mitad en peso.

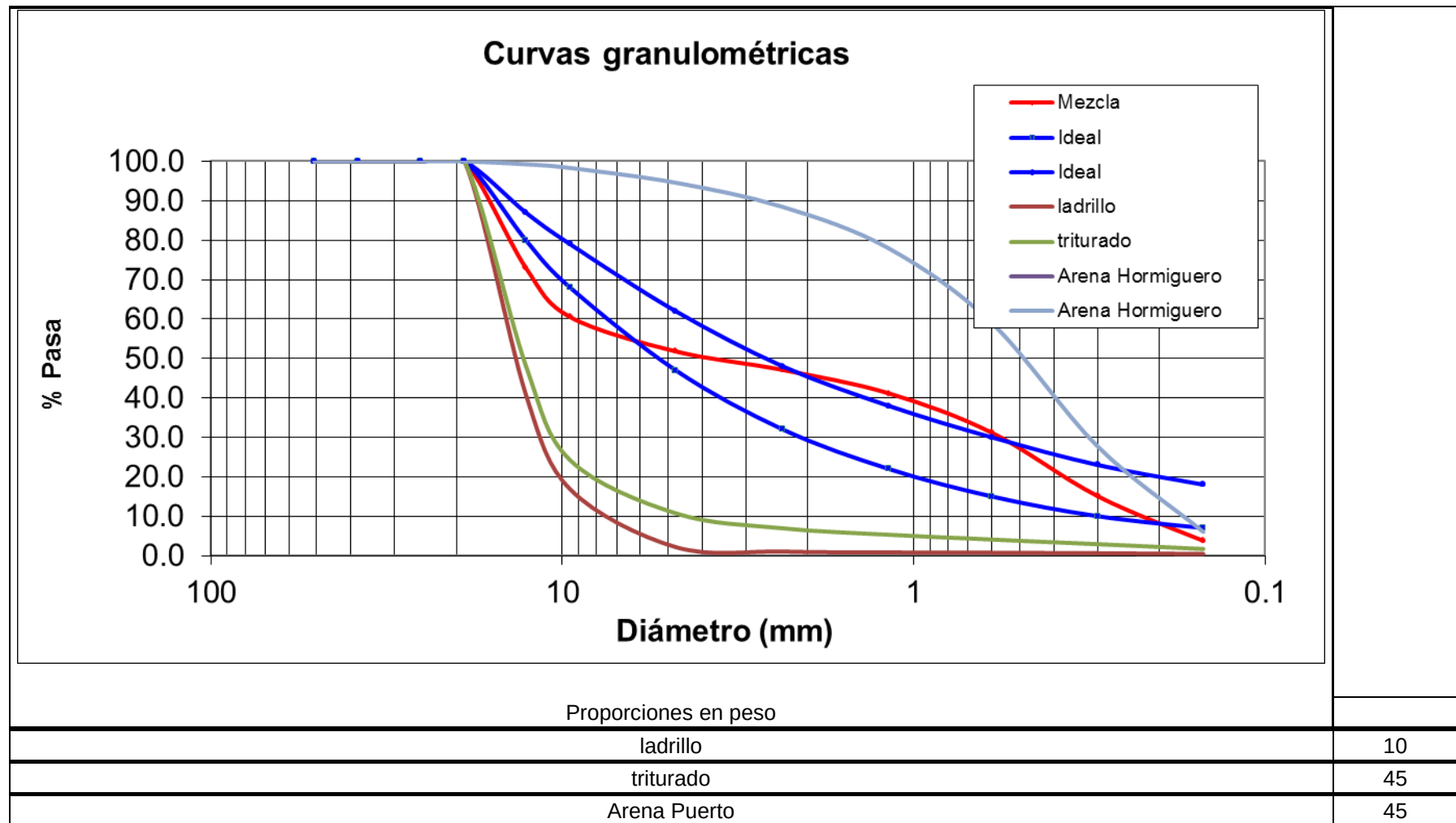
5.6 Diseño Por El Método De Curva Granulométrica o Fuller y Thompson

Este metodo consiste en hacercar lo mejor posible la combinacion de agregados, a unas curvas ideales teoricas, para esto se requiere la informacion granulometrica de cada uno de los materiales, las cuales dieron como resultado la siguiente informacion:

TABLA No. 5: GRANULOMETRIA DE LOS TRES AGREGADOS				
FUENTE		ladrillo	triturado	Arena Puerto
Gravedad especifica nominal				
Gravedad especifica		1.910	2.85	2.620
% Absorción		16.490	1.260	1.560
Peso unitario suelto gr./cm ³				
Peso unitario compacto gr./cm ³		0.924	1.491	1.489
		Granulometría		
	Tamiz	% Pasa	% Pasa	% Pasa
	2"	100.0	100.0	100
	1 1/2"	100.00	100.0	100.0
	1"	100.00	100.0	100.0
	3/4 "	89.70	82.1	100.0
	1/2"	36.60	39.5	99.3
	3/8 "	15.10	19.9	98.3
	# 4	1.94	8.8	94.6
	8	0.93	5.7	88.4
	16	0.74	4.4	78.0
	30	0.66	3.3	59.0
	50	0.54	2.4	27.7
	100	0.39	1.4	6.0
			1.4	0.1

5.6.1. DISEÑO CON 10% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO

GRAFICA No. 5: MEZCLA IDEAL CON 10% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO



100

DISEÑO CON 10% DE SUSTITUCION DE PESO DE LA MEZCLA CON LADRILLO RECICLADO

Tabla No.6: Aporte de cada agregado			
Tamiz	ladrillo	triturado	Arena Puerto
2"	10.0	40.0	50.0
1 1/2"	10.0	40.0	50.0
1"	10.0	40.0	50.0
3/4"	10.0	40.0	50.0
1/2 "	4.1	19.2	49.6
3/8 "	1.7	9.7	49.2
# 4	0.2	4.3	47.3
8	0.1	2.8	44.2
16	0.1	2.1	39.0
30	0.1	1.6	29.5
50	0.1	1.2	13.9
100	0.0	0.7	3.0

Tabla No.7: Granulometría de los agregados Mezclados. Sustitución del 10% de los agregados			
Diámetro mm	100% Mezcla	Curva Ideal	
50.8	100.0	100	100
38.1	100.0	100	100
25.4	100.0	100	100
19	100.0	100	100
12.7	73.0	80	87
9.51	60.5	68	79
4.76	51.8	47	62
2.36	47.1	32	48
1.18	41.2	22	38
0.6	31.2	15	30
0.3	15.1	10	23
0.15	3.7	7	18

Con lo cual obtuvimos las siguientes cantidades:

TABLA No. 8: VOLUMEN A PREPARAR CON SUSTITUCION DEL 10% DE LOS AGREGADOS (SUSTITUIDO SOLO AGREGADO GRUESO)			
	Unidades	Volumen unitario m ³	Volumen (m ³)
Adoquines	7	0.0026	0.01848
Cilindros	0	0.0056	0
Slump	1	0.0053	0.0053
Perdidas	10%		0.001189
Volumen total de concreto hidráulico (m³)			0.024969

Se utilizo una relacion agua cemento de 0.4

TABLA No. 9: DOSIFICACION DE MATERIALES A PREPARAR CON SUSTITUCION DEL 10% DE LOS AGREGADOS (SUSTITUIDO SOLO AGREGADO GRUESO)							
Materiales	Relación	Pesos a tomar (Kg)	Volumen dm ³	Pesos a tomar Kg	Humedad agregados	Pesos a tomar húmedos (Kg)	Absorción Kg
Agua	0.40	4.569	4.569	4.569		5.107	
Cemento	1.00	11.423	3.68	11.423		11.423	
Arena Puerto	1.70	19.474	7.43	19.474	2.50	19.961	0.30
triturado	1.70	19.474	6.83	19.474	1.00	19.669	0.25
ladrillo	0.38	4.328	2.27	4.328	1.00	4.371	0.71
sika L	0.02	0.241	0.18	0.241		0.241	
Total	5.21	59.5	24.97	59.5			

Con este diseño se procedio a realizar la preparacion de este ladrillocreto (que es el material que estamos investigando)



Foto No. 5

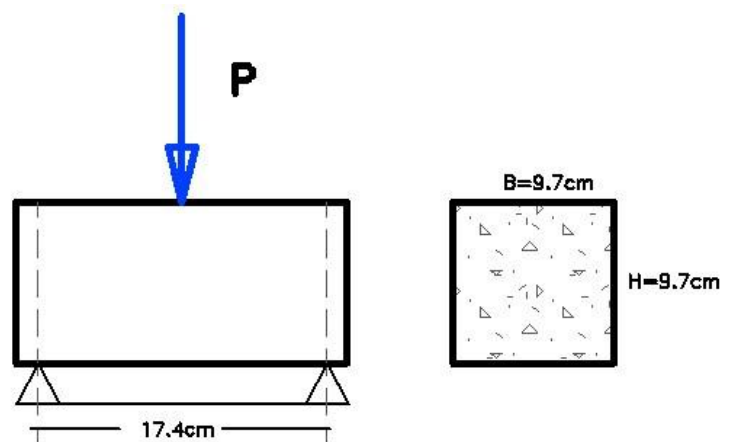
Cuando hicimos el primer intento de mezcla tuvimos un problema con el agregado de ladrillo, pues por ser tan absorbente forma granulos o pelotas (ver enlace: http://www.youtube.com/watch?v=8BrK1v9f0KI&feature=results_main), por lo cual debimos implementar un novedoso metodo para realizar la mezcla, el cual consiste en realizar la mezcla en tres etapas, primero agregar a la mezcladora la arena , el agua y cemento correspondiente a este agregado mezclando 30sg, para garantizar que la arena absorbiera la pasta necesaria para formar la matriz pasta agregado fino, luego de esto agregamos, la grava, el agua y cemento correspondientes a este agregado y mezclamos otros 30 segundos y por ultimo agregamos el agregado de ladrillo, el agua y cemento correspondiente a este agregado, con este metodo las bolas de pasta que encerraban los granos de ladrillo disminuyeron en un 90%.

En la siguiente fotografia podemos ver un adoquin construido con el 10% de sustitucion y una relacion agua cemento de 0.9 en una mezcla de prueba, el cual fallamos a flexion:



Foto No. 6

Esta probeta se fallo a flexion a los 2 dias y 12 horas de fundido, se realizo el ensayo a flexion



ESQUEMA DE FALLA AFLEXION

con los siguientes parametros:

El peso de esta probeta fue de 4905gr

$P=1144\text{lb/pg}$

$B=9.7\text{cm}$

$H=9.7\text{cm}$

$L=17.4\text{cm}$

$$MR = \frac{3 P L}{2 B H^2}$$

MR: 2047 Psi

Relacion Agua Cemento 0.9

Porcentage de sustitucion 10% del

Estos son los adoquines fundidos el viernes 13 de julio del 2012.



Foto No. 7

La informacion de esta primer ensayo preliminar:

PORCENTAJE DE SUSTITUCION	RELACION a/c	PESO Kg	Hora de fundición	Hora de falla	EDAD (Días)	Tipo Falla	Mr
10	0.9	5.11	viernes, 13 de julio de 2012	lunes, 16 de julio de 2012	2.75	Flexión	14,3Kg-f/cm ²

5.6.2. DISEÑO CON 20% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO

GRAFICA No. 6: MEZCLA IDEAL CON 20% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO

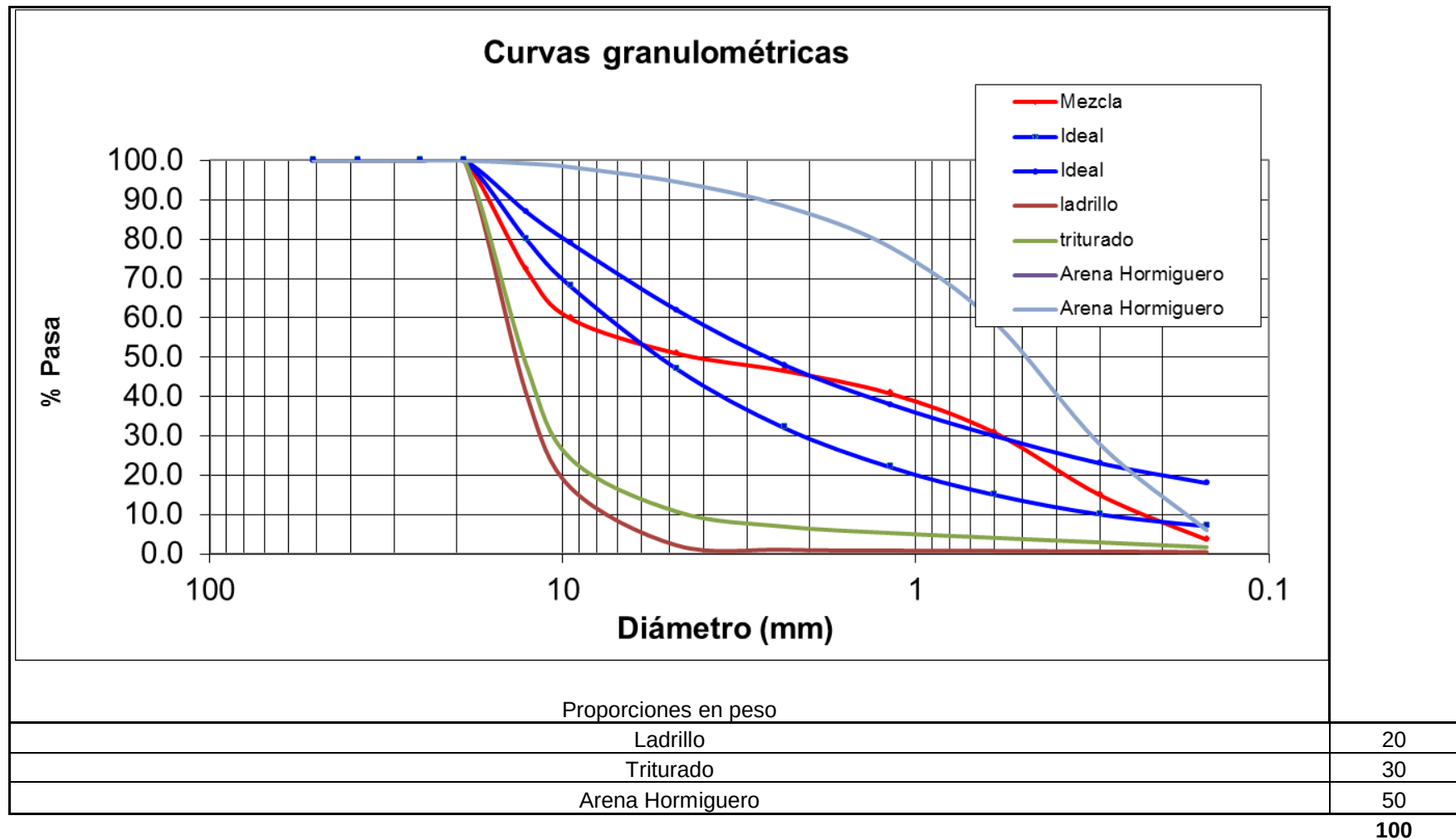


Tabla No.10: Aporte de cada agregado

Aporte de cada agregado			
Tamiz	ladrillo	triturado	Arena Hormiguero
2"	20.0	30.0	50.0
1 1/2"	20.0	30.0	50.0
1"	20.0	30.0	50.0
3/4"	20.0	30.0	50.0
1/2 "	8.2	14.4	49.6
3/8 "	3.4	7.3	49.2
# 4	0.4	3.2	47.3
8	0.2	2.1	44.2
16	0.2	1.6	39.0
30	0.1	1.2	29.5
50	0.1	0.9	13.9
100	0.1	0.5	3.0

Tabla No.11: Granulometría de los agregados Mezclados. Sustitución del 20% de los agregados

Granulometría de los agregados			
Díámetro mm	100% Mezcla	Curva Ideal	
50.8	100.0	100	100
38.1	100.0	100	100
25.4	100.0	100	100
19	100.0	100	100
12.7	72.2	80	87
9.51	59.8	68	79
4.76	50.9	47	62
2.36	46.5	32	48
1.18	40.7	22	38
0.6	30.9	15	30
0.3	14.9	10	23
0.15	3.6	7	18

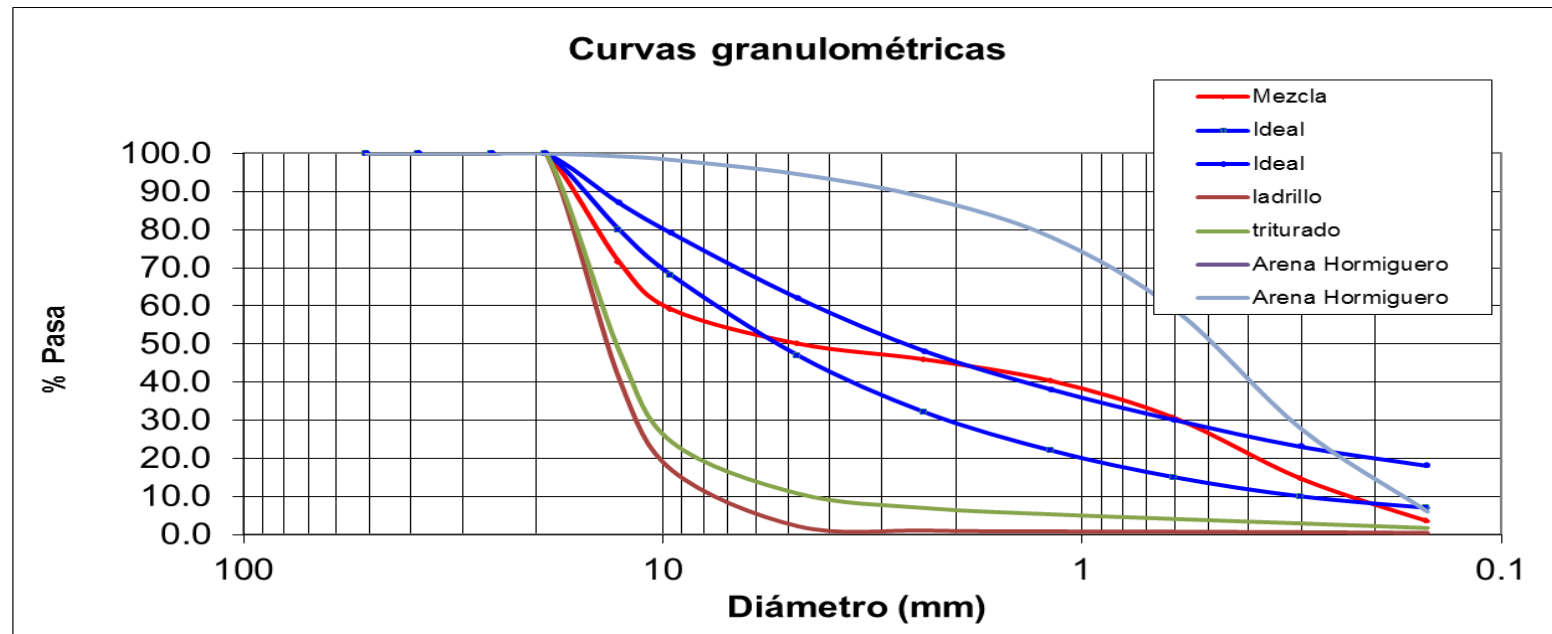
TABLA No. 12 VOLUMENES DOSIFICACION MEZCLA 20% DE SUSTITUCION

	Unidades	Volumen unitario m³	Volumen (m³)
Adoquines	7	0.0026	0.01848
Cilindros	0	0.0056	0
Slump	0.45	0.0053	0.002385
Perdidas	10%		0.00104325
Volumen total de concreto hidráulico (m³)			0.02190825

TABLA No.13 DOSIFICACION DE MATERIALES A PREPARAR CON SUSTITUCION DEL 20% DE LOS AGREGADOS (SUSTITUIDO SOLO AGREGADO GRUESO)							
Materiales	Relacion	Pesos a tomar (Kg)	Volumen dm ³	Pesos a tomar Kg	Humedad agregados	Pesos a tomar humedos (Kg)	Absorcion Kg
Agua	0.35	3.543	3.543	3.543		4.532	
Cemento	1.00	10.124	3.27	10.124		10.124	
Arena Hormiguero	1.81	18.277	6.98	18.277	2.50	18.733	0.29
triturado	1.08	10.966	3.85	10.966	1.00	11.076	0.14
ladrillo	0.72	7.311	3.83	7.311	1.00	7.384	1.21
sika L	0.02	0.214	0.16	0.214		0.214	
Total	4.98	50.4	21.62	50.4			

5.6.3. DISEÑO CON 30% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO

GRAFICA No. 7: MEZCLA IDEAL CON 30% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO



Proporciones en peso	
ladrillo	30
triturado	20
Arena Hormiguero	50

TABLA No. 14 VOLUMENES DOSIFICACION MEZCLA 30% DE SUSTITUCION

	Unidades	Volumen unitario m ³	Volumen (m ³)
Adoquines	7	0.0026	0.01848
Cilindros	0	0.0056	0
Slump	0.5	0.0053	0.00265
Perdidas	10%		0.0010565
Volumen total de concreto hidráulico (m³)			0.0221865

TABLA No.15 DOSIFICACION DE MATERIALES A PREPARAR CON SUSTITUCION DEL 30% DE LOS AGREGADOS (SUSTITUIDO SOLO AGREGADO GRUESO)

Materiales	Relación	Pesos a tomar (Kg)	Volumen dm³	Pesos a tomar Kg	Humedad agregados	Pesos a tomar húmedos (Kg)	Absorción Kg
Agua	0.35	3.589	3.589	3.589		5.091	
Cemento	1.00	10.255	3.31	10.255		10.255	
Arena Hormiguero	1.73	17.750	6.77	17.750	2.50	18.193	0.28
triturado	0.69	7.100	2.49	7.100	1.00	7.171	0.09
ladrillo	1.04	10.650	5.58	10.650	1.00	10.756	1.76
sika L	0.02	0.217	0.16	0.217		0.217	
Total	4.83	49.6	21.90	49.6			

Tabla No.16: Aporte de cada agregado

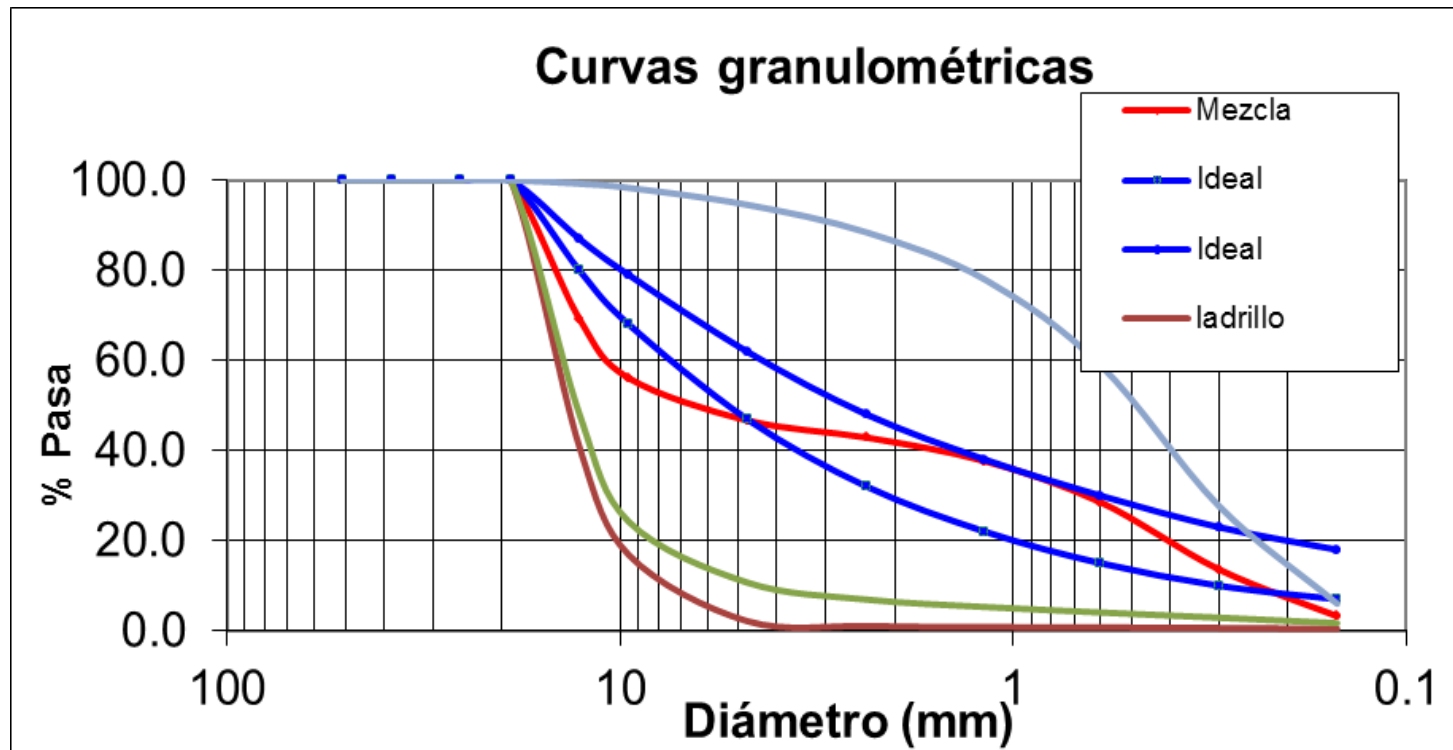
Granulometría de los agregados mezclados			
Tamiz	ladrillo	triturado	Arena Hormiguero
2"	30.0	20.0	50.0
1 1/2"	30.0	20.0	50.0
1"	30.0	20.0	50.0
3/4"	30.0	20.0	50.0
1/2 "	12.2	9.6	49.6
3/8 "	5.1	4.8	49.2
# 4	0.6	2.1	47.3
8	0.3	1.4	44.2
16	0.2	1.1	39.0
30	0.2	0.8	29.5
50	0.2	0.6	13.9
100	0.1	0.3	3.0

Tabla No.17: Granulometría de los agregados Mezclados. Sustitución del 30% de los agregados

Granulometría de los agregados mezclados			
Diámetro mm	100% Mezcla	Curva Ideal	
50.8	100.0	100	100
38.1	100.0	100	100
25.4	100.0	100	100
19	100.0	100	100
12.7	71.5	80	87
9.51	59.1	68	79
4.76	50.1	47	62
2.36	45.9	32	48
1.18	40.3	22	38
0.6	30.5	15	30
0.3	14.6	10	23
0.15	3.5	7	18

5.6.4. DISEÑO CON 40% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO

GRAFICA No. 8: MEZCLA IDEAL CON 40% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO



Proporciones en peso	
ladrillo	40
triturado	13
Arena Puerto	47

Tabla No.18: Aporte de cada agregado

Aporte de cada agregado			
Tamiz	ladrillo	triturado	Arena Hormiguero
2"	40.0	13.0	47.0
1 1/2"	40.0	13.0	47.0
1"	40.0	13.0	47.0
3/4"	40.0	13.0	47.0
1/2 "	16.3	6.3	46.7
3/8 "	6.7	3.1	46.2
# 4	0.9	1.4	44.5
8	0.4	0.9	41.6
16	0.3	0.7	36.6
30	0.3	0.5	27.7
50	0.2	0.4	13.0
100	0.2	0.2	2.8

Tabla No.19: Granulometría de los agregados Mezclados. Sustitución del 40% de los agregados

Granulometría de los agregados mezclados			
Diámetro mm	100% Mezcla	Curva Ideal	
50.8	100.0	100	100
38.1	100.0	100	100
25.4	100.0	100	100
19	100.0	100	100
12.7	69.2	80	87
9.51	56.1	68	79
4.76	46.7	47	62
2.36	42.9	32	48
1.18	37.7	22	38
0.6	28.5	15	30
0.3	13.6	10	23
0.15	3.2	7	18

TABLA No. 20 VOLUMENES DOSIFICACION MEZCLA 40% DE SUSTITUCION

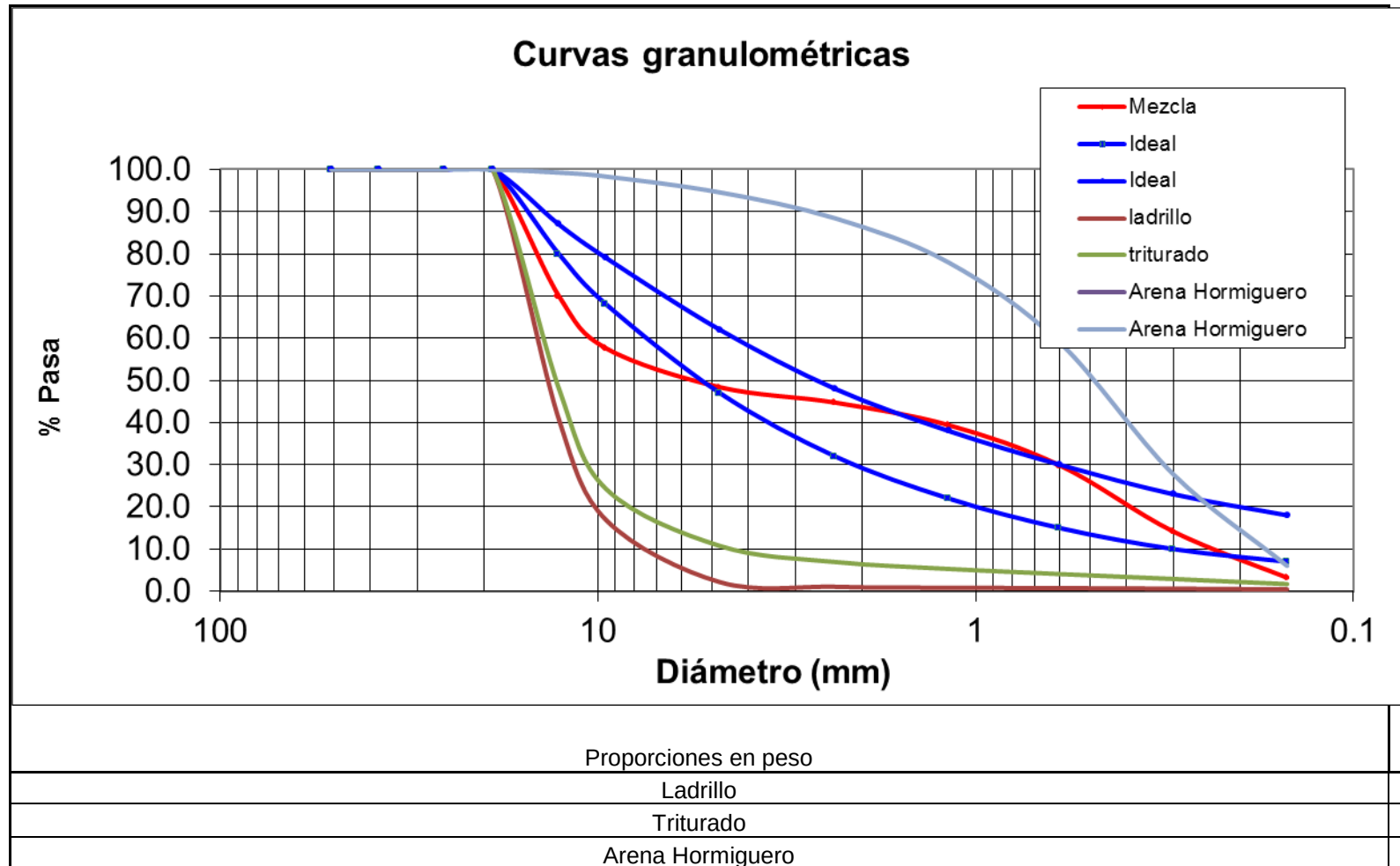
	Unidades	Volumen unitario m ³	Volumen (m ³)
Adoquines	7	0.0026	0.01848
Cilindros	0	0.0056	0
Slump	0.5	0.0053	0.00265
Perdidas	10%		0.0010565
Volumen total de concreto hidráulico (m³)			0.0221865

TABLA No.21 DOSIFICACION DE MATERIALES A PREPARAR CON SUSTITUCION DEL 40% DE LOS AGREGADOS (SUSTITUIDO SOLO AGREGADO GRUESO)

Materiales	Relación	Pesos a tomar (Kg)	Volumen dm³	Pesos a tomar Kg	Humedad agregados	Pesos a tomar húmedos (Kg)	Absorción Kg
Agua	0.35	3.590	3.590	3.590		5.568	
Cemento	1.00	10.258	3.31	10.258		10.258	
Arena Hormiguero	1.57	16.061	6.13	16.061	2.50	16.463	0.25
triturado	0.43	4.443	1.56	4.443	1.00	4.487	0.06
ladrillo	1.33	13.669	7.16	13.669	1.00	13.806	2.25
sika L	0.02	0.217	0.16	0.217		0.217	
Total	4.70	48.2	21.91	48.2			

5.6.5. DISEÑO CON 50% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO

GRAFICA No. 9: MEZCLA IDEAL CON 50% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO



100

Tabla No.22: Aporte de cada agregado

Aporte de cada agregado			
Tamiz	ladrillo	triturado	Arena Hormiguero
2"	50.0	0.0	50.0
1 1/2"	50.0	0.0	50.0
1"	50.0	0.0	50.0
3/4"	50.0	0.0	50.0
1/2 "	20.4	0.0	49.6
3/8 "	8.4	0.0	49.2
# 4	1.1	0.0	47.3
8	0.5	0.0	44.2
16	0.4	0.0	39.0
30	0.4	0.0	29.5
50	0.3	0.0	13.9
100	0.2	0.0	3.0

Tabla No.23: Granulometría de los agregados Mezclados. Sustitución del 50% de los agregados

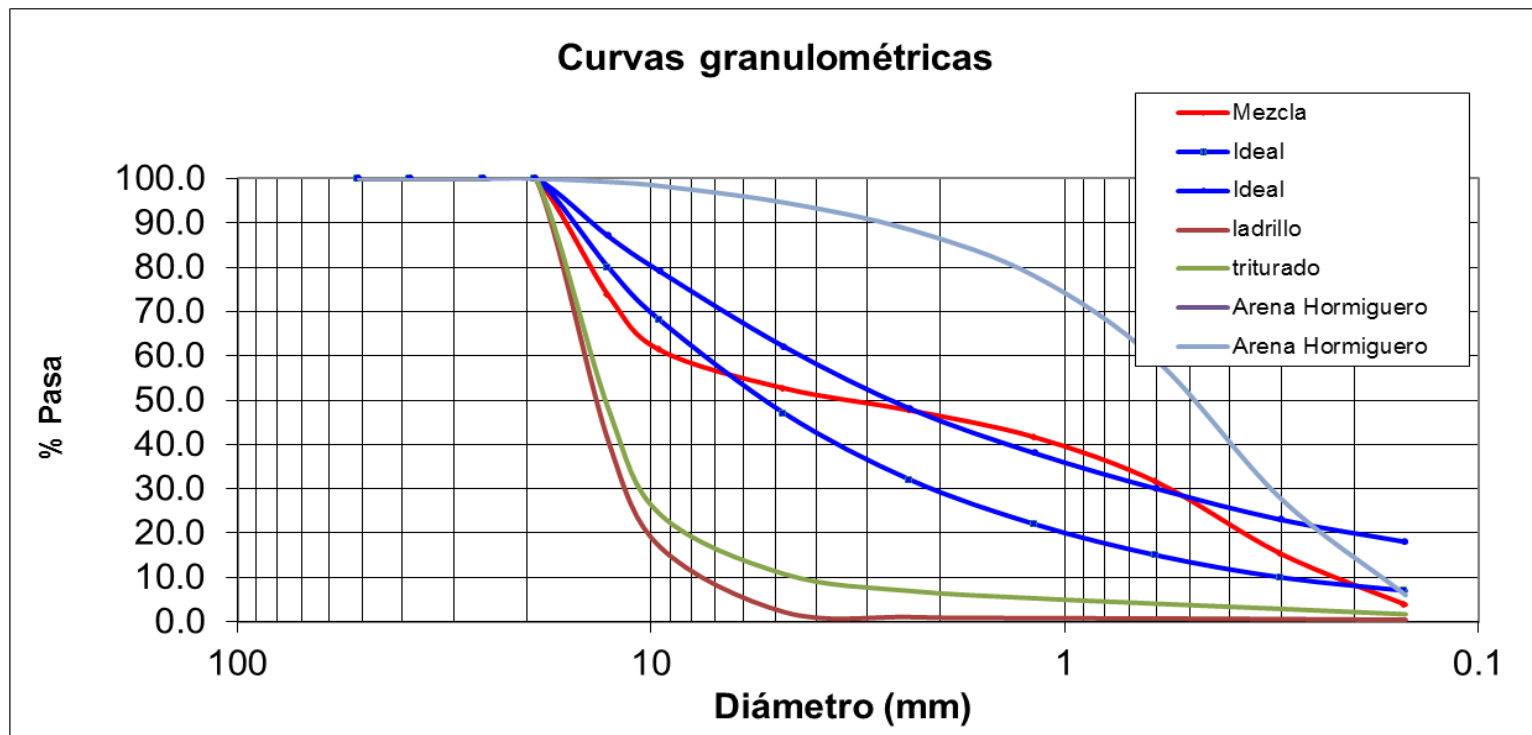
Granulometría de los agregados mezclados			
Diámetro mm	100% Mezcla	Curva Ideal	
50.8	100.0	100	100
38.1	100.0	100	100
25.4	100.0	100	100
19	100.0	100	100
12.7	70.0	80	87
9.51	57.6	68	79
4.76	48.4	47	62
2.36	44.7	32	48
1.18	39.4	22	38
0.6	29.9	15	30
0.3	14.2	10	23
0.15	3.2	7	18

TABLA No. 24 VOLUMENES DOSIFICACION MEZCLA 50% DE SUSTITUCION			
	Unidades	Volumen unitario m ³	Volumen (m ³)
Adoquines	7	0.0026	0.01848
Cilindros	0	0.0056	0
Slump	0.5	0.0053	0.00265
Perdidas	10%		0.0010565
Volumen total de concreto hidraulico (m³)			0.0221865

TABLA No.25 DOSIFICACION DE MATERIALES A PREPARAR CON SUSTITUCION DEL 50% DE LOS AGREGADOS (SUSTITUIDO SOLO AGREGADO GRUESO)							
Materiales	Relación	Pesos a tomar (Kg)	Volumen dm³	Pesos a tomar Kg	Humedad agregados	Pesos a tomar humedos (Kg)	Absorcion Kg
Agua	0.35	4.081	4.081	4.081		6.375	
Cemento	1.00	11.661	3.76	11.661		11.661	
Arena Hormiguero	1.35	15.767	6.02	15.767	2.50	16.161	0.25
triturado	0.00	0.000	0.00	0.000	1.00	0.000	0.00
ladrillo	1.35	15.767	8.25	15.767	1.00	15.924	2.60
sika L	0.00	0.000	0.00	0.000		0.000	
Total	4.05	47.3	22.12	47.3			

5.6.6. DISEÑO CON 0% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO

GRAFICA No. 10: MEZCLA IDEAL CON 0% DE SUSTITUCION DE PESO DE LOS AGREGADOS CON LADRILLO RECICLADO



Proporciones en peso	
ladrillo	0
triturado	50
Arena Hormiguero	50

100

Tabla No.27: Aporte de cada agregado

Tamiz	ladrillo	triturado	Arena Hormiguero
2"	0.0	50.0	50.0
1 1/2"	0.0	50.0	50.0
1"	0.0	50.0	50.0
3/4"	0.0	50.0	50.0
1/2 "	0.0	24.0	49.6
3/8 "	0.0	12.1	49.2
# 4	0.0	5.4	47.3
8	0.0	3.5	44.2
16	0.0	2.6	39.0
30	0.0	2.0	29.5
50	0.0	1.5	13.9
100	0.0	0.8	3.0

Tabla No.28: Granulometría de los agregados Mezclados. Sustitución del 0% de los agregados

Diámetro	100%	Curva	
mm	Mezcla	Ideal	
50.8	100.0	100	100
38.1	100.0	100	100
25.4	100.0	100	100
19	100.0	100	100
12.7	73.7	80	87
9.51	61.3	68	79
4.76	52.7	47	62
2.36	47.7	32	48
1.18	41.6	22	38
0.6	31.5	15	30
0.3	15.3	10	23
0.15	3.9	7	18

TABLA No. 29 VOLUMENES DOSIFICACION MEZCLA 0% DE SUSTITUCION			
	Unidades	Volumen unitario m ³	Volumen (m ³)
Adoquines	7	0.0026	0.01848
Cilindros	0	0.0056	0
Slump	0.5	0.0053	0.00265
Perdidas	10%		0.0010565
Volumen total de concreto hidráulico (m ³)			0.0221865

TABLA No. 30 DOSIFICACION DE MATERIALES A PREPARAR CON SUSTITUCION DEL 0% DE LOS AGREGADOS (SUSTITUIDO SOLO AGREGADO GRUESO)

Materiales	Relación	Pesos a tomar (Kg)	Volumen dm ³	Pesos a tomar Kg	Humedad agregados	Pesos a tomar húmedos (Kg)	Absorción Kg	
Agua	0.35	4.078	4.078	4.078		3.946		Agua
Cemento	1.00	11.653	3.76	11.653		11.653		Cemento
Arena Hormiguero	1.67	19.470	7.43	19.470	2.50	19.956	0.30	Arena Hormiguero
triturado	1.67	19.470	6.83	19.470	1.00	19.664	0.25	triturado
ladrillo	0.00	0.000	0.00	0.000	1.00	0.000	0.00	ladrillo
sika L	0.00	0.000	0.00	0.000		0.000		sika L
Total	4.69	54.7	22.10	54.7				

6. RESULTADOS DE ENSAYOS Y ANALISIS

6.1. Resultados sustitución 0%

$$MR = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Ecuación módulo de rotura

Espécimen	PESO Kg	H cm	B cm	Largo cm	L cm	Delta Anillo de carga m-pulgada	Densidad	MR Kg/cm2	MR Psi
01	5643	10.4	9.5	19.7	16	505	2.464	553.65	787.46
02	5340	9.6	8.9	19.6	11.5	440	2.609	400.93	570.24
03	5145	9.4	9	20	16	420	2.513	537.75	764.84
04	4850	9.4	9.4	20	18.5	420	2.324	595.31	846.71
05	5082	9.4	10	20.6	16	440	2.307	507.02	721.13
06	5100	9.3	9.4	19.6	16	400	2.513	495.62	704.92
07	4930	9.1	9.5	19.9	16	410	2.439	513.71	730.65
							Promedio	51.49	732.28
							Desviación	6.04	85.96
								11.74%	11.74%

6.2. Resultados sustitución 10%

Espécimen	PESO Kg	H cm	B cm	Largo cm	L cm	Delta Anillo de carga m-pulgada	Densidad	MR Kg/cm2	MR Psi
11	5587	10.3	9.7	20.4	17	480	2.368	55.29	786.42
12	5791	10.8	9.9	20	17	490	2.359	52.74	750.16
12	5763	10.7	10.1	20.2	16	480	2.327	48.11	684.27
13	5900	9.8	9.7	19.9	16	550	2.685	62.67	891.37
14	5705	10.3	9.3	19.7	16	420	2.539	47.49	675.49
15	5592	10.3	9.3	20.1	16	400	2.447	45.23	643.32
16	5625	10.3	9.9	19.9	16	400	2.413	42.49	604.34
17	5645	10	9.3	20	16	430	2.555	50.08	712.32
							Promedio	50.51	718.46
							desviación	6.36	90.43
								12.59%	12.59%

6.3. Resultados sustitución 20%

Espécimen	PESO Kg	H cm	B cm	Largo cm	L cm	Delta Anillo de carga m-pulgada	Densidad	MR Kg/cm2	MR Psi
21	5382	10.5	9.2	19.7	11.5	480	2.360	38.685	550.22
22	5305	10.1	9.3	19.7	15.8	470	2.407	53.522	761.24
23	5282	10	9.5	19.7	16	400	2.398	45.608	648.68
24	5291	10.3	9.2	19.8	16	410	2.356	46.866	666.58
25	5190	10	9.2	19.9	16	460	2.370	54.159	770.30
26	5390	10.2	9.5	19.7	16	480	2.400	53.656	763.15
							Promedio	48.75	693.36
							desviación	6.178	87.866
								12.67%	12.67%

6.4. Resultados sustitución 30%

Espécimen	PESO Kg	H cm	B cm	Largo cm	L cm	Delta Anillo de carga m-pulgada	Densidad	MR Kg/cm2	MR Psi
31	5205	10.2	9.6	20	16	380	2.277	42.035	597.86
32	5110	10.2	9.3	20	16	491	2.267	56.066	797.43
33	5167	10	9.4	19.6	16	380	2.367	43.788	622.80
34	5088	10.3	9.2	19.7	16	450	2.275	51.438	731.60
35	4999	10.3	9.4	19.8	16	380	2.205	42.513	604.66
36	5054	10	9.3	19.7	16	460	2.316	53.577	762.03
							Promedio	48.24	686.06
							desviación	6.18	87.92
								12.82%	12.82%

6.5. Resultados sustitución 40%

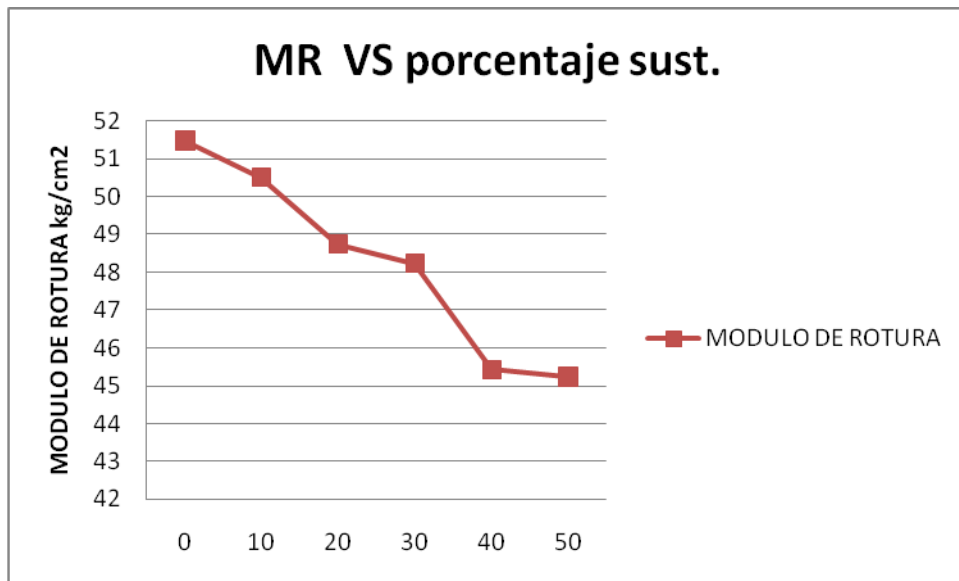
Espécimen	PESO Kg	H cm	B cm	Largo cm	L cm	Delta Anillo de carga m-pulgada	Densidad	MR Kg/cm2	MR Psi
41	5135	9.9	9	20	17	330	2.381	42.625	606.26
42	4711	10	9.5	20	17	323	2.112	42.13	599.21
43	4830	9.8	9.6	19.9	17	340	2.208	41.592	591.56
44	4789	9.8	9.3	19.6	17	458	2.249	50.834	723.01
45	4763	9.5	9.6	20	17	400	2.237	50.477	717.93
46	4763	9.7	9.5	19.4	17	320	2.259	39.965	568.42
47	4884	9.4	9.4	20	18.5	420	2.340	50.3	715.42
							Promedio	45.42	645.97
							desviación	4.86	69.13
								10.70%	10.70%

6.6. Resultados sustitución 50%

Espécimen	PESO Kg	H cm	B cm	Largo cm	L cm	Delta Anillo de carga m-pulgada	Densidad	MR Kg/cm2	MR Psi
51	4249	8.9	9.4	19.7	15	320	2.178	38.842	552.45
52	4350	9.1	9.6	20.2	15	380	2.115	44.172	628.26
54	4443	9.3	9	19.9	15	398	2.203	48.287	686.79
55	4438	9	9.3	19.6	15	435	2.270	52.776	750.63
57	4172	8.4	9.5	19.9	15	370	2.236	47.084	669.68
								Promedio	46.23
								desviación	5.16
									11.17%
									657.56
									73.43
									11.17%

6.7. RESULTADOS COMPARATIVOS PARA LAS 6 SUSTITUCIONES

Tabla No. 31. %de sustitución versus módulo de rotura			
% De Sustitución	MR Kg/cm2	MR PSI	MR de NTC 2017 (Kg/cm2)
0	51.49	732.28	42
10	50.51	718.46	
20	48.75	693.36	
30	48.24	686.06	
40	45.42	645.97	
50	45.23	657.56	



Grafica No. 11

7. CONCLUSIONES

- Mediante esta investigación se comprueba el uso del ladrillo estructural reciclado como materia para sustitución de agregado grueso en la preparación de concreto, a esta variante la denominamos ladrillocreto.
- Se muestra la fabricación de adoquines con sustituciones de agregado grueso por ladrillo estructural en porcentajes de 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, y 100%, como innovación tecnológica.
- El proceso de trituración del ladrillo estructural reciclado es importante para limitar el tamaño máximo y mínimo del agregado grueso.
- La masa unitaria del ladrillo reciclado se caracteriza en la categoría de liviano, por lo cual el concreto producido es aligerado, por lo cual será útil para losas aligeradas, lo cual sería importante mirar sus bondades en un proyecto de investigación.
- La absorción del ladrillo estructural es 16% mucho mayor que la de la grava 1.26% es decir 12,7 veces mayor.
- El agregado obtenido a partir de la trituración de material reciclado, presenta una granulometría continua, lo cual permite mayor trabajabilidad de la mezcla.
- El consumo de agua de la mezcla es mayor debido a la mayor absorción del ladrillo reciclado.
- La resistencia a flexo-tracción de los adoquines fabricados con sustitución de agregado grueso por ladrillo estructural reciclado, supera requerimientos exigidos por la norma NTC 2017 “adoquines de concreto para pavimento” se recomienda debido al desgaste el no uso para tráfico pesado..

- La diferencia en la resistencia entre la sustitución del 0% y la del 100% de agregado grueso con ladrillo estructural reciclado es solo del 12.15%, lo cual hace viable económicamente la industrialización de este reciclado.
- Esta investigación permitió observar las capacidades mecánicas de este material compuesto. (Ladrillocreto).
- El uso de este reciclado mejora el proceso de curado al retardar la exudación.
- Cuando hicimos el primer intento de mezcla tuvimos un problema con el agregado de ladrillo, pues por ser tan absorbente forma gránulos o pelotas por lo cual debimos implementar un novedoso metodo para realizar la mezcla, el cual consiste en realizar la mezcla en tres etapas, primero agregar a la mezcladora la arena , el agua y cemento correspondiente a este agregado mezclando 30sg, para garantizar que la arena absorbiera la pasta necesaria para formar la matriz pasta agregado fino, luego de esto agregamos, la grava, el agua y cemento correspondientes a este agregado y mezclamos otros 30 segundos y por ultimo agregamos el agregado de ladrillo, el agua y cemento correspondiente a este agregado, con este metodo las bolas de pasta que encerraban los granos de ladrillo disminuyeron en un 90%.

Además la resistencia a flexo-tracción mejoro al implementar este método de mezclado.

8. BIBLIOGRAFÍA

➤ <http://reciclacontru.bligoo.cl/>

➤ [Manual McGraw-Hill de reciclaje \(1996\)](#)

Lund, Herbert F.

ISBN: 8448107500

➤ <http://www.ladicim.unican.es/cursoverano/P%20Alaejos%20-%20ARIDOS%20RECICLADOS.pdf>

➤ norma **NTC 2017**

<https://www.dropbox.com/s/miqzsy2djqquauu/NTC2017.pdf>

➤ Alaejos Gutiérrez, P. (2008). Tipos y propiedades de áridos reciclados. España.

➤ Aneiros Rodriguez, L. M. (2008). *Gestión de RCD y su repercusión en el desarrollo sostenible*. España.

➤ Arias Londoño, L. V., & Gozáles Pérez, V. (2010). *Influencia de la Arena Triturada en el Comportamiento de los Concretos Hidráulicos*. Universidad del Valle, Valle del Cauca, Cali.

➤ Asociación Colombiana de Productores de Concreto-ASOCRETO. (2002). *Tecnología y propiedades* (Segunda edición ed., Vol. Colección básica del concreto I). (D. Sánchez de Gúzman, & J. D. Osorio Rendón, Edits.) Colombia.

➤ Asociación Española de Gestores de Residuos de Construcción y Demolición. (s.f.). *GERD*. Recuperado el Julio de 2011, de www.gerd.es

- Asociación española de gestores de residuos de construcción y demolición GERD. (2010). *Control de los Residuos e Construcción y Demolición, RCD, en los ayuntamientos*. España.
- ASOGRAVAS, AGREGADOS RECICLADOS: ALGUNOS ELEMENTOS PARA EL ANÁLISIS, Federación Iberoamericana de productores de hormigón, San Juan, Puerto Rico.
- BEDOYA, Montoya Carlos Mauricio, EL CONCRETO RECICLADO CON ESCOMBROS COMO GENERADOR DE HÁBITATS URBANOS SOSTENIBLES "La ciudad como ecosistema semi-cerrado, una utopía Cultural". UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN, Julio de 2003.
- RAMÍREZ Arroyo Eric Francisco
Técnicas Sustentables
"Reciclaje de Materiales Residuales de Construcción"
17 de Mayo de 2012
Universidad del Valle México.
- CHIU, K. M. (2006). *The use of recycled concrete aggregate in structural concrete around South East Queensland*. University of Southern Queensland, Queensland.
- AGUILAR, A et. al. "Reciclado de Materiales de Construcción y Demolición". Residuos No. 23, 1995.
- DAVIDSON, T. y WILSON, D. "U.S. Building - Demolition Wastes: Quantities and Potential for Resource Recovery". Conservation and Recycling, V.5, No. 2/3, 1982, pp. 113 - 132.
- DÍAZ, L., et.al. "El Manejo de Residuos de Construcción y Demolición"[en línea]. CEPIS / OPS.
<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/residuos/resicons.html>.

- Domínguez Lepe, J. A., & Martínez L., E. (2007). *Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas*.
- Gómez, J. M., Agulló, L., & Vázquez, E. *Cualidades Físicas y Mecánicas de los Agregados Reciclados de Concreto. Aplicación en Concretos*.
Universidad Politécnica de Cataluña
- Glinka, M. E., Vedoya, D. E., & Pilar, C. A. (2006). *Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción y demolición*.
- European Commission. "Construction and Demolition Waste Practices and their Economics Impact".
Report to DGXI, Symonds, February 1999.
- Hernández Rengifo, E., & Villaquiran, M. A. (2009). *Aprovechamiento de los residuos generados en el proceso de elaboración de baldosas en Colbaldosas Ltda*. Universidad del Valle, Valle del Cauca, Cali.
- HERNANDEZ SAMPIERI, R. "Metodología de la investigación". México: Mc Graw-Hill, 1996.
- HINCAPIÉ Henao, Ángela María, AGUJA, López, Elisa Andrea, "AGREGADO RECICLADO PARA MORTEROS", Universidad Eafit, año/vol. 39, número 132, Medellín, Colombia.
- Instituto Colombiano de Productores de Cemento-ICPC. *Fabricación de adoquines de Concreto* (Vols. 4-17-238). Colombia.
- OGARA, A. et.al. "Ciudad de Resistencia - Residuos Sólidos Urbanos", Resistencia, 1999.

- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (1993).
Proporcionamiento de mezclas, concreto normal, pesado y masivo. Mexico.
- Martinez Soto, I., & Mendoza Escobedo, C. (2005). *Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados*. Universidad Nacional Autonoma de México.
- DE PAUW C. SIMONS B. VYNCKE J., Recycling in the Belgian building industry practice and outlook for the future.
- M. Suarez, C. Defagot, M. F. Carrasco, A. Marcipar, R. Miretti, H. Saus, "ESTUDIOS DE HORMIGONES ELABORADOS CON RESIDUOS DE LADRILLERAS Y DE DEMOLICIÓN". Universidad Tecnológica Nacional, 2006.
- - LAURITZEN, E y HAHN, N – "Producción de residuos de construcción y reciclaje", El boletín de la Biblioteca, N° 2. 1997, <http://habitat.aq.upn.es/boletin/n2/aconst2.html>
- Norma Técnica Colombiana-NTC. (s.f.). Colombia, obtenidas de la base de datos de Universidad del Valle en su pagina: www.univalle.edu.co.
- Orta Amaro, P. A. (2009). Pavimentación con Adocretos, una tecnología amistosa con el medio ambiente. *Tecnología y construcción*. Santa Clara, Cuba: Facultad de construcciones de la Universidad Central de las Villas.
- O'REILLY, DÍAZ, V., "Método para el diseño de Hormigón de alto comportamiento", Editorial Universidad del Valle, 1º Edición, Santiago de Cali, Noviembre de 1997.
- SALAZAR J. - PASOS PARA DESARROLLAR UN DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.
- Souza, E., & Calo, D. (s.f.). Influencia de las características del agregado en el comportamiento del pavimento de hormigón. Buenos Aires, Instituto del Cemento Portland Argentino San Martín, Argentina.

- Torres, C. V. (2011). *Produccion de agregados reciclados a partir de residuos de elementos prefabricados para evaluar su viabilidad tecnica en la elaboracion de concretos alternativos*. Universidad del Valle, Valle del Cauca, Cali.
- <http://www.monografias.com/trabajos93/papercrete-como-material-ecologico-construccion/papercrete-como-material-ecologico-construccion.shtml> “El papercrete como material de construcción”.
- Valdés, G. A., & Rapimán, J. G. (2007). *Propiedades Físicas y Mecánicas de Bloques de Hormigón Compuestos con Áridos Reciclados*. Universidad de la Frontera, Chile, Temuco.
- Zúñiga, M. A., & Martínez, O. C. (2002). *Implementación de metodología para el diseño de mezclas secas en elementos prefabricados vibro-compactados*. Costa Rica.

9. ANEXOS

9.1. Anexo No. 1 Fotografías ladrillocreto sustitución 0%



Espécimen No. 07



Espécimen No. 07

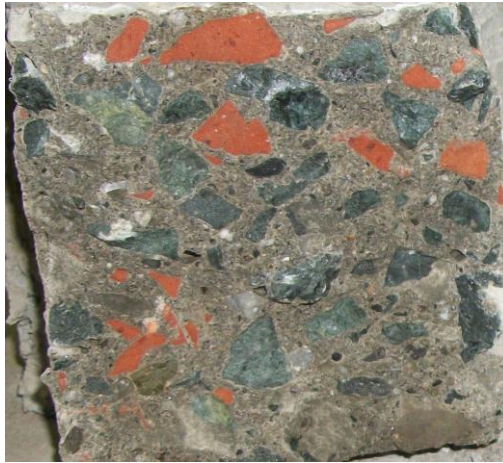
9.2. Anexo No. 2 Fotografías ladrillocreto sustitución 10%



Espécimen No.13



Espécimen No. 13



Especimen No. 13



Especimen No. 0.91

9.3. Anexo No. 3 Fotografías ladrillocreto sustitución 20%



Espécimen No. 23



Especimen No. 26



Especimen No. 26

9.4. Anexo No. 4 Fotografías ladrillocreto sustitución 30%



Espécimen No. 32



Espécimen No. 32

9.5. Anexo No. 5 Fotografías ladrillocreto sustitución 40%



Espécimen No. 45



Espécimen No. 44



Espécimen No. 44



Espécimen No. 44

9.6. Anexo No. 6 Fotografías ladrillocreto sustitución 50%



Espécimen No. 51





Espécimen No. 53



Espécimen No. 53

9.7. Anexo No. 7 Fotografías comparación líneas de falla



Especimen No. 05 0% de sustitución



Espécimen No. 13 10% de sustitución



Espécimen No. 22 20% de sustitución



Espécimen No. 31 30% de sustitución



Espécimen No. 44 40% de sustitución



Espécimen No. 51 50% de sustitución

9.8. ANEXO DISEÑO EXPERIMENTAL

DISEÑO ESTADISTICO

Se evalúan los módulos de rotura de adoquines con un módulo de rotura de 42kg/cm², para lo cual se busca tener un espacio muestral lo suficientemente representativo a las características que se pretende ensayar.

Para realizar el diseño se toman los siguientes valores en función a los equipos con los que se cuenta para la realización de los ensayos y mediciones, con los cuales se busca asegurar un buen control en los datos obtenidos

$$\alpha = 0.05 \text{ (95\%)}$$

$$E = 2.1 \text{ Kg/cm}^2$$

Dónde:

α = Nivel de confianza

E = Error que se está dispuesto a admitir

Se empleara un modelo que se basa en la distribución normal de probabilidad, del cual se podrá despejar el valor de número de pruebas a realizar necesarias para nuestra proyecto de tesis.

$$E = \frac{Z_{\alpha/2} * S}{\sqrt{n}} \quad \text{Dónde: } n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} * S}{E} \right)^2$$

De las tablas de distribución normal, se obtiene:

$$Z_{\alpha/2} = 1.96 \quad \text{Para un 95\%}$$

Para el valor de S, se tiene la siguiente expresión $CV = \frac{S}{f'c}$

El comité ACI 214-77 en su tabla 3.5 normas para el control de la calidad del concreto resume la variabilidad que se puede esperar de las pruebas en proyectos sujetos a diferentes tipos de control. (Ver Figura 6.)

TABLE 3.5—STANDARDS OF CONCRETE CONTROL

Overall variation					
Class of operation	Standard deviation for different control standards, psi (kgf/cm ²)				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
General construction testing	below 400 (28.1)	400 to 500 (28.1) (35.2)	500 to 600 (35.2) (42.2)	600 to 700 (42.2) (49.2)	above 700 (49.2)
Laboratory trial batches	below 200 (14.1)	200 to 250 (14.1) (17.6)	250 to 300 (17.6) (21.1)	300 to 350 (21.1) (24.6)	above 350 (24.6)

Within-test variation					
Class of operation	Coefficient of variation for different control standards, percent				
	Excellent	Very good	Good	Fair	Poor
Field control testing	below 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	5.0 to 6.0	above 6.0
Laboratory trial batches	below 2.0	2.0 to 3.0	3.0 to 4.0	4.0 to 5.0	above 5.0

FIGURA 1 NORMAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO.¹⁵

CV: Coeficiente de Variación

Se toma un CV = 5 % Equivalente a un control Bueno de campo

Entonces: $n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} * (CV * f * c)}{E} \right)^2$

$$n = \left(\frac{1.96 * (0.05 * 42)}{2.1} \right)^2$$

$$n = 4$$

A partir de los datos obtenidos, se realizan como mínimo 4 adoquines para ensayar, estos se emplean para la obtención del módulo de rotura.¹

¹CANO MOYA, Sandra Liliana: Evaluación del Módulo de elasticidad del concreto para la ciudad de Cali. 1993, 73h. Trabajo de grado (Ingeniera Civil). Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería.

