

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/1

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): HERWIN DAVID APELLIDOS: RANGEL PEREZ

NOMBRE(S): ISABELLA APELLIDOS: TÉLLEZ SUAREZ

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): ANDREA JOVANNA APELLIDOS: CACIQUE ARIAS

CODIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON RECICLAJE DE ARIDOS

RESUMEN

Este proyecto realizó un diseño de mezclas de concreto con reciclaje de aridos. Para ello, se realizó una investigación aplicada tipo descriptiva ya que expresan características de un grupo y se analizan variables, componentes y fenómenos del objeto de estudio. La recolección de información se realizaron consultas a personas con experiencia en el estudio de los materiales que componen la mezcla de concreto y análisis bibliográfico de trabajos de grados, artículos y experiencias internacionales relacionadas con el tema. La población, corresponde a los Cilindros (especímenes de concreto) producto de ensayos realizados y testigos de mezclas de concreto de la empresa de premezclado Concretos y Morteros S.A. El muestreo, esta conformada por las 17 mezclas de concreto, 1 mezcla de control y 16 mezclas de concreto con adición porcentual de material reciclado. Se logró, determinar el porcentaje de material árido reciclado óptimo para el diseño de una mezcla de concreto de 3000 psi. Se realizó el acopio del material reciclado, seleccionado debido a su resistencia de diseño 3000 psi, 4000 psi, y con edades menores de 56 días, y de entre 56 y 112 días. Se llevó a cabo, la trituración y tamizaje de los cilindros reciclados para llegar a un tamaño estándar de material de tamaño máximo nominal 3/4. Seguidamente, se realizaron estudios de caracterización tales como granulometría, peso unitario, humedad, densidad, absorción, desgaste. Posteriormente, se identificó el porcentaje adecuado para el reemplazo del material árido grueso natural por el material árido grueso reciclado sin afectar resistencias para el diseño de una mezcla óptima. Finalmente, se realizó un comparativo de costos entre el concreto con árido natural vs el concreto con árido reciclado, para analizar viabilidad en su uso.

PALABRAS CLAVE: diseño de mezclas, reciclaje, material árido.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 132 PLANOS: _____ ILUSTRACIONES: _____ CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON RECICLAJE DE ARIDOS

HERWIN DAVID RANGEL PEREZ

ISABELLA TÉLLEZ SUAREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA CIVIL

SAN JOSE CÚCUTA

2020

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON RECICLAJE DE ARIDOS

ISABELLA TÉLLEZ SUAREZ

HERWIN DAVID RANGEL PEREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director

ANDREA JOVANNA CACIQUE ARIAS

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSE CÚCUTA

2020

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 05 DE MARZO DE 2020 HORA: 10:30 a. m.

LUGAR: AUDITORIO VICERECTORIA DE INVESTIGACION Y EXTENSION- UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

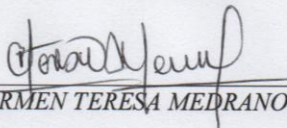
TITULO DE LA TESIS: "DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON RECICLAJE DE ARIDOS".

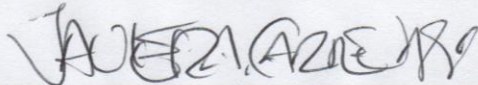
JURADOS: ING. CARMEN TERESA MEDRANO LINDARTE
ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ

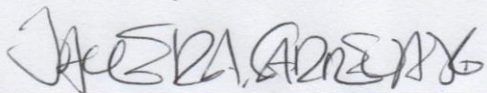
DIRECTOR: INGENIERA ANDREA JOVANNA CACIQUE ARIAS

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
HERWIN DAVID RANGEL PEREZ	1112274	4,5	CUATRO, CINCO
ISABELLA TELLEZ SUAREZ	1112579	4,5	CUATRO, CINCO

MERITORIA


ING. CARMEN TERESA MEDRANO LINDARTE


ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ

Vo. Bo. 
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

Isabella Téllez Suarez identificada con la C.C. N° 1.090.467.124 de San José de Cúcuta y Herwin David Rangel Pérez identificado con la C.C. N° 1.093.788.951 de Los Patios, autores de la tesis y/o trabajo de grado titulado DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON RECICLAJE DE ARIDOS presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de Ingeniero civil; autorizamos a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que, con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Isabella Tellez Suarez
CC. 1.090.467.124

Herwin David Rangel Perez
CC. 1.093.788.951

Contenido

	pág.
Introducción	19
1. Problema	20
1.1 Título	20
1.2 Planteamiento del Problema	20
1.3 Formulación del Problema	21
1.4 Objetivos	21
1.4.1 Objetivo general	21
1.4.2 Objetivos específicos	21
1.5 Justificación	22
1.6 Alcances y Limitaciones	23
1.6.1 Alcances	23
1.6.2 Limitaciones	23
1.7 Delimitaciones	23
1.7.1 Delimitación espacial	23
1.7.2 Delimitación temporal.	23
1.7.3 Delimitación conceptual	24
2. Marco Referencial	25
2.1 Antecedentes y Estados del Arte	25
2.1.1 Antecedentes internacionales	25
2.1.2 Antecedentes nacionales	26
2.2 Marco Teórico	29

2.2.1 Concreto estructural	29
2.2.1.1 Materiales	29
2.2.1.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo	33
2.3 Marco Conceptual	36
2.4 Marco Contextual	38
2.5 Marco Legal	39
3. Diseño Metodológico	42
3.1 Tipo de Investigación	42
3.2 Población y Muestra	42
3.2.1 Población	42
3.2.2 Muestra	42
3.3 Instrumentos para la Recolección de Información	42
3.4 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos	43
3.5 Fases y Actividades Específicas del Proyecto	43
3.5.1 Fases del proyecto.	43
3.5.2 Actividades del proyecto.	43
4. Desarrollo del proyecto	47
4.1 Fase 1	47
4.1.1 Acopio y clasificación	47
4.1.2 Trituración de los cilindros	53
4.2 Fase 2	53
4.2.1 Materiales	53
4.2.1.1 Cemento	53

4.2.1.2 Agregado fino	53
4.2.1.3 Agregado grueso natural	54
4.2.1.4 Agregado grueso reciclado	54
4.2.2 Caracterización de los materiales	55
4.2.2.1 Cemento	55
4.2.2.2 Agregado fino	57
4.2.2.3 Agregado grueso natural	60
4.2.2.4 Agregado grueso reciclado 3000 psi, menor 56 días	63
4.2.2.5 Agregado grueso reciclado 3000 psi, 56 – 112 días	66
4.2.2.6 Agregado grueso reciclado 4000 psi, menor 56 días	68
4.2.2.7 Agregado grueso reciclado 4000 psi, 56 – 112 días	69
4.2.3 Diseño de mezcla de concreto	72
4.2.3.1 Diseños de mezcla propuestos	74
4.2.4 Elaboración de mezclas de concreto	79
4.2.5 Concreto fresco	81
4.2.6 Concreto endurecido	81
4.2.7 Ensayo de resistencia a la compresión	82
4.2.7.1 Resultados de ensayos de resistencia a la compresión	84
4.3 Fase 3	86
4.3.1 Análisis de resultado	87
4.3.2 Comparativo de resistencia	96
4.3.3 Diseño de mezcla óptimo	101
4.3.4 Comparativo de costos	103

5. Conclusiones	104
6. Recomendaciones	106
Referencias Bibliográficas	107
Anexos	111

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Requisitos del agregado fino para concreto estructural	30
Tabla 2. Granulometría del agregado fino para concreto estructural	31
Tabla 3. Requisitos del agregado grueso para concreto estructural	32
Tabla 4. Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural	32
Tabla 5. Resistencia promedio requerida a la compresión.	35
Tabla 6. Clasificación de residuos de la planta de Concretos y Morteros S.A	49
Tabla 7. Ensayos realizados a los materiales	56
Tabla 8. masa unitaria agregado fino	57
Tabla 9. Peso específico y absorción de agregado fino	58
Tabla 10. Equivalente de arena	59
Tabla 11 masa unitaria agregado grueso natural	60
Tabla 12. Peso específico y absorción de agregado grueso natural	61
Tabla 13. Masa unitaria agregado grueso reciclado, 3000 56	64
Tabla 14. Peso específico y absorción de agregado grueso reciclado, 3000 56	65
Tabla 15. Masa unitaria agregado grueso reciclado, 3000 56-112	67
Tabla 16. Peso específico y absorción de agregado grueso reciclado, 3000 56-112	67
Tabla 17. Masa unitaria agregado grueso reciclado, 4000 56	68
Tabla 18. Peso específico y absorción de agregado grueso reciclado, 4000 56	69
Tabla 19. Masa unitaria agregado grueso reciclado, 4000 56-112	70
Tabla 20. Peso específico y absorción de agregado grueso reciclado, 4000 56-112	70
Tabla 21. Relación de los ensayos y cumplimiento de la norma	71
Tabla 22. Nomenclatura tipos de mezclas	73

Tabla 23. Diseño patrón, agregado grueso natural ¾"	74
Tabla 24. Diseño B25, agregado grueso reciclado ¾" 3000-56	74
Tabla 25. Diseño B50, agregado grueso reciclado ¾" 3000-56	75
Tabla 26. Diseño B75, agregado grueso reciclado ¾" 3000-56	75
Tabla 27. Diseño B100, agregado grueso reciclado ¾" 3000-56	75
Tabla 28. Diseño C25, agregado grueso reciclado ¾" 3000 56-112	76
Tabla 29. Diseño C50, agregado grueso reciclado ¾" 3000 56-112	76
Tabla 30. Diseño C75, agregado grueso reciclado ¾" 3000 56-112	76
Tabla 31. Diseño C100, agregado grueso reciclado ¾" 3000 56-112	77
Tabla 32. Diseño D25, agregado grueso reciclado ¾" 4000-56	77
Tabla 33. Diseño D50, agregado grueso reciclado ¾" 4000-56	77
Tabla 34. Diseño D75, agregado grueso reciclado ¾" 4000-56	78
Tabla 35. Diseño D100, agregado grueso reciclado ¾" 4000-56	78
Tabla 36. Diseño E25, agregado grueso reciclado ¾" 4000 56-112	78
Tabla 37. Diseño E50, agregado grueso reciclado ¾" 4000 56-112	79
Tabla 38. Diseño E75, agregado grueso reciclado ¾" 4000 56-112	79
Tabla 39. Diseño E100, agregado grueso reciclado ¾" 4000 56-112	79
Tabla 40. Ensayos realizados a las mezclas	80
Tabla 41. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión	84
Tabla 42. Comparativo de masa unitaria agregado grueso	87
Tabla 43. Comparativo de densidad del agregado grueso	88
Tabla 44. Comparativo de absorción del agregado grueso	89
Tabla 45. Comparativo del desgaste del agregado grueso	91
Tabla 46. Comparativo de caras fracturadas	92

Tabla 47. Comparativo de caras alargadas	93
Tabla 48. Comparativo de caras aplanadas	94
Tabla 49. Comparativo de los pesos por diseño de mezcla	95
Tabla 50. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 3000 psi con edad menor 56 días	96
Tabla 51. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 3000 psi con edad de 56-112 días	97
Tabla 52. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 4000 psi con edad menor de 56 días	98
Tabla 53. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 4000 psi con edad de 56-112 días	99
Tabla 54. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a la mezcla escogida como la más óptima D25	102
Tabla 55. Costos de diseño de mezcla patrón	103
Tabla 56. Costos de diseño de mezcla D25	103

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Fases del proyecto de investigación	43
Figura 2. Clasificación de material RCD a reciclar	44
Figura 3. Mezclas de concreto propuestas	45
Figura 4. Acopio y clasificación	47
Figura 5. Trituración de los cilindros	53
Figura 6. Reporte de calidad del cemento CEMEX estructural usado en el proyecto	55
Figura 7. Molde lleno con muestra de arena de trituración	57
Figura 8. Montaje del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino (arena de trituración)	58
Figura 9. Montaje del ensayo de equivalente de arena	59
Figura 10. Ensayo de granulometría agregado grueso natural TMN ¾”	60
Figura 11. Molde lleno con muestra de agregado grueso natural ¾”	61
Figura 12. Montaje de laboratorio de peso específico y absorción del agregado grueso (triturado natural ¾”)	62
Figura 13. Desgaste en la máquina de los Ángeles	62
Figura 14. Caras aplanadas y caras alargadas	63
Figura 15. Molde lleno con muestra de agregado grueso reciclado ¾”, 3000 psi 56 dí	64
Figura 16. Ensayos de calidad agregado grueso reciclado 3000 psi, menor 56 días	65
Figura 17. Desgaste en la máquina de los Ángeles	66
Figura 18. Elaboración de mezclas de concreto	80
Figura 19. Pruebas de asentamiento	81
Figura 20. Concreto endurecido	82

Figura 21. Ensayo de resistencia a la compresión	83
Figura 22. Comparativo de masa unitaria agregado grueso	88
Figura 23. Comparativo de densidad del agregado grueso	89
Figura 24. Comparativo de absorción del agregado grueso	90
Figura 25. Comparativo del porcentaje desgaste del agregado grueso	92
Figura 26. Comparativo de caras fracturadas	93
Figura 27. Comparativo de caras alargadas y caras aplanadas	95
Figura 28. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 3000 psi con edad menor 56 días	97
Figura 29. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 3000 psi con edad de 56-112 días	98
Figura 30. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 4000 psi con edad menor 56 días	99
Figura 31. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 4000 psi con edad de 56-112 días.	100
Figura 32. Comparativo de resistencias a la compresión de las mezclas desarrolladas en la investigación	101
Figura 33. Comparativo de resistencia a la compresión entre la mezcla patrón y la mezcla D25	102

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Granulometría agregado fino, arena gruesa	112
Anexo 2. Granulometría agregado grueso natural, triturado TMN ¾”	113
Anexo 3. Desgaste en la máquina de los Ángeles, triturado TMN ¾”	114
Anexo 4. Caras fracturadas, triturado TMN ¾”	115
Anexo 5. Caras alargadas y caras aplanadas, triturado TMN ¾”	116
Anexo 6. Granulometría agregado grueso reciclado 3000 psi menor 56 días, TMN ¾”	117
Anexo 7. Desgaste en la máquina de los Ángeles, agregado grueso reciclado 3000 psi menor 56 días, TMN ¾”	118
Anexo 8. Caras fracturadas, agregado grueso reciclado 3000 psi menor 56 días, TMN ¾”	119
Anexo 9. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 3000 psi menor 56 días, TMN ¾”	120
Anexo 10. Granulometría agregado grueso reciclado 3000 psi 56-112 días, TMN ¾”	121
Anexo 11. Desgaste en la máquina de los Ángeles, agregado grueso reciclado 3000 psi 56-112 días, TMN ¾”.	122
Anexo 12. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 3000 psi 56-112 días, TMN ¾”	123
Anexo 13. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 3000 psi 56-112 días, TMN ¾”	124
Anexo 14. Granulometría agregado grueso reciclado 4000 psi menor 56 días, TMN ¾”	125
Anexo 15. Desgaste en la máquina de los Ángeles, agregado grueso reciclado 4000 psi menor 56 días, TMN ¾”.	126
Anexo 16. Caras fracturadas, agregado grueso reciclado 4000 psi menor 56 días, TMN ¾”	127

Anexo 17. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 4000 psi menor 56 días, TMN ¾”	128
Anexo 18. Granulometría agregado grueso reciclado 4000 psi 56-112 días, TMN ¾”	129
Anexo 19. Desgaste en la máquina de los Ángeles, agregado grueso reciclado 4000 psi 56-112 días, TMN ¾”.	130
Anexo 20. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 4000 psi 56-112 días, TMN ¾”	131
Anexo 21. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 4000 psi 56-112 días, TMN ¾”.	132

Resumen

Este proyecto realizó un diseño de mezclas de concreto con reciclaje de aridos. Para ello, se realizó una investigación aplicada tipo descriptiva ya que expresan características de un grupo y se analizan variables, componentes y fenómenos del objeto de estudio. La recolección de información se realizaron consultas a personas con experiencia en el estudio de los materiales que componen la mezcla de concreto y análisis bibliográfico de trabajos de grados, artículos y experiencias internacionales relacionadas con el tema. La población, corresponde a los Cilindros (especímenes de concreto) producto de ensayos realizados y testigos de mezclas de concreto de la empresa de premezclado Concretos y Morteros S.A. El muestreo, esta conformada por las 17 mezclas de concreto, 1 mezcla de control y 16 mezclas de concreto con adición porcentual de material reciclado. Se logró, determinar el porcentaje de material árido reciclado óptimo para el diseño de una mezcla de concreto de 3000 psi. Se realizó el acopio del material reciclado, seleccionado debido a su resistencia de diseño 3000 psi, 4000 psi, y con edades menores de 56 días, y de entre 56 y 112 días. Se llevó a cabo, la trituración y tamizaje de los cilindros reciclados para llegar a un tamaño estándar de material de tamaño máximo nominal 3/4. Seguidamente, se realizaron estudios de caracterización tales como granulometría, peso unitario, humedad, densidad, absorción, desgaste. Posteriormente, se identificó el porcentaje adecuado para el reemplazo del material árido grueso natural por el material árido grueso reciclado sin afectar resistencias para el diseño de una mezcla óptima. Finalmente, se realizó un comparativo de costos entre el concreto con árido natural vs el concreto con árido reciclado, para analizar viabilidad en su uso.

Abstract

This project carried out a design of concrete mixes with aggregate recycling. For this, a descriptive type applied research was carried out since they express characteristics of a group and variables, components and phenomena of the object of study are analyzed. The collection of information was carried out in consultation with people with experience in the study of the materials that make up the concrete mix and bibliographic analysis of degree works, articles and international experiences related to the subject. The population corresponds to the Cylinders (concrete specimens) as a result of tests carried out and witnesses to concrete mixtures from the premixed company Concretos y Morteros S.A. The sampling is made up of 17 concrete mixes, 1 control mix and 16 concrete mixes with percentage addition of recycled material. It was possible to determine the optimal percentage of recycled aggregate material for the design of a 3000 psi concrete mix. The recycled material was collected, selected due to its design resistance of 3000 psi, 4000 psi, and with ages under 56 days, and between 56 and 112 days. The crushing and screening of the recycled cylinders was carried out to arrive at a standard material size of maximum nominal size 3/4. Subsequently, characterization studies such as grain size, unit weight, humidity, density, absorption, wear, were carried out. Subsequently, the appropriate percentage was identified for the replacement of the natural coarse aggregate material with the recycled coarse aggregate material without affecting resistances for the design of an optimal mixture. Finally, a cost comparison was made between concrete with natural aggregate vs. concrete with recycled aggregate, to analyze feasibility in its use.

Introducción

La actividad de la construcción se ha convertido en un medidor del desarrollo de los pueblos, haciendo que estos en su afán por crecer no se detengan a analizar las secuelas que le dejan al ambiente, en la construcción se usan diversos materiales donde se posiciona debido a su mayor uso el concreto, que es una mezcla donde se utilizan recursos que no son en cierta forma fácilmente renovables, sobre todo porque los materiales que generalmente se usan para su elaboración provienen principalmente de los ríos. Llegará el día en que no se cuente con los materiales para usarlos en las obras civiles y por ende se estará afectando directamente las fuentes de agua con la que hoy día se cuenta.

Según comentó a la revista Obras el doctor Koji Sakai investigador de la Universidad de Kagawa en Japón, "El concreto es el segundo producto de mayor consumo en la Tierra, después del agua", en vista de esto se requiere que actuemos rápidamente y podamos reutilizar todos los materiales que hoy día se desechan debido a la renovación de las obras de ingeniería. Por esta razón se plantea el desarrollo del proyecto, proponiendo una alternativa de utilización de los desechos de las plantas de concreto de la ciudad de Cúcuta como agregado grueso en mezclas más amigables con el ambiente dando una opción al tratamiento del material RCD (Residuo de construcción y demolición).

1. Problema

1.1 Título

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON RECICLAJE DE ARIDOS

1.2 Planteamiento del Problema

El motivo de la realización de este proyecto es el punto que la generación de residuos en el campo de la construcción va en aumento, deteriorando cada vez más el ambiente, no es un secreto para nadie que la generación de residuos a nivel mundial va en continuo crecimiento, haciendo que la implementación de estrategias para la regeneración de estos sea el reto de esta sociedad, la ideal es implementar la ECO-CONSTRUCCION como base en el desarrollo de todas las actividades relacionadas con este gremio, para generar una conciencia medioambiental que nos beneficien a todos, y de esta forma la construcción entre a ser parte de la tan llamada economía circular.

Las bases de la economía circular se definen en 9R: Repensar, Reutilizar, Reparar, Restaurar, Re manufacturar, Reducir, Re-proponer, Reciclar y Recuperar, con estrategia que promoverá el emprendimiento, la generación de valor agregado y la atracción de la inversión como resultado de nuevas formas de producción, consumo y aprovechamiento de desechos, que reduzcan la carga sobre los rellenos sanitarios, lo que cobra gran importancia teniendo en cuenta que la vida útil de los rellenos sanitarios de 321 municipios de Colombia se acabará en cinco años, según datos del Departamento Nacional de Planeación. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

Los beneficios ambientales de la economía circular se traducen en reducción de la extracción de materias primas y esto es lo que con el proyecto se quiere lograr, tomar parte de los desechos de la industria de la construcción, transformarlos y obtener una nueva materia prima que se reintegre al ciclo nuevamente, que luego servirá de componente para participar en el desarrollo de productos ecológicos que favorecerán la sostenibilidad del medio ambiente. El proyecto se basará en la reutilización de residuos de una concretera de la región, especímenes de concreto que después de su uso son concebidos como escombros o RCD (Residuos de Construcción y Demolición) viendo la posibilidad de que funcionen como un componente principal en la creación de nuevas mezclas que cumplan con los estándares de calidad.

1.3 Formulación del Problema

¿Qué porcentaje óptimo se debe agregar de árido reciclado a una mezcla de concreto para una resistencia 3000 psi para que no varíe?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Determinar el porcentaje de material árido reciclado óptimo para el diseño de una mezcla de concreto de 3000 psi.

1.4.2 Objetivos específicos. Realizar el acopio del material reciclado, seleccionado debido a su resistencia de diseño 3000 psi, 4000 psi, y con edades menor de 56 días, y de entre 56 y 112 días.

Realizar la trituración y tamizaje de los cilindros reciclados para llegar a un tamaño estándar de material de tamaño máximo nominal 3/4.

Realizar estudios de caracterización tales como granulometría, peso unitario, humedad, densidad, absorción, desgaste, coeficiente de forma (partículas alargadas, aplanadas, fracturadas), módulo de finura y equivalente de arena; Al material árido reciclado y al material natural para conocer sus propiedades.

Identificar el porcentaje adecuado para el reemplazo del material árido grueso natural por el material árido grueso reciclado sin afectar resistencias para el diseño de una mezcla óptima

Realizar un comparativo de costos entre el concreto con árido natural vs el concreto con árido reciclado, para analizar viabilidad en su uso.

1.5 Justificación

Utilizar concreto reciclado trae beneficios económicos y ambientales, ya que se reduciría la extracción de materia prima, bajaría la demanda de extracción de áridos naturales nuevos que son explotaciones de cantera a cielo abierto que lo que hacen es alterar y modificar el paisaje y relieve del lugar, por ende, bajaría los costos en su cargue y transporte, lo que representaría una disminución en la producción de CO₂ al ambiente.

El concreto es el segundo material más usado en el mundo, después del agua, es por ende que el reciclaje de concreto es un reto medioambiental, que traería beneficios importantes en el aprovechamiento de los residuos que eran catalogados como desperdicios y ahora hacen parte de la nueva mezcla, esta estrategia implementaría un ahorro e incentivaría la economía circular, aliviando a su vez la carga y el espacio en las escombreras y basureros.

Lo que se busca con esta investigación es sacar el máximo provecho a los cilindros de ensayo de concreto que son clasificados como residuos de construcción y demolición (RCD) y darle una

nueva participación como agregado grueso en la fabricación de mezclas de concreto amigables con el ambiente.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances. Este proyecto está dirigido al reciclaje de materiales de construcción para el mejoramiento del medio ambiente, con el fin de disminuir la extracción de materiales pétreos de los ríos y darles un nuevo uso a los desechos producidos por la empresa “Concretos y morteros S.A” en mezclas de concreto ecológico.

1.6.2 Limitaciones. La falta de los equipos necesarios para la trituración y tamizado de los cilindros a utilizar podrían incidir en el buen desarrollo de este proyecto ya que demoraría el proceso y nos obligaría a realizarlo manualmente.

1.7 Delimitaciones

1.7.1 Delimitación espacial. El proyecto se desarrollará en las instalaciones de la empresa Concretos y Morteros S.A (planta principal) de la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander ubicada en el anillo vial oriental vía cárcel modelo frente al centro comercial jardín plaza, barrio Escobal lote 3 y en las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander (sede principal) ubicada en la Av. Gran Colombia N°12E-96, Barrio Colsag de la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander.

1.7.2 Delimitación temporal. El tiempo promedio de ejecución del proyecto serán cuatro meses a partir de la aprobación del presente anteproyecto, por parte del comité curricular del programa de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander.

1.7.3 Delimitación conceptual. El siguiente trabajo de grado estará enmarcado dentro de los conceptos tales como: Agregado fino, agregado grueso, áridos, cemento, concreto, resistencia a la compresión, curado, diseño de mezcla, dosificación, flexión, fraguado, gradación, humedad de agregados, relación agua cemento, áridos reciclados.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes y Estados del Arte

2.1.1 Antecedentes internacionales. ZEGA, Claudio Javier. Hormigones reciclados: caracterización de los agregados gruesos reciclados. Buenos Aires, 2008. P108, magister en ingeniería civil. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, facultad de ingeniería, departamento de ingeniería civil. En este trabajo de tesis encontramos dos etapas, la primera donde se realiza una evaluación de las distintas propiedades físico-químicas y durables de los agregados gruesos reciclados (AGR) y una segunda etapa, donde se estudia la influencia que tiene la variación del agregado natural en un 75% del agregado grueso reciclado sus propiedades en estado fresco y en estado endurecido, realizan los ensayos bajo parámetros establecidos por la norma IRAM 1627, la investigación concluye positivamente acerca del uso de AGR ya que al evaluar los agregados y al emplearlos en la elaboración de nuevas mezclas de concreto con el 100% de sustitución, los resultados dieron muy próximos a las mezclas hechas con AGN, haciendo énfasis en que cuanto más aun sea menor el porcentaje de agregado reciclado mejores resultados se obtendrán en esas mezclas.

Gómez Meijide, Breixo. Pérez Pérez, Ignacio. Rodríguez Pasandín, Ana. Corraliza Tejada, Sabas. Reciclaje de los residuos de construcción y demolición como áridos de mezclas bituminosas en frío, La Coruña, Universidad da Coruña, Departamento de investigación, Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) han sido investigados como áridos en materiales de ingeniería civil, tales como hormigón o mezclas bituminosas en caliente. En la presente investigación, se estudia su aplicabilidad en mezclas bituminosas en frío, con el fin de mejorar los aspectos ecológicos y económicos de unas mezclas que, de por sí, ya son más sostenibles que las

mezclas en caliente. Para comprobar si estos áridos afectan al comportamiento de la mezcla, se estudiaron una serie de propiedades mecánicas, como la sensibilidad al agua, la resistencia a tracción indirecta y la rigidez. Los resultados mostraron que los RCD no afectan de un modo negativo a las mezclas en frío, mejorando incluso algunos aspectos, en comparación con las mezclas de áridos naturales, es así como lo tomamos de guía para aplicarlo en nuestra mezcla de concreto y analizar su comportamiento.

2.1.2 Antecedentes nacionales. Laverde Laverde, Jorgue Alejandro. Propiedades mecánicas, eléctricas y de durabilidad de concretos con agregados reciclados. Bogotá D.C, 2014, p163. Magister en Ingeniería Civil con énfasis en estructuras. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito Facultad de Ingeniería Civil, El trabajo de investigación, tuvo como finalidad evaluar el comportamiento del concreto con reemplazo de agregado grueso por agregados de concreto reciclado (ACR); Los resultados de los ensayos indicaron claramente que, en las mezclas con mayor porcentaje de agregado reciclado, los resultados del módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión son más bajos que para concretos con agregado natural. La resistencia a la compresión de un concreto con 100% de ACR tiene una reducción estimada del 20% al 25%, con respecto a un concreto convencional. Paralelamente las propiedades eléctricas y de durabilidad medida mediante ensayos de resistividad, impedancia, sortividad y permeabilidad al ion cloruro, se ven afectadas con el aumento del porcentaje de agregado reciclado y la relación agua/cemento, es una investigación que analiza varias propiedades del concreto y que toma como variable la relación agua/cemento para analizar el comportamiento de la mezcla.

Bedoya Montoya, Carlos Mauricio. el concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles. Medellín, 2003, P66, Trabajo presentado como requisito para optar al título de Magíster en Hábitat, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de

Arquitectura, Escuela del Hábitat. Desde el punto de vista ambiental, el reciclaje de escombros es bastante atractivo porque aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios y evita la degradación de recursos naturales no renovables; pero, desde el punto de vista netamente económico, el concreto reciclado resulta atractivo cuando el producto es competitivo con otros materiales en relación al costo y a la calidad. Los materiales reciclados son normalmente competitivos donde existe dificultad para obtener materias primas y lugares de depósito adecuados. Con el uso de los materiales reciclados, se pueden obtener grandes ahorros en el transporte de residuos de la construcción y de materias primas, el anterior proyecto tiene muchos aportes desde la óptica de la arquitectura, poniendo la mezcla de concreto reciclado como una alternativa óptima, para preservar el medio ambiente y hacer construcciones seguras y con un balance de ahorro económico.

Bedoya, Carlos. Dzul, Luis. El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. COLOMBIA, Universidad Internacional Iberoamericana, Campeche. MEXICO, este artículo aborda la confección de un concreto usando agregados reciclados obtenidos de la valorización de escombros de concreto y mampostería. Se muestran aspectos como resistencia al esfuerzo de la compresión a 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días; porosidad, velocidad de pulso ultrasónico y carbonatación; costo económico en comparación con un concreto convencional; y una reseña de las políticas públicas de Construcción Sostenible y aprovechamiento de escombros formuladas en Medellín, Colombia. La resistencia al esfuerzo de la compresión y las medidas de velocidad de pulso ultrasónico. Los resultados obtenidos con sustituciones de agregados naturales por agregados reciclados gruesos y finos en porcentajes del 25 %, 50 % y 100 %, y el avance en los lineamientos político-administrativos de la municipalidad en los once años recientes, permiten

deducir la posibilidad de confeccionar concretos estructurales y no estructurales para uso masivo en la construcción.

Bojacá Castañeda, Néstor Raúl. Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado. Bogotá D.C, 2013, P111. Maestría en ingeniería civil énfasis en estructuras. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. facultad de ingeniería civil. programa de maestría en ingeniería civil énfasis en estructuras. Esta investigación tiene como objetivo Estudiar el efecto en la resistencia mecánica y en la durabilidad del concreto producido por el remplazo en diferentes porcentajes del agregado grueso natural por agregado grueso reciclado, mediante ensayos en probetas y en un elemento estructural, realizo un comparativo de las propiedades físicas y el comportamiento mecánico de agregados gruesos naturales y agregados gruesos reciclados, trabajo con una variación porcentual de 20% y 40% para el análisis mecánico y de durabilidad, realizo una comparativa del comportamiento del concreto con un 20 % de uso de AGR, frente al concreto convencional en la construcción de losas armadas en una y dos direcciones, la investigación concluyo varios puntos, como que las propiedades físicas del AGR son relativamente más bajas que las propiedades físicas de los AGN, que un porcentaje del 40% es apropiado en resistencia ya que la variación con la muestra de control es baja, que la durabilidad de la mezcla no se ve afectada por el uso de AGR y en la parte práctica, se obtuvieron resultados de impacto positivo para el avance del uso de AGR en mezclas de concreto para la construcción en Colombia.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Concreto estructural. Como se muestra a continuación:

2.2.1.1 Materiales.

Cemento:

El cemento utilizado será Portland, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo indicado en el Artículo 501 de estas especificaciones. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará el denominado Tipo I.

Agregados:

Agregado fino: Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4.75 mm (No.4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado a juicio del Interventor. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30%) del agregado fino. El agregado fino deberá cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla 1 y su gradación se deberá ajustar a la indicada en la Tabla. En ningún caso, el agregado fino podrá tener más de cuarenta y cinco por ciento (45%) de material retenido entre dos tamices consecutivos. Durante el período de construcción no se permitirán variaciones mayores de dos décimas (0.2) en el módulo de finura, con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo.

Tabla 1. Requisitos del agregado fino para concreto estructural

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	10
- Sulfato de sodio		15
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200), máximo (%)	E-214	5
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	INV E-212	Igual a Muestra patrón
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como SO_4^{2-} , máximo (%)	INV E-233	1.2
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Fuente: INVIAS, 2012.

Tabla 2. Granulometría del agregado fino para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
PORCENTAJE QUE PASA (%)							
UNICA	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

Fuente: INVIAS, 2012.

Agregado grueso: Para el objeto del presente Artículo se denominará agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz 4.75 mm (No.4). Dicho agregado deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno. El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla 3 y su gradación deberá ajustarse a alguna de las indicadas en la Tabla.4. La gradación por utilizar será la especificada en los documentos del proyecto, cuyo tamaño máximo usar, dependerá de la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

Tabla 3. Requisitos del agregado grueso para concreto estructural

REQUISITO	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	40
- En seco, 500 revoluciones, máximo (%)		
- En seco, 100 revoluciones, máximo (%)		
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota 1)	E-220	12
- Sulfato de sodio		
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	0.25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1.0
Geometría de las partículas (F)		
Índice de alargamiento, máximo (%)	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, máximo (%)	E-233	1.0

Fuente: INVIAS, 2012.

Tabla 4. Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	63	50	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36
	2,5 "	2"	1 1/2 "	1 "	3/4 "	1/2 "	3/8 "	No. 4	No. 8
PORCENTAJE QUE PASA (%)									
AG-19	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
AG-25	-	-	-	100	95-100	-	20-55	0-10	0-5
AG-38	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
AG-50-1	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
AG-63-1	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
AG-50-2	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
AG-63-2	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

Fuente: INVIAS, 2012.

2.2.1.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo. La dosificación del concreto determinará las proporciones en que deben combinarse los diferentes materiales componentes como son: agregados, cemento, agua y eventualmente, aditivos, de modo de obtener un concreto que cumpla con la resistencia, manejabilidad, durabilidad y demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto, las presentes especificaciones y las dadas por el Interventor.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor deberá suministrar al Interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla. Una vez el Interventor realice las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales con base en el cumplimiento de los requisitos de la presente especificación, el Constructor diseñará la mezcla y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a consideración del Interventor. Dicha fórmula señalará:

El tipo y la marca de cemento.

Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta.

Las dosificaciones de cemento, agregados grueso y fino y aditivos en polvo, en peso por metro cúbico de concreto. La cantidad de agua y aditivos líquidos se podrá dar por peso o por volumen. Cuando se contabilice el cemento por bolsas, la dosificación se hará en función de un número entero de bolsas.

La resistencia a compresión de la mezcla a siete (7) y veintiocho (28) días de curado, o las edades que se fijen para cada clase de concreto, la cual se medirá según la norma INV E-410.

La fórmula de trabajo se deberá reconsiderar cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

El tipo, la clase o la categoría del cemento o su marca.

El tipo, absorción y tamaño máximo del agregado grueso.

El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0.2).

La gradación del agregado combinado en una magnitud tal, que ella se salga de la tolerancia fijada.

La naturaleza y la proporción de los aditivos.

El método de puesta en obra del concreto.

El Constructor deberá considerar que el concreto deberá ser dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a la compresión promedio suficientemente superior a la especificada en los planos del proyecto, según la clase de concreto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor de especificado. Con este fin, el Constructor deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Al efectuar las cochadas de tanteo en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deberán ser preparadas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402 y ensayadas según la norma de ensayo INV E-410. Se deberán elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a compresión a veintiocho (28) días (o a la edad definida para la clase de concreto) en función de la relación agua/cemento y del contenido de cemento. Estas curvas se deberán basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen cochadas que den lugar a resistencias a compresión por encima y por debajo de la requerida. Cada punto deberá representar el promedio de, por lo menos, tres (3) cilindros ensayados a veintiocho (28) días (o a la edad definida para la clase de concreto).

Los valores de relación agua/cemento máximo y contenido mínimo de cemento admisibles por resistencia para el concreto a ser empleado en la estructura, serán los que permitan obtener una resistencia promedio por encima la resistencia de diseño del elemento, según lo indica la Tabla 5.

Tabla 5. Resistencia promedio requerida a la compresión.

RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN (f'_c)		RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA A LA COMPRESIÓN	
MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
< 21	< 210	$f'_c + 7$	$f'_c + 70$
21 – 35	210 - 350	$f'_c + 8.5$	$f'_c + 85$
> 35	> 350	$f'_c + 10$	$f'_c + 100$

Fuente: INVIAS, 2012.

2.3 Marco Conceptual

Agregado fino: Material que pasa 100% el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200. Generalmente es clasificado como arena gruesa o fina.

Agregado grueso: Es aquel que es retenido 100% en el tamiz N° 4 o superior.

Áridos: se diferencia de otros materiales por su estabilidad química y su resistencia mecánica, y se caracteriza por su tamaño. No se consideran como áridos aquellas sustancias minerales utilizadas como materias primas en procesos industriales debido a su composición química.

Árido reciclado: Material producto de la trituración de residuos de concreto reciclado en las plantas de concreto y obras de construcción civil.

Cemento: es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamada Clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega una pequeña cantidad de yeso para evitar la contracción de la mezcla al fraguar cuando se le añade agua y al endurecerse posteriormente.

Concreto: Es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistentes.

Curado: Es el proceso de controlar y mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, para el desarrollo de las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla.

Diseño de mezcla: Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

Dosificación: Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o adherencia correctos.

Fraguado: Es un periodo en el cual mediante reacciones químicas del cemento y el agua conducen a un proceso que, mediante diferentes velocidades de reacción, generan calor y dan origen a nuevos compuestos, estos en la pasta de cemento generan que este endurezca.

Gradación: La medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

Humedad: En los agregados existen poros, los cuales encuentran en la intemperie y pueden estar llenos con agua, estos poseen un grado de humedad, el cual es de gran importancia ya que con él podríamos saber si nos aporta agua a la mezcla.

Resistencia a la compresión: es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. En el concreto se realiza mediante probetas cilíndricas de concreto de donde se calcula la resistencia a la compresión a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en kg/cm^2 .

2.4 Marco Contextual

El proyecto inicialmente nace de la necesidad de reutilizar los desechos emitidos por la empresa Concretos y Morteros S.A; ubicada en el anillo vial oriental vía cárcel modelo, frente al centro comercial jardín plaza, barrio Escobal, lote 3 de la ciudad de San José de Cúcuta y serán analizados y procesados en el laboratorio de la empresa Concretos y Morteros S.A y en el laboratorio de materiales de la universidad Francisco de paula Santander sede principal, ubicada en la Av. Gran Colombia N° 12 E-96, Barrio el Colsag de la ciudad de San José Cúcuta.

Misión UFPS:

La Universidad Francisco de Paula Santander es una Institución Pública de Educación Superior, orientada al mejoramiento continuo y la calidad en los procesos de docencia, investigación y extensión, en el marco de estrategias metodológicas presenciales, a distancia y virtuales, cuyo propósito fundamental es la formación integral de profesionales comprometidos con la solución de problemas del entorno, en busca del desarrollo sostenible de la región.

Visión UFPS:

La Universidad Francisco de Paula Santander será reconocida a nivel nacional por la alta calidad, competitividad y pertinencia de sus programas académicos, la generación de conocimiento, la transferencia de ciencia y tecnología, y la formación de profesionales con sentido de responsabilidad social, utilizando estrategias metodológicas presenciales, a distancia y virtuales, que faciliten la transformación de la sociedad desde el ámbito local hacia lo global.

Misión Concretos y Morteros S.A:

Concretos y Morteros S.A. Somos una empresa dedicada a la producción y comercialización de concreto premezclado en todas sus modalidades, líder en el sector de la construcción como una opción eficiente e innovadora, contamos con un equipo humano idóneo, capacitado y líder, con innovación y tecnología ofreciendo a nuestros clientes productos y servicios con los más altos estándares de calidad buscando siempre la satisfacción de sus necesidades.

Visión Concretos y Morteros S.A:

Ser una empresa reconocida y líder en el mercado industrial de la construcción en cuanto a la comercialización de artículos de hormigón generando relaciones de largo plazo con nuestros clientes, proveedores, colaboradores y socios, basados en tecnología infraestructura y recurso humano idóneo.

2.5 Marco Legal

El Consejo Superior Universitario de la U.F.P.S, estableció el Estatuto estudiantil el día 26 de agosto de 1996, mediante el acuerdo N° 065, donde el artículo 140, define las diferentes opciones que tiene el estudiante para realizar su trabajo de grado, que contempla posibles proyectos, como los trabajos de investigación y sistematización del conocimiento o proyectos de extensión como las pasantías, trabajo dirigidos y reglamentado por el acuerdo 069 del 5 de septiembre de 1997, Inciso b de este acuerdo

b. Investigación: Es la actividad intelectual encaminada a la construcción de conocimientos en las diversas esferas de la actividad humana, utilizando instrumentos racionales y materiales concebidos a través del tiempo, dentro del rigor y los cánones aceptados como científicos y cuyo

fin último es el progreso del conocimiento y su aplicación en beneficio de la sociedad. (Estatuto estudiantil acuerdo 069,1997, p.60)

Según la Constitución Política de la Republica de Colombia de 1991.

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

En el año 1997 se emitió el Decreto 357 de la Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá D.C., Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción.

“Por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los residuos de construcción y Demolición - RCD en Bogotá D.C”. Decreto 586 de 2015, (Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá D.C, 2015)

“Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones”. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, resolución 472, 2017).

“Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”. (Congreso de la República de Colombia, ley 23 1973, Diario Oficial No. 34.001 del 17 de enero de 1974)

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

La investigación según el propósito es aplicada, ya que mediante el análisis de teorías generales ya establecidas buscamos reformar variables que nos den como finalidad un producto nuevo que cumpla con características funcionales y ayude al medio ambiente.

Descriptiva: Se dice que la investigación es de este tipo, porque al ser descriptiva se expresan características de un grupo y se analizan variables, componentes y fenómenos del objeto de estudio.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. Cilindros (especímenes de concreto) producto de ensayos realizados y testigos de mezclas de concreto de la empresa de premezclado Concretos y Morteros S.A

3.2.2 Muestra. 17 mezclas de concreto, 1 mezcla de control y 16 mezclas de concreto con adición porcentual de material reciclado

3.3 Instrumentos para la Recolección de Información

En la etapa inicial de la investigación, se realizaron consultas a personas con experiencia en el estudio de los materiales que componen la mezcla de concreto y análisis bibliográfico de trabajos de grados, artículos y experiencias internacionales relacionadas con el tema, se realizaron ensayos a los materiales como granulometría, peso unitario, humedad, densidad, absorción, desgaste a la abrasión de la máquina de los ángeles, coeficiente de forma (partículas alargadas, aplanadas, fracturadas), módulo de finura, equivalente de arena, y ensayos a la mezcla

como ensayo de asentamiento y resistencia a la compresión.

3.4 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos

Para realizar el análisis y el procesamiento de la información se hará uso de los programas informáticos como Excel y Word, los cuales nos permitirán organizar de manera debida los datos obtenidos; Presentando así informes como evidencia de las actividades realizadas por medio de cuadros, graficas, diagramas de barras, cuadros comparativos, diagrama de tortas y demás.

3.5 Fases y Actividades Específicas del Proyecto

3.5.1 Fases del proyecto. Como se muestra a continuación:

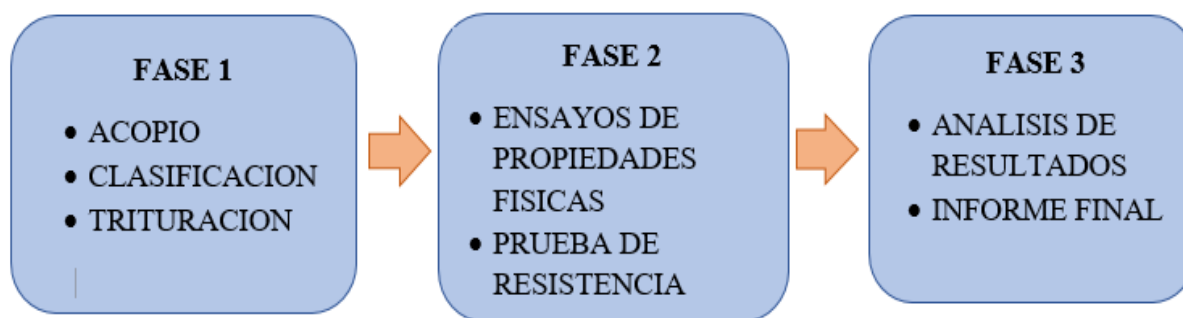


Figura 1. Fases del proyecto de investigación

3.5.2 Actividades del proyecto. Acopio de los especímenes de concreto, agrupar en un espacio todos los cilindros probados y los que quedan de testigos de las mezclas de concreto.

Clasificación de los especímenes por edad y por resistencias, tomar todos los cilindros agrupados y armar 4 grupos de materiales, clasificarlos por su resistencia, en un grupo los de 3000 psi y otro grupo los de 4000 psi, y después realizar la clasificación según sea la edad, menor de 56 días y entre 56 días y 112 días para ambos grupos.

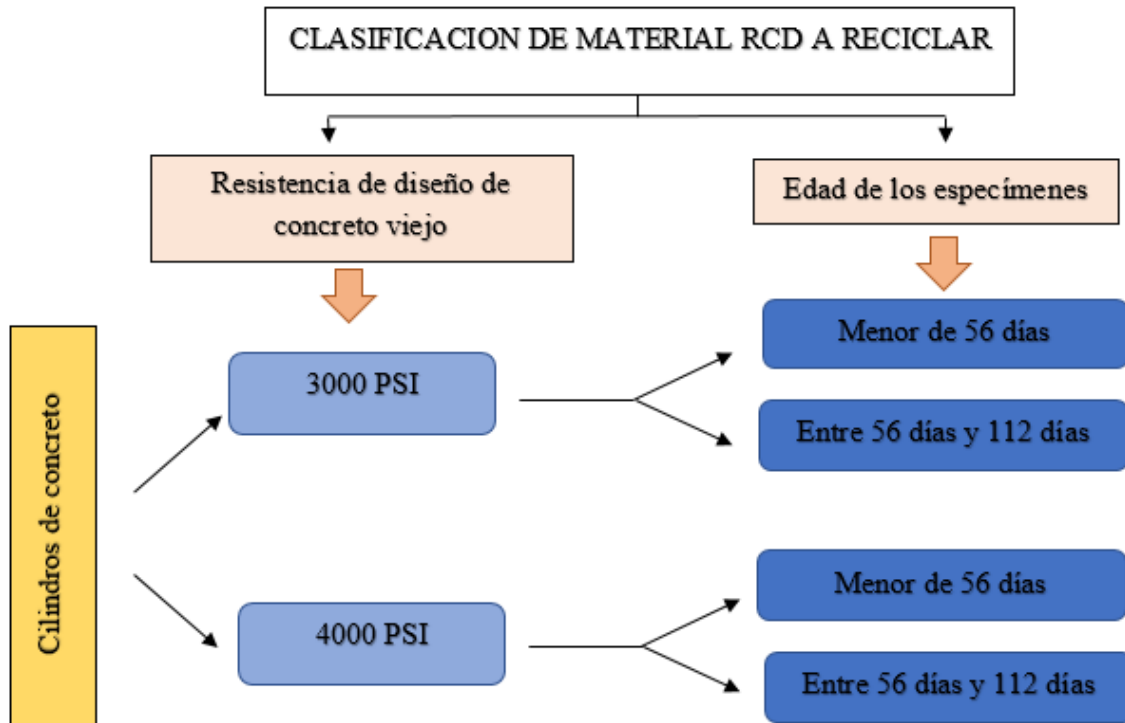


Figura 2. Clasificación de material RCD a reciclar

Trituración y tamizaje del material reciclado, triturar cada grupo de cilindros y realizar el tamizaje de los materiales para llegar a un tamaño estándar de material de tamaño máximo nominal 3/4.

Pruebas de caracterización a los materiales de la mezcla, agregado fino natural, agregado grueso natural, agregado grueso reciclado, realizar pruebas tales como granulometría, peso unitario, humedad, densidad, absorción, desgaste de la máquina de los ángeles, coeficiente de forma (partículas alargadas, aplanadas, fracturadas), módulo de finura y equivalente de arena.

Realización de mezclas de concreto con variación de porcentaje del material agregado grueso reciclado, variación porcentual de 25%, 50%, 75% y 100%, realizar 1 mezcla con 0% de material reciclado para servir de muestra guía en el análisis comparativo respecto al grupo de 16 mezclas de concreto con variación porcentual, para un total de 17 tipos de mezclas de concreto.

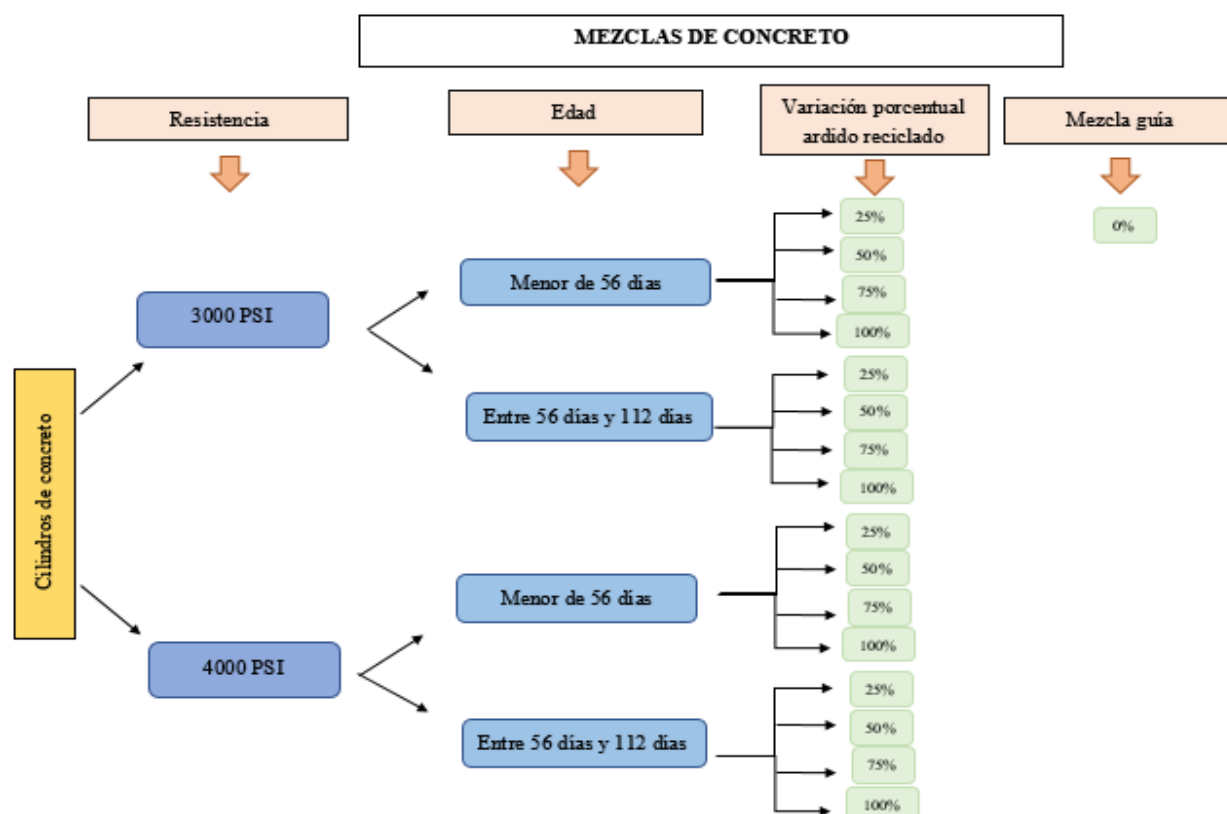


Figura 3. Mezclas de concreto propuestas

Realización de pruebas al concreto en estado endurecido, se tomarán muestras de concreto en cilindros para realizarle la prueba del esfuerzo a la compresión, que se tiene estimado realizar para 3, 7, 14, 28 días mediante dos cilindros por día y un testigo por cada tipo de mezcla.

Análisis de resultados de pruebas de laboratorio y obtención del porcentaje de la mezcla que alcanza la resistencia esperada.

Comparativo de costos entre el concreto con árido natural vs el concreto con árido reciclado, para análisis de viabilidad de su uso.

Elaboración del informe final y recomendaciones a la empresa Concretos y Morteros S.A sobre el manejo de los residuos generados de concreto en la planta.

4. Desarrollo del proyecto

4.1 Fase 1

4.1.1 Acopio y clasificación. El acopio y clasificación de los especímenes de concreto (cilindros de concreto), consistió en trasladar y agrupar los cilindros que estaban represados en la planta de Concretos y Morteros S.A en los 4 grupos que se habían planeado anteriormente, los 4 grupos estaban definidos por los dos ítems de clasificación, que fueron la resistencia de diseño y la edad del concreto, tomando cilindros con resistencia de diseño de 3000 psi y dividirlos entre las edades de menor de 56 días y de entre 56 días y 112 días, así sucesivamente para cilindros con resistencia de diseño de 4000 psi.



Depósito de especímenes



sacos con especímenes

Figura 4. Acopio y clasificación

Se tomaron 55 cilindros de cada muestra, para un total de 220 cilindros depositados en 12 sacos debidamente marcados con su edad y resistencia, se digitalizaron mediante un formato donde se tomó la nomenclatura mediante la cual se diseñó, la fecha de cuando se realizó la

mezcla y un comparativo de la edad en días de la fecha en que se realizó el cilindro y la fecha del día de trituración del mismo.

Fecha de trituración de cilindros

FECHA 28/09/2019

Tabla 6. Clasificación de residuos de la planta de Concretos y Morteros S.A

CILINDROS RESIDUOS DE RESISTENCIA DE 3000 PSI					CILINDROS RESIDUOS DE RESISTENCIA DE 4000 PSI				
N°	Nomenclatura	Resistencia	Fecha	Edad (Días)	N°	Nomenclatura	Resistencia	Fecha	Edad (Días)
1	607	3000 psi	10/06/2019	110	1	619	4000 psi	9/06/2019	111
2	641	3000 psi	12/06/2019	108	2	632	4000 psi	10/06/2019	110
3	642	3000 psi	12/06/2019	108	3	632	4000 psi	10/06/2019	110
4	642	3000 psi	12/06/2019	108	4	643	4000 psi	12/06/2019	108
5	644	3000 psi	13/06/2019	107	5	643	4000 psi	12/06/2019	108
6	646	3000 psi	13/06/2019	107	6	652	4000 psi	14/06/2019	106
7	646	3000 psi	13/06/2019	107	7	652	4000 psi	14/06/2019	106
8	648	3000 psi	14/06/2019	106	8	664	4000 psi	18/06/2019	102
9	648	3000 psi	14/06/2019	106	9	678	4000 psi	21/06/2019	99
10	655	3000 psi	15/06/2019	105	10	678	4000 psi	21/06/2019	99
11	655	3000 psi	15/06/2019	105	11	676	4000 psi	21/06/2019	99
12	673	3000 psi	20/06/2019	100	12	677	4000 psi	21/06/2019	99
13	673	3000 psi	20/06/2019	100	13	676	4000 psi	21/06/2019	99
14	683	3000 psi	25/06/2019	95	14	684	4000 psi	25/06/2019	95
15	683	3000 psi	25/06/2019	95	15	685	4000 psi	25/06/2019	95
16	681	3000 psi	25/06/2019	95	16	684	4000 psi	25/06/2019	95
17	695	3000 psi	28/06/2019	92	17	685	4000 psi	25/06/2019	95
18	696	3000 psi	29/06/2019	91	18	686	4000 psi	26/06/2019	94
19	696	3000 psi	29/06/2019	91	19	686	4000 psi	26/06/2019	94
20	700	3000 psi	2/07/2019	88	20	687	4000 psi	26/06/2019	94
21	700	3000 psi	2/07/2019	88	21	690	4000 psi	27/06/2019	93
22	710	3000 psi	5/07/2019	85	22	693	4000 psi	28/06/2019	92
23	716	3000 psi	8/07/2019	82	23	693	4000 psi	28/06/2019	92
24	716	3000 psi	8/07/2019	82	24	693	4000 psi	28/06/2019	92
25	724	3000 psi	11/07/2019	79	25	695	4000 psi	28/06/2019	92
26	724	3000 psi	11/07/2019	79	26	703	4000 psi	3/07/2019	87
27	726	3000 psi	12/07/2019	78	27	703	4000 psi	3/07/2019	87
28	726	3000 psi	12/07/2019	78	28	711	4000 psi	5/07/2019	85
29	727	3000 psi	12/07/2019	78	29	711	4000 psi	5/07/2019	85

CILINDROS RESIDUOS DE RESISTENCIA DE 3000 PSI				
N°	Nomenclatura	Resistencia	Fecha	Edad (Días)
30	728	3000 psi	12/07/2019	78
31	728	3000 psi	13/07/2019	77
32	729	3000 psi	13/07/2019	77
33	734	3000 psi	17/07/2019	73
34	734	3000 psi	17/07/2019	73
35	734	3000 psi	17/07/2019	73
36	734	3000 psi	17/07/2019	73
37	740	3000 psi	18/07/2019	72
38	746	3000 psi	19/07/2019	71
39	751	3000 psi	22/07/2019	68
40	754	3000 psi	23/07/2019	67
41	754	3000 psi	23/07/2019	67
42	754	3000 psi	23/07/2019	67
43	756	3000 psi	24/07/2019	66
44	756	3000 psi	24/07/2019	66
45	758	3000 psi	24/07/2019	66
46	757	3000 psi	24/07/2019	66
47	759	3000 psi	25/07/2019	65
48	760	3000 psi	25/07/2019	65
49	759	3000 psi	25/07/2019	65
50	759	3000 psi	25/07/2019	65
51	761	3000 psi	26/07/2019	64
52	761	3000 psi	26/07/2019	64
53	762	3000 psi	26/07/2019	64
54	762	3000 psi	26/07/2019	64
55	769	3000 psi	27/07/2019	63
1	790	3000 psi	6/08/2019	53
2	788	3000 psi	6/08/2019	53
3	789	3000 psi	6/08/2019	53
4	789	3000 psi	6/08/2019	53
5	790	3000 psi	6/08/2019	53
6	798	3000 psi	9/08/2019	50

CILINDROS RESIDUOS DE RESISTENCIA DE 4000 PSI				
N°	Nomenclatura	Resistencia	Fecha	Edad (Días)
30	721	4000 psi	9/07/2019	81
31	720	4000 psi	9/07/2019	81
32	720	4000 psi	9/07/2019	81
33	721	4000 psi	9/07/2019	81
34	720	4000 psi	9/07/2019	81
35	720	4000 psi	9/07/2019	81
36	719	4000 psi	9/07/2019	81
37	725	4000 psi	11/07/2019	79
38	730	4000 psi	13/07/2019	77
39	730	4000 psi	13/07/2019	77
40	737	4000 psi	17/07/2019	73
41	738	4000 psi	17/07/2019	73
42	737	4000 psi	17/07/2019	73
43	735	4000 psi	17/07/2019	73
44	737	4000 psi	17/07/2019	73
45	735	4000 psi	17/07/2019	73
46	738	4000 psi	17/07/2019	73
47	737	4000 psi	17/07/2019	73
48	741	4000 psi	18/07/2019	72
49	742	4000 psi	18/07/2019	72
50	745	4000 psi	19/07/2019	71
51	747	4000 psi	19/07/2019	71
52	742	4000 psi	19/07/2019	71
53	750	4000 psi	22/07/2019	68
54	750	4000 psi	22/07/2019	68
55	690	4000 psi	27/07/2019	63
1	794	4000 psi	8/08/2019	51
2	794	4000 psi	8/08/2019	51
3	794	4000 psi	8/08/2019	51
4	794	4000 psi	8/08/2019	51
5	795	4000 psi	8/08/2019	51
6	795	4000 psi	8/08/2019	51

CILINDROS RESIDUOS DE RESISTENCIA DE 3000 PSI				
N°	Nomenclatura	Resistencia	Fecha	Edad (Días)
7	797	3000 psi	9/08/2019	50
8	800	3000 psi	10/08/2019	49
9	805	3000 psi	13/08/2019	46
10	805	3000 psi	13/08/2019	46
11	809	3000 psi	14/08/2019	45
12	809	3000 psi	14/08/2019	45
13	810	3000 psi	15/08/2019	44
14	810	3000 psi	15/08/2019	44
15	813	3000 psi	16/08/2019	43
16	815	3000 psi	17/08/2019	42
17	815	3000 psi	17/08/2019	42
18	815	3000 psi	17/08/2019	42
19	815	3000 psi	17/08/2019	42
20	828	3000 psi	23/08/2019	36
21	854	3000 psi	30/08/2019	29
22	854	3000 psi	30/08/2019	29
23	853	3000 psi	30/08/2019	29
24	853	3000 psi	30/08/2019	29
25	854	3000 psi	30/08/2019	29
26	855	3000 psi	31/08/2019	28
27	855	3000 psi	31/08/2019	28
28	SA7	3000 psi	19/09/2019	9
29	912	3000 psi	19/09/2019	9
30	912	3000 psi	19/09/2019	9
31	913	3000 psi	19/09/2019	9
32	913	3000 psi	19/09/2019	9
33	SA3	3000 psi	19/09/2019	9
34	SA3	3000 psi	19/09/2019	9
35	913	3000 psi	19/09/2019	9
36	916	3000 psi	20/09/2019	8
37	917	3000 psi	20/09/2019	8
38	917	3000 psi	20/09/2019	8

CILINDROS RESIDUOS DE RESISTENCIA DE 4000 PSI				
N°	Nomenclatura	Resistencia	Fecha	Edad (Días)
7	799	4000 psi	10/08/2019	49
8	799	4000 psi	10/08/2019	49
9	802	4000 psi	12/08/2019	47
10	802	4000 psi	12/08/2019	47
11	802	4000 psi	12/08/2019	47
12	802	4000 psi	12/08/2019	47
13	804	4000 psi	13/08/2019	46
14	804	4000 psi	13/08/2019	46
15	808	4000 psi	14/08/2019	45
16	808	4000 psi	14/08/2019	45
17	832	4000 psi	23/08/2019	36
18	834	4000 psi	26/08/2019	33
19	836	4000 psi	26/08/2019	33
20	838	4000 psi	26/08/2019	33
21	841	4000 psi	27/08/2019	32
22	841	4000 psi	27/08/2019	32
23	847	4000 psi	29/08/2019	30
24	852	4000 psi	30/08/2019	29
25	852	4000 psi	30/08/2019	29
26	859	4000 psi	4/09/2019	24
27	859	4000 psi	4/09/2019	24
28	811	4000 psi	16/09/2019	12
29	811	4000 psi	16/09/2019	12
30	812	4000 psi	17/09/2019	11
31	812	4000 psi	17/09/2019	11
32	915	4000 psi	19/09/2019	9
33	915	4000 psi	19/09/2019	9
34	820	4000 psi	21/09/2019	7
35	820	4000 psi	21/09/2019	7
36	822	4000 psi	21/09/2019	7
37	822	4000 psi	21/09/2019	7
38	828	4000 psi	22/09/2019	6

CILINDROS RESIDUOS DE RESISTENCIA DE 3000 PSI				
N°	Nomenclatura	Resistencia	Fecha	Edad (Días)
39	919	3000 psi	23/09/2019	5
40	921	3000 psi	23/09/2019	5
41	A1	3000 psi	24/09/2019	4
42	A1	3000 psi	24/09/2019	4
43	A1	3000 psi	24/09/2019	4
44	A1	3000 psi	24/09/2019	4
45	A1	3000 psi	24/09/2019	4
46	A1	3000 psi	24/09/2019	4
47	A1	3000 psi	24/09/2019	4
48	A1	3000 psi	24/09/2019	4
49	A1	3000 psi	24/09/2019	4
50	A1	3000 psi	24/09/2019	4
51	A1	3000 psi	24/09/2019	4
52	922	3000 psi	24/09/2019	4
53	922	3000 psi	24/09/2019	4
54	924	3000 psi	24/09/2019	4
55	924	3000 psi	24/09/2019	4

CILINDROS RESIDUOS DE RESISTENCIA DE 4000 PSI				
N°	Nomenclatura	Resistencia	Fecha	Edad (Días)
39	920	4000 psi	23/09/2019	5
40	920	4000 psi	23/09/2019	5
41	925	4000 psi	24/09/2019	4
42	925	4000 psi	24/09/2019	4
43	B1	4000 psi	25/09/2019	3
44	B1	4000 psi	25/09/2019	3
45	B1	4000 psi	25/09/2019	3
46	B1	4000 psi	25/09/2019	3
47	B1	4000 psi	25/09/2019	3
48	B1	4000 psi	25/09/2019	3
49	B1	4000 psi	25/09/2019	3
50	B1	4000 psi	25/09/2019	3
51	B1	4000 psi	25/09/2019	3
52	B1	4000 psi	25/09/2019	3
53	B1	4000 psi	25/09/2019	3
54	927	4000 psi	25/09/2019	3
55	927	4000 psi	25/09/2019	3

4.1.2 Trituración de los cilindros. Al tener los 4 grupos de cilindros armados, se realizó la trituración de cada grupo de forma independiente por medio del equipo de trituración de cono de la empresa Transmateriales S.A, obteniendo el material agregado grueso reciclado con un tamaño máximo nominal (TMN) de $\frac{3}{4}$ ", que sería el necesario para el diseño de mezclas planteado.



Trituradora de cono



Planta de trituración

Figura 5. Trituración de los cilindros

4.2 Fase 2

4.2.1 Materiales. Como se muestra a continuación:

4.2.1.1 Cemento. El cemento que se utilizó en las mezclas fue cemento CEMEX, cemento hidráulico uso estructural tipo alta resistencia temprana.

4.2.1.2 Agregado fino. El agregado fino usado en la totalidad de las mezclas fue arena de trituración de la empresa Transmateriales S.A

4.2.1.3 Agregado grueso natural. El agregado grueso natural utilizado en las mezclas con variación porcentual de 100%, 75%,50% y 25% fue un triturado con TMN de ¾” de la empresa Transmateriales S.A

4.2.1.4 Agregado grueso reciclado. El agregado grueso reciclado utilizado en las mezclas con variación porcentual de 100%, 75%,50% y 25% fue un triturado con TMN de ¾” producto de la trituración de los cilindros de concreto de la empresa Concretos & Morteros S.A.

4.2.2 Caracterización de los materiales. Como se muestra a continuación:

4.2.2.1 Cemento.



Figura 6. Reporte de calidad del cemento CEMEX estructural usado en el proyecto

Tabla 7. Ensayos realizados a los materiales

ENSAYOS REALIZADOS A LOS MATERIALES		
TIPO DE MATERIAL	TIPO DE ENSAYO	
	Caracterización	Calidad
Agregado Fino	Granulometría	Equivalente de arena
	Masa unitaria suelta y compacta	
	Peso específico	
	Absorción	
Agregado Grueso Natural	Granulometría	Desgaste
	Masa unitaria suelta y compacta	Caras fracturadas
	Peso específico	Caras alargadas
	Absorción	Caras aplanadas
Agregado Grueso Reciclado con resistencia de 3000 psi menor a 56 días	Granulometría	Desgaste
	Masa unitaria suelta y compacta	Caras fracturadas
	Peso específico	Caras alargadas
	Absorción	Caras aplanadas
Agregado Grueso Reciclado con resistencia de 3000 psi entre 56 y 112 días	Granulometría	Desgaste
	Masa unitaria suelta y compacta	Caras fracturadas
	Peso específico	Caras alargadas
	Absorción	Caras aplanadas
Agregado Grueso Reciclado con resistencia de 4000 psi menor a 56 días	Granulometría	Desgaste
	Masa unitaria suelta y compacta	Caras fracturadas
	Peso específico	Caras alargadas
	Absorción	Caras aplanadas
Agregado Grueso Reciclado con resistencia de 4000 psi entre 56 y 112 días	Granulometría	Desgaste
	Masa unitaria suelta y compacta	Caras fracturadas
	Peso específico	Caras alargadas
	Absorción	Caras aplanadas

4.2.2.2 Agregado fino. Ensayos de caracterización agregado fino

Granulometría: anexo 1

Masa unitaria suelta y compacta

Tabla 8. masa unitaria agregado fino

MASA UNITARIA AGREGADO FINO NTC 92	
Masa unitaria suelta (kg/m^3)	1512,8
Masa del agregado + molde (kg)	19,335
Masa del molde (kg)	11,315
Volumen del molde (m^3)	0,0053014
Masa unitaria compactado (kg/m^3)	1739,7
Masa del agregado + molde (kg)	20,538
Masa del molde (kg)	11,315
Volumen del molde (m^3)	0,0053014



Figura 7. Molde lleno con muestra de arena de trituración

Peso específico y absorción

Tabla 9. Peso específico y absorción de agregado fino

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS NTC 237		
Peso de la muestra saturada y superficialmente seca (S)	500	gr
Peso del picnómetro + agua (B)	714	gr
Peso del picnómetro + agua + muestra (C)	1024	gr
Peso de la muestra seca al horno (A)	494	gr
Peso específico aparente (Pea)	2,59	
Peso específico saturado y superficie seca (Pe sss)	2,63	
Peso específico nominal (Pen)	2,68	
% Absorción	1,21	%
Peso específico aparente (Pea)	[(0,9975*A) / (B + S - C)]	
Peso específico saturado y superficie seca (Pe sss)	[(0,9975*S) / (B + S - C)]	
Peso específico nominal (Pen)	[(0,9975*A) / (B + A - C)]	
Absorción %	[(S - A)/A] x 100	



Figura 8. Montaje del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino (arena de trituración)

Ensayo de calidad agregado fino

Equivalente de arena

Tabla 10. Equivalente de arena

EQUIVALENTE DE ARENA INV E -133-07					
PRUEBA			Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
LECTURA ARCILLA	mm	(A)	153	148	170
LECTURA ARENA	mm	(B)	105	106	110
EQUIVALENTE DE ARENA	%	(B)/(A)	69	72	65
PROMEDIO	%		68 %		

En la tabla 9 se evidencia la realización de 3 ensayos del equivalente de arena para obtener un promedio estimado del porcentaje, el resultado de 68% demuestra que la arena de trituración usada como agregado fino en la mezcla cumple con el porcentaje mínimo descrito en la norma I.N.V. E -133-07



Figura 9. Montaje del ensayo de equivalente de arena

4.2.2.3 Agregado grueso natural. Ensayos de caracterización agregado grueso natural

Granulometría: anexo 2



Figura 10. Ensayo de granulometría agregado grueso natural TMN ¾”

Masa unitaria suelta y compacta

Tabla 11 masa unitaria agregado grueso natural

MASA UNITARIA AGREGADO GRUESO NTC 92	
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	1420,4
Masa del agregado + molde (kg)	18,845
Masa del molde (kg)	11,315
Volumen del molde (m ³)	0,0053014
Masa unitaria compactado (kg/m ³)	1603,2
Masa del agregado + molde (kg)	19,814
Masa del molde (kg)	11,315
Volumen del molde (m ³)	0,0053014



Figura 11. Molde lleno con muestra de agregado grueso natural ¾”

Peso específico y absorción

Tabla 12. Peso específico y absorción de agregado grueso natural

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS NTC 176		
Peso de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente (B)	4686	gr
Peso en el agua de la muestra de ensayo saturada (C)	2890	gr
Peso de la muestra seca al horno (A)	4616	gr
Peso específico aparente (Pea)	2,57	
Peso específico saturado y superficie seca (Pe sss)	2,61	
Peso específico nominal (Pen)	2,67	
% Absorción	1,52	%
Peso específico aparente (Pea)	$D = [(0,9975 * A) / (B - C)]$	
Peso específico saturado y superficie seca (Pe sss)	$D = [(0,9975 * B) / (B - C)]$	
Peso específico nominal (Pen)	$D = [(0,9975 * A) / (A - C)]$	
% Absorción	Absorción = $([B - A] / A) * 100$	



Figura 12. Montaje de laboratorio de peso específico y absorción del agregado grueso (triturado natural ¾")

Ensayos de calidad agregado grueso natural

Desgaste en la máquina de los Ángeles: anexo 3



Máquina de los Ángeles



muestra obtenida del desgaste de material

Figura 13. Desgaste en la máquina de los Ángeles

Coeficiente de forma

Caras fracturadas: anexo 4

Caras aplanadas y caras alargadas: anexo 5



Ensayo caras aplanadas



Ensayo caras alargadas

Figura 14. Caras aplanadas y caras alargadas

4.2.2.4 Agregado grueso reciclado 3000 psi, menor 56 días. Ensayos de caracterización
agregado grueso reciclado 3000 psi, menor 56 días

Granulometría: anexo 6

Masa unitaria suelta y compacta

Tabla 13. Masa unitaria agregado grueso reciclado, 3000 56

MASA UNITARIA AGREGADO GRUESO RECICLADO NTC 92	
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	1208,4
Masa del agregado + molde (kg)	17,73
Masa del molde (kg)	11,324
Volumen del molde (m ³)	0,005301437
Masa unitaria compactado (kg/m ³)	1392,3
Masa del agregado + molde (kg)	18,705
Masa del molde (kg)	11,324
Volumen del molde (m ³)	0,005301437



Figura 15. Molde lleno con muestra de agregado grueso reciclado ¾”, 3000 psi 56 dí

Peso específico y absorción

Tabla 14. Peso específico y absorción de agregado grueso reciclado, 3000 56

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS RECICLADO NTC 176		
Peso de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente (B)	4424	gr
Peso en el agua de la muestra de ensayo saturada (C)	2556	gr
Peso de la muestra seca al horno (A)	4146	gr
Peso específico aparente (Pea)	2,22	
Peso específico saturado y superficie seca (Pe sss)	2,37	
Peso específico nominal (Pen)	2,61	
% Absorción	6,71	%
Peso específico aparente (Pea)	$D = [(0,9975 * A) / (B - C)]$	
Peso específico saturado y superficie seca (Pe sss)	$D = [(0,9975 * B) / (B - C)]$	
Peso específico nominal (Pen)	$D = [(0,9975 * A) / (A - C)]$	
% Absorción	$Absorción = ([B - A] / A) * 100$	

Ensayos de calidad agregado grueso reciclado 3000 psi, menor 56 días



Muestra de material para ensayo



Secado superficial de la muestra

Figura 16. Ensayos de calidad agregado grueso reciclado 3000 psi, menor 56 días

Desgaste en la máquina de los Ángeles: anexo 7



Figura 17. Desgaste en la máquina de los Ángeles

Coefficiente de forma

Caras fracturadas: anexo 8

Caras aplanadas y caras alargadas: anexo 9

4.2.2.5 Agregado grueso reciclado 3000 psi, 56 – 112 días. Ensayos de caracterización
agregado grueso reciclado 3000 psi, 56-112 días

Granulometría: anexo 10

Masa unitaria suelta y compacta

Tabla 15. Masa unitaria agregado grueso reciclado, 3000 56-112

MASA UNITARIA AGREGADO GRUESO RECICLADO NTC 92	
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	1236,3
Masa del agregado + molde (kg)	17,878
Masa del molde (kg)	11,324
Volumen del molde (m ³)	0,005301437
Masa unitaria compactado (kg/m ³)	1431,3
Masa del agregado + molde (kg)	18,912
Masa del molde (kg)	11,324
Volumen del molde (m ³)	0,005301437

Peso específico y absorción

Tabla 16. Peso específico y absorción de agregado grueso reciclado, 3000 56-112

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS RECICLADO NTC 176		
Peso de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente (B)	4451	gr
Peso en el agua de la muestra de ensayo saturada (C)	2580	gr
Peso de la muestra seca al horno (A)	4187	gr
Peso específico aparente (Pea)	2,24	
Peso específico saturado y superficie seca (Pe sss)	2,38	
Peso específico nominal (Pen)	2,61	
% Absorción	6,31	%

Ensayos de calidad agregado grueso reciclado 3000 psi, 56-112 días

Desgaste en la máquina de los Ángeles anexo 11

Coeficiente de forma

Caras fracturadas: anexo 12

Caras aplanadas y caras alargadas: anexo 13

4.2.2.6 Agregado grueso reciclado 4000 psi, menor 56 días. Ensayos de caracterización
agregado grueso reciclado 4000 psi, menor 56 días

Granulometría: anexo 14

Masa unitaria suelta y compacta

Tabla 17. Masa unitaria agregado grueso reciclado, 4000 56

MASA UNITARIA AGREGADO GRUESO RECICLADO NTC 92	
Masa unitaria suelta (kg/m^3)	1213,1
Masa del agregado + molde (kg)	17,756
Masa del molde (kg)	11,325
Volumen del molde (m^3)	0,005301437
Masa unitaria compactado (kg/m^3)	1410,0
Masa del agregado + molde (kg)	18,8
Masa del molde (kg)	11,325
Volumen del molde (m^3)	0,005301437

Peso específico y absorción

Tabla 18. Peso específico y absorción de agregado grueso reciclado, 4000 56

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS RECICLADO NTC 176		
Peso de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente (B)	4733	gr
Peso en el agua de la muestra de ensayo saturada (C)	2758	gr
Peso de la muestra seca al horno (A)	4440	gr
Peso específico aparente (Pea)	2,25	
Peso específico saturado y superficie seca (Pe sss)	2,40	
Peso específico nominal (Pen)	2,64	
% Absorción	6,60	%

Ensayos de calidad agregado grueso reciclado 3000 psi, menor 56 días

Desgaste en la máquina de los Ángeles: anexo 15

Coefficiente de forma

Caras fracturadas: anexo 16

Caras aplanadas y caras alargadas: anexo 17

4.2.2.7 Agregado grueso reciclado 4000 psi, 56 – 112 días. Ensayos de caracterización

agregado grueso reciclado 4000 psi, 56-112 días

Granulometría: anexo 18

Masa unitaria suelta y compacta

Tabla 19. Masa unitaria agregado grueso reciclado, 4000 56-112

MASA UNITARIA AGREGADO GRUESO RECICLADO NTC 92	
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	1244,0
Masa del agregado + molde (kg)	17,92
Masa del molde (kg)	11,325
Volumen del molde (m ³)	0,005301437
Masa unitaria compactado (kg/m ³)	1417,7
Masa del agregado + molde (kg)	18,841
Masa del molde (kg)	11,325
Volumen del molde (m ³)	0,005301437

Peso específico y absorción

Tabla 20. Peso específico y absorción de agregado grueso reciclado, 4000 56-112

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS RECICLADO NTC 176		
Peso de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente (B)	4500	gr
Peso en el agua de la muestra de ensayo saturada (C)	2622	gr
Peso de la muestra seca al horno (A)	4231	gr
Peso específico aparente (Pea)	2,25	
Peso específico saturado y superficie seca (Pe sss)	2,40	
Peso específico nominal (Pen)	2,63	
% Absorción	6,36	%

Ensayos de calidad agregado grueso reciclado 4000 psi, 56-112 días

Desgaste en la máquina de los Ángeles: anexo 19

Coefficiente de forma

Caras fracturadas: anexo 20

Caras aplanadas y caras alargadas: anexo 21

Tabla 21. Relación de los ensayos y cumplimiento de la norma

ENSAYOS REALIZADOS A LOS MATERIALES					
TIPO DE MATERIAL	ENSAYO	NORMA	REQUISITO	RESULTADO	CUMPLIMIENTO
Agregado Fino	Granulometría	NTC 174			CUMPLIO
	Masa unitaria suelta	NTC 92		1512,8	CUMPLIO
	Masa unitaria compacta	NTC 92		1739,7	CUMPLIO
	Peso específico	NTC 237		2,59	CUMPLIO
	Absorción	NTC 237- INV E-222	Maximo 4%	1,21%	CUMPLIO
	Equivalente de arena	INV E -133-07	Minimo 60%	68%	CUMPLIO
Agregado Grueso Natural	Granulometría	NTC 174			CUMPLIO
	Masa unitaria suelta	NTC 92		1420,4	CUMPLIO
	Masa unitaria compacta	NTC 92		1603,2	CUMPLIO
	Peso específico	NTC 176		2,57	CUMPLIO
	Absorción	NTC 176		1,52	CUMPLIO
	Desgaste	INV E -218	100 Vueltas maximo 8 %	8,39%	NO CUMPLIO
			500 Vueltas maximo 40%	33,56%	CUMPLIO
	Caras fracturadas	INV E -227		91,05%	CUMPLIO
	Caras alargadas	INV E -230	Maximo 25%	12,36%	CUMPLIO
Caras aplanadas	INV E-230	Maximo 25%	16,39%	CUMPLIO	
Agregado Grueso Reciclado con resistencia de 3000 psi menor a 56 dias	Granulometría	NTC 174			CUMPLIO
	Masa unitaria suelta	NTC 92		1208,4	CUMPLIO
	Masa unitaria compacta	NTC 92		1392,3	CUMPLIO
	Peso específico	NTC 176		2,22	CUMPLIO
	Absorción	NTC 176		6,71	NO CUMPLIO
	Desgaste	INV E -218	100 Vueltas maximo 8 %	9,05%	NO CUMPLIO
			500 Vueltas maximo 40%	39,11%	CUMPLIO
	Caras fracturadas	INV E -227		98,31%	CUMPLIO
	Caras alargadas	INV E -230	Maximo 25%	16,90%	CUMPLIO
Caras aplanadas	INV E-230	Maximo 25%	13,66%	CUMPLIO	

Agregado Grueso Reciclado con resistencia de 3000 psi entre 56 y 112 días	Granulometría	NTC 174			CUMPLIO	
	Masa unitaria suelta	NTC 92		1236,3	CUMPLIO	
	Masa unitaria compacta	NTC 92		1431,3	CUMPLIO	
	Peso específico	NTC 176		2,24	CUMPLIO	
	Absorción	NTC 176		6,31	NO CUMPLIO	
	Desgaste	INV E -218	100 Vueltas maximo 8 %		9,69%	NO CUMPLIO
			500 Vueltas maximo 40%		39,56%	CUMPLIO
	Caras fracturadas	INV E -227			97,93%	CUMPLIO
	Caras alargadas	INV E -230	Maximo 25%		15,13%	CUMPLIO
Caras aplanadas	INV E-230	Maximo 25%		14,26%	CUMPLIO	
Agregado Grueso Reciclado con resistencia de 4000 psi menor a 56 días	Granulometría	NTC 174			CUMPLIO	
	Masa unitaria suelta	NTC 92		1213,1	CUMPLIO	
	Masa unitaria compacta	NTC 92		1410	CUMPLIO	
	Peso específico	NTC 176		2,25	CUMPLIO	
	Absorción	NTC 176		6,6	NO CUMPLIO	
	Desgaste	INV E -218	100 Vueltas maximo 8 %		9,04%	NO CUMPLIO
			500 Vueltas maximo 40%		39,48%	CUMPLIO
	Caras fracturadas	INV E -227			97,10%	CUMPLIO
	Caras alargadas	INV E -230	Maximo 25%		18,29%	CUMPLIO
Caras aplanadas	INV E-230	Maximo 25%		14,55%	CUMPLIO	
Agregado Grueso Reciclado con resistencia de 4000 psi entre 56 y 112 días	Granulometría	NTC 174			CUMPLIO	
	Masa unitaria suelta	NTC 92		1244	CUMPLIO	
	Masa unitaria compacta	NTC 92		1417,7	CUMPLIO	
	Peso específico	NTC 176		2,25	CUMPLIO	
	Absorción	NTC 176		6,36	NO CUMPLIO	
	Desgaste	INV E -218	100 Vueltas maximo 8 %		9,71%	NO CUMPLIO
			500 Vueltas maximo 40%		39,80%	CUMPLIO
	Caras fracturadas	INV E -227			98,85%	CUMPLIO
	Caras alargadas	INV E -230	Maximo 25%		22,29%	CUMPLIO
Caras aplanadas	INV E-230	Maximo 25%		12,20%	CUMPLIO	

4.2.3 Diseño de mezcla de concreto. Para el proyecto se realizaron varios diseños de mezcla con variaciones porcentuales que iban desde un 0%, 25%, 50%, 75% hasta un 100% de contenido de agregado grueso reciclado, se empleó la metodología ACI 211.1 como método de diseño de concreto debido a que es un método practico que se ajusta los requerimientos tanto de masa unitaria como al de ser mezcla de resistencia menor a 42 Mpa, se estimó diseñar una

mezcla de resistencia a la compresión f'_c de 21 Mpa, que según la tabla 5, para una resistencia de diseño a la compresión (f'_c) de entre 21-35 Mpa se debe aumentar 8.5 Mpa, obteniendo una resistencia promedio requerida a la compresión f'_{cr} de 29.5 Mpa, con una manejabilidad de asentamiento de 6" +/- 1" y una relación agua-cemento A/C: 0.557, se realizaron un total de 17 mezclas de concreto donde se tomó como ítem de clasificación la resistencia, la edad y el porcentaje de inclusión de material reciclado a estas, se designó la nomenclatura de la siguiente forma:

Tabla 22. Nomenclatura tipos de mezclas

N°	RESISTENCIA	EDAD	% MATERIAL REICLADO	NOMENCLATURA
1	3000 psi	Mezcla patrón	0%	A1
2	3000 psi	Menor 56 días	25%	B25
3			50%	B50
4			75%	B75
5			100%	B100
6			Entre 56 días y 112 días	25%
7		50%		C50
8		75%		C75
9		100%		C100
10		4000 psi	Menor 56 días	25%
11	50%			D50
12	75%			D75
13	100%			D100
14	Entre 56 días y 112 días		25%	E25
15			50%	E50
16			75%	E75
17			100%	E100

A: para la mezcla con el agregado grueso natural

B: para la mezcla con el agregado grueso reciclado de resistencia 3000 psi menor a 56 días

C: para la mezcla con el agregado grueso reciclado de resistencia 3000 psi entre 56-112 días

D: para la mezcla con el agregado grueso reciclado de resistencia 4000 psi menor a 56 días

E: para la mezcla con el agregado grueso reciclado de resistencia 4000 psi entre 56-112 días

Y el 25,50,75 y 100 dependiendo de la variación porcentual que tenga del material reciclado.

4.2.3.1 Diseños de mezcla propuestos. Como se muestra a continuación:

Tabla 23. Diseño patrón, agregado grueso natural ¾”

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	210,8
Arena	2593,5	0,28	728,8	755,3
Grava natural	2570,2	0,38	976,3	978,8
				2332,6

Tabla 24. Diseño B25, agregado grueso reciclado ¾” 3000-56

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	217,8
Arena	2579,9	0,28	723,6	743,5
Grava natural	2570,2	0,28	732,2	739,6
Grava reciclada	2219,49	0,10	211,97	217,04
				2305,7

Tabla 25. Diseño B50, agregado grueso reciclado ¾” 3000-56

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	225,8
Arena	2579,9	0,28	722,2	742,0
Grava natural	2570,2	0,19	488,2	493,1
Grava reciclada	2219,49	0,19	423,94	434,07
				2282,7

Tabla 26. Diseño B75, agregado grueso reciclado ¾” 3000-56

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	233,7
Arena	2579,9	0,28	720,9	740,6
Grava natural	2570,2	0,09	244,1	246,5
Grava reciclada	2219,49	0,29	635,92	651,11
				2259,7

Tabla 27. Diseño B100, agregado grueso reciclado ¾” 3000-56

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	241,6
Arena	2579,9	0,28	719,5	739,2
Grava natural	2570,2	0,00	0,0	0,0
Grava reciclada	2219,49	0,38	847,89	868,15
				2236,7

Tabla 28. Diseño C25, agregado grueso reciclado ¾” 3000 56-112

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	206,7
Arena	2579,9	0,28	718,8	752,7
Grava natural	2570,2	0,28	732,2	739,6
Grava reciclada	2237,84	0,10	217,92	219,56
				2306,3

Tabla 29. Diseño C50, agregado grueso reciclado ¾” 3000 56-112

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	217,7
Arena	2579,9	0,28	712,6	746,2
Grava natural	2570,2	0,19	488,2	493,1
Grava reciclada	2237,84	0,19	435,83	439,13
				2283,9

Tabla 30. Diseño C75, agregado grueso reciclado ¾” 3000 56-112

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	228,8
Arena	2579,9	0,27	706,4	739,6
Grava natural	2570,2	0,09	244,1	246,5
Grava reciclada	2237,84	0,29	653,75	658,69
				2261,5

Tabla 31. Diseño C100, agregado grueso reciclado ¾” 3000 56-112

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	239,9
Arena	2579,9	0,27	700,1	733,1
Grava natural	2570,2	0,00	0,0	0,0
Grava reciclada	2237,84	0,39	871,67	878,25
				2239,1

Tabla 32. Diseño D25, agregado grueso reciclado ¾” 4000-56

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	176,6
Arena	2579,9	0,28	723,7	790,9
Grava natural	2570,2	0,28	732,2	734,1
Grava reciclada	2248,10	0,10	214,67	219,05
				2308,4

Tabla 33. Diseño D50, agregado grueso reciclado ¾” 4000-56

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	183,4
Arena	2579,9	0,28	722,3	789,4
Grava natural	2570,2	0,19	488,2	489,4
Grava reciclada	2248,10	0,19	429,34	438,11
				2288,1

Tabla 34. Diseño D75, agregado grueso reciclado ¾” 4000-56

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	190,2
Arena	2579,9	0,28	721,0	787,9
Grava natural	2570,2	0,09	244,1	244,7
Grava reciclada	2248,10	0,29	644,02	657,16
				2267,8

Tabla 35. Diseño D100, agregado grueso reciclado ¾” 4000-56

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	197,0
Arena	2579,9	0,28	719,6	786,5
Grava natural	2570,2	0,00	0,0	0,0
Grava reciclada	2248,10	0,38	858,69	876,21
				2247,5

Tabla 36. Diseño E25, agregado grueso reciclado ¾” 4000 56-112

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	229,0
Arena	2579,9	0,28	722,8	737,6
Grava natural	2570,2	0,28	732,2	735,9
Grava reciclada	2252,93	0,10	215,85	218,03
				2308,3

Tabla 37. Diseño E50, agregado grueso reciclado ¾” 4000 56-112

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	238,1
Arena	2579,9	0,28	720,7	735,4
Grava natural	2570,2	0,19	488,2	490,6
Grava reciclada	2252,93	0,19	431,70	436,06
				2287,9

Tabla 38. Diseño E75, agregado grueso reciclado ¾” 4000 56-112

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	247,2
Arena	2579,9	0,28	718,5	733,2
Grava natural	2570,2	0,09	244,1	245,3
Grava reciclada	2252,93	0,29	647,55	654,09
				2267,5

Tabla 39. Diseño E100, agregado grueso reciclado ¾” 4000 56-112

DISEÑO SIN CORRECCION				DISEÑO CORREGIDO
Material	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	3150	0,12	387,8	387,8
Agua	1000	0,22	216	256,3
Arena	2579,9	0,28	716,3	731,0
Grava natural	2570,2	0,00	0,0	0,0
Grava reciclada	2252,93	0,38	863,40	872,12
				2247,1

4.2.4 Elaboración de mezclas de concreto. Se realizaron las diferentes mezclas de concreto del proyecto en una mezcladora mecánica, se pesó cada uno de los componentes de la mezcla (cemento, agregado fino, agregado grueso natural, agregado grueso reciclado y agua) y se

procedió al mezclado.



Mezcladora mecánica



Mezclado de los materiales

Figura 18. Elaboración de mezclas de concreto

Tabla 40. Ensayos realizados a las mezclas

ENSAYOS REALIZADOS A LAS MEZCLAS DE CONCRETO	
TIPO DE MEZCLA	TIPO DE ENSAYO
A1	Asentamiento
	Resistencia a la compresión
B25- B50- B75- B100	Asentamiento
	Resistencia a la compresión
C25- C50- C75- C100	Asentamiento
	Resistencia a la compresión
D25- D50- D75- D100	Asentamiento
	Resistencia a la compresión
E25- E50- E75- E100	Asentamiento
	Resistencia a la compresión

4.2.5 Concreto fresco. A las mezclas de concreto se les realizó la prueba de manejabilidad en su estado fresco, garantizando que el asentamiento (slump) con el cual se diseñó de 6” +/- 1” cumpla, este ensayo se realizó conforme lo dicta la norma técnica colombiana NTC 396, se evidencio que cuanto más humedad tenía el material agregado reciclado mejor se comportaba la mezcla.



Figura 19. Pruebas de asentamiento

4.2.6 Concreto endurecido. Enseguida de efectuada la prueba en estado fresco, se realizó la prueba en estado endurecido, se tomó muestras a las 17 mezclas mediante formatos cilíndricos 2 por cada día a 3, 7, 14, 28 días, y un testigo de la muestra por tipo de mezcla, los especímenes tienen medidas de 100mmx200mm, su elaboración se rigió por la norma NTC 550 concretos, elaboración y curado de especímenes de concreto en obra, posteriormente realizados los cilindros se dejó fraguar por 24 horas para sacar el espécimen del molde e inmediatamente introducirlos a la pileta con agua para realizar su proceso de curado hasta el día de fallarlos.



Muestras de mezclas de concreto



Muestras de concreto



Pileta de curado de muestras de concreto

Figura 20. Concreto endurecido

4.2.7 Ensayo de resistencia a la compresión. Cuando los especímenes cumplieron su edad fueron fallados en la máquina de compresión, el ensayo se rigió mediante la norma NTC 673 concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.



Muestra en la maquina



Muestra fallada de 7 días



Muestra fallada de 14 días



Muestra fallada a 28 días

Figura 21. Ensayo de resistencia a la compresión

4.2.7.1 Resultados de ensayos de resistencia a la compresión. Como se muestra a

continuación:

Tabla 41. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión

N°	TIPO DE CONCRETO	FECHAS		EDAD (Días)	PESO CILINDRO (Grs)	CARGA KN	RESISTENCIA PSI
		ELABORADO	ROTURA				
A1	210 Kg/m ²	8/10/2019	11/10/2019	3	3705	187,36	3335,008
					3859	162,83	2898,374
			15/10/2019	7	3768	232,93	4146,154
					3780	218,75	3893,75
			22/10/2019	14	3762	267,02	4752,956
					3737	291,61	5190,658
5/11/2019	28	3731	289,55	5153,99			
3723	288,77	5140,106					
B25	210 Kg/m ²	17/10/2019	20/10/2019	3	3765	196,17	3491,826
					3730	194,22	3457,116
			24/10/2019	7	3765	220,67	3927,926
					3702	234,91	4181,398
			31/10/2019	14	3688	236,77	4214,506
					3708	251,18	4471,004
14/11/2019	28	3713	265,1	4718,78			
3714	281,33	5007,674					
B50	210 Kg/m ²	18/10/2019	21/10/2019	3	3662	185,3	3298,34
					3668	191,18	3403,004
			25/10/2019	7	3629	219,77	3911,906
					3681	210,69	3750,282
			1/11/2019	14	3702	232,97	4146,866
					3685	234,81	4179,618
15/11/2019	28	3699	262,23	4667,694			
3678	239,77	4267,906					
B75	210 Kg/m ²	18/10/2019	21/10/2019	3	3618	183	3257,4
					3624	182,4	3246,72
			25/10/2019	7	3657	199,45	3550,21
					3633	215,54	3836,612
			1/11/2019	14	3645	227,5	4049,5
					3659	225,43	4012,654
15/11/2019	28	3704	244,5	4352,1			
3659	247,65	4408,17					
B100	210 Kg/m ²	18/10/2019	21/10/2019	3	3591	178,7	3180,86
					3680	184,22	3279,116
			25/10/2019	7	3581	200,45	3568,01
					3634	210,46	3746,188
			1/11/2019	14	3587	217,67	3874,526
					3601	222,45	3959,61
15/11/2019	28	3625	240,5	4280,9			
3637	237,49	4227,322					

N°	TIPO DE CONCRETO	FECHAS		EDAD (Dias)	PESO CILINDRO (Grs)	CARGA KN	RESISTENCIA PSI
		ELABORADO	ROTURA				
C25	210 Kg/m ²	21/10/2019	24/10/2019	3	3725	171,7	3056,26
					3686	168,65	3001,97
			28/10/2019	7	3703	190,73	3394,994
					3744	192,06	3418,668
			4/11/2019	14	3765	229,91	4092,398
		3689	228,44	4066,232			
		18/11/2019	28	3778	240,65	4283,57	
				3704	245,24	4365,272	
C50	210 Kg/m ²	21/10/2019	24/10/2019	3	3654	171,57	3053,946
					3629	166,16	2957,648
			28/10/2019	7	3698	206,15	3669,47
					3644	207,85	3699,73
			4/11/2019	14	3660	210,34	3744,052
		3656	229,08	4077,624			
		18/11/2019	28	3669	222,13	3953,914	
				3646	240,36	4278,408	
C75	210 Kg/m ²	21/10/2019	24/10/2019	3	3627	164,65	2930,77
					3607	178	3168,4
			28/10/2019	7	3642	194,83	3467,974
					3603	212,75	3786,95
			4/11/2019	14	3646	206,85	3681,93
		3672	220,57	3926,146			
		18/11/2019	28	3670	231,57	4121,946	
				3678	225,96	4022,088	
C100	210 Kg/m ²	22/10/2019	25/10/2019	3	3560	161,71	2878,438
					3671	165,95	2953,91
			29/10/2019	7	3616	188,95	3363,31
					3652	191,17	3402,826
			5/11/2019	14	3573	210,2	3741,56
		3573	211,16	3758,648			
		19/11/2019	28	3609	221,82	3948,396	
				3632	224,44	3995,032	
D25	210 Kg/m ²	23/10/2019	26/10/2019	3	3692	206,46	3674,988
					3706	204,26	3635,828
			30/10/2019	7	3696	241,43	4297,454
					3644	244,5	4352,1
			6/11/2019	14	3684	258,24	4596,672
		3756	264,45	4707,21			
		20/11/2019	28	3714	280,3	4989,34	
				3750	281,2	5005,36	
D50	210 Kg/m ²	23/10/2019	26/10/2019	3	3655	207,32	3690,296
					3647	195	3471
			30/10/2019	7	3673	210,38	3744,764
					3712	235,77	4196,706
			6/11/2019	14	3649	259,1	4611,98
		3666	262,18	4666,804			
		20/11/2019	28	3692	280,72	4996,816	
				3679	261,26	4650,428	

N°	TIPO DE CONCRETO	FECHAS		EDAD (Dias)	PESO CILINDRO (Grs)	CARGA KN	RESISTENCIA PSI
		ELABORADO	ROTURA				
D75	210 Kg/m ²	22/10/2019	25/10/2019	3	3593	201,18	3581,004
					3618	193,5	3444,3
			29/10/2019	7	3621	225,12	4007,136
					3592	202,81	3610,018
			5/11/2019	14	3646	254,95	4538,11
		3672	248,83	4429,174			
		19/11/2019	28	3630	275,07	4896,246	
				3722	257,39	4581,542	
D100	210 Kg/m ²	22/10/2019	25/10/2019	3	3616	180,18	3207,204
					3592	197,44	3514,432
			29/10/2019	7	3561	205,06	3650,068
					3566	216,46	3852,988
			5/11/2019	14	3573	230,55	4103,79
		3573	249,77	4445,906			
		19/11/2019	28	3658	259,07	4611,446	
				3618	251,34	4473,852	
E25	210 Kg/m ²	9/10/2019	12/10/2019	3	3620	170,42	3033,476
					3709	174,71	3109,838
			16/10/2019	7	3692	207,26	3689,228
					3674	211,75	3769,15
			23/10/2019	14	3767	240,63	4283,214
		3683	223,91	3985,598			
		6/11/2019	28	3658	249,7	4444,66	
				3655	254,6	4531,88	
E50	210 Kg/m ²	10/10/2019	13/10/2019	3	3740	163,95	2918,31
					3663	166,51	2963,878
			17/10/2019	7	3673	180,55	3213,79
					3741	190,95	3398,91
			24/10/2019	14	3728	224,5	3996,1
		3690	219,4	3905,32			
		7/11/2019	28	3704	245,22	4364,916	
				3697	250,16	4452,848	
E75	210 Kg/m ²	11/10/2019	14/10/2019	3	3567	157,75	2807,95
					3578	160,59	2858,502
			18/10/2019	7	3629	180,4	3211,12
					3703	185,76	3306,528
			25/10/2019	14	3593	214,24	3813,472
		3633	218,2	3883,96			
		8/11/2019	28	3618	232,1	4131,38	
				3659	249,97	4449,466	
E100	210 Kg/m ²	11/10/2019	14/10/2019	3	3643	142,61	2538,458
					3605	140,18	2495,204
			18/10/2019	7	3630	160,44	2855,832
					3706	173,48	3087,944
			25/10/2019	14	3622	210,53	3747,434
		3615	215,32	3832,696			
		8/11/2019	28	3720	228,97	4075,666	
				3731	225,14	4007,492	

.3 Fase 3

4.3.1 Análisis de resultado. En la investigación se analizaron diferentes variables con las cuales se realizó una comparación entre el material de agregado grueso natural TMN ¾” y el material de agregado grueso reciclado TMN ¾” en sus distintas categorías de edad y de resistencia, al igual que análisis a variables de las mezclas tanto patrón como las de variación porcentual.

Tabla 42. Comparativo de masa unitaria agregado grueso

Comparativo de Masa Unitaria del Agregado Grueso TMN 3/4"				
Tipos de AG	MU suelta	% De Variacion	MU compactada	% De Variacion
Patron	1420,4		1603,2	
3000 psi 56	1208,4	-14,9	1392,3	-13,2
3000 psi 56-112	1236,3	-13,0	1431,3	-10,7
4000 psi 56	1213,1	-14,6	1410,0	-12,1
4000 psi 56-112	1243	-12,5	1417,7	-11,6
Promedio		-14		-12

De acuerdo con la información suministrada en la tabla 42, se puede observar que el material grueso natural frente al material grueso reciclado tiene una masa unitaria mayor tanto en estado suelto como en estado compacto, esto es debido a que el material reciclado es más poroso y esto a su vez lo hace liviano, por otra parte, hay una ligera diferencia entre los materiales reciclados siendo el material con más edad independientemente del tipo de resistencia el que tiene mayor masa unitaria, en promedio la diferencia porcentual del material natural con el reciclado está en el orden del 14% en estado suelto y del 12% en estado compacto.

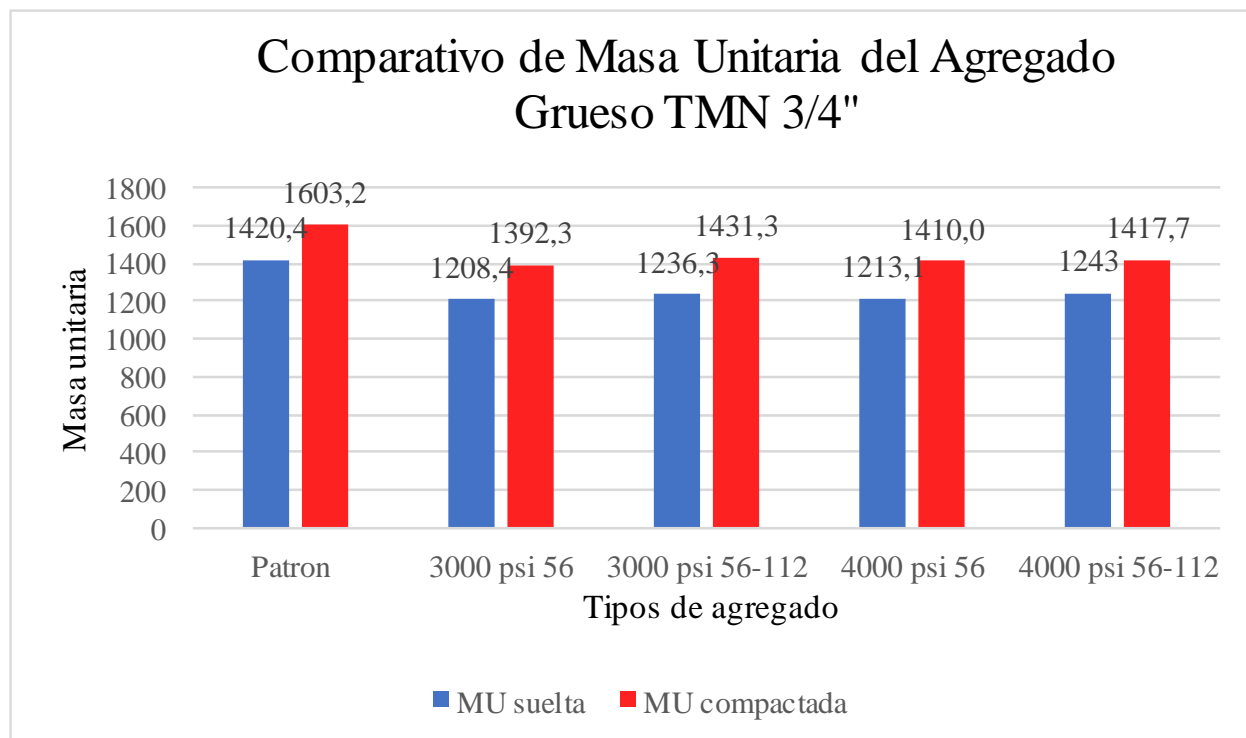


Figura 22. Comparativo de masa unitaria agregado grueso

Tabla 43. Comparativo de densidad del agregado grueso

Comparativo de Densidad del Agregado Grueso TMN 3/4"		
Tipos de AG	Densidad	% De variacion
Patron	2,57	
3000 psi 56	2,22	-13,6
3000 psi 56-112	2,24	-12,8
4000 psi 56	2,25	-12,5
4000 psi 56-112	2,25	-12,5
promedio		-13

Según la tabla 43, el material agregado grueso natural tiene una densidad más alta en comparación al agregado grueso reciclado, debido a que este último se compone de una matriz menos compacta que comprende agregado natural y mortero, en vista de que la densidad del mortero es mucho menor a la del agregado natural se debe tener en cuenta que esta le resta

densidad al material, la diferencia promedio en porcentaje de la densidad del agregado natural frente los agregados reciclados fue del 13%, las densidades de los agregados reciclados entre si no tuvieron mayor diferencia, aunque se mantuvo superior los agregados reciclados con resistencia de 4000 psi.

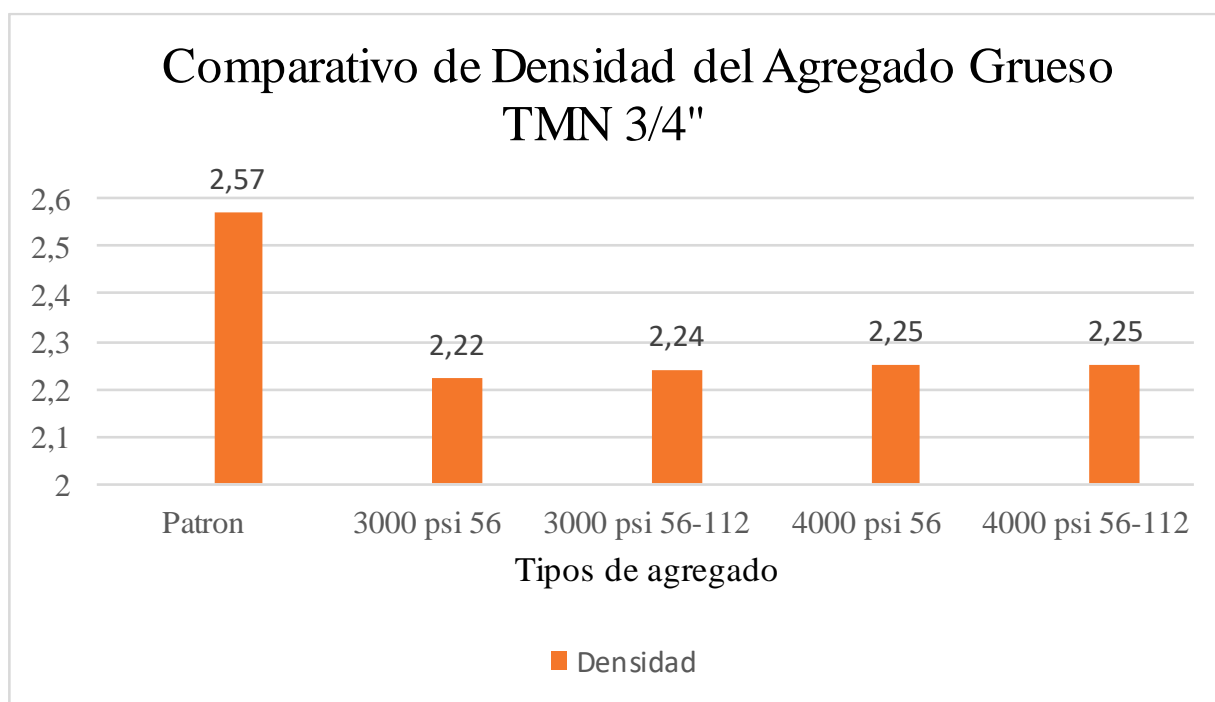


Figura 23. Comparativo de densidad del agregado grueso

Tabla 44. Comparativo de absorción del agregado grueso

Comparativo de Absorción del Agregado Grueso TMN 3/4"		
Tipos de AG	% Absorción	% De Variación
Patron	1,52	
3000 psi 56	6,71	341,4
3000 psi 56-112	6,31	315,1
4000 psi 56	6,6	334,2
4000 psi 56-112	6,36	318,4
Promedio		327

Conforme los datos de la tabla 44 comparativo de absorción, se puede evidenciar la diferencia tan significativa del porcentaje de absorción entre ambos materiales, dado que el material agregado grueso reciclado tiene una pasta de mortero adherida que lo hace ser más poroso, ligero y absorbente, la diferencia porcentual promedio de la absorción del material natural frente al material reciclado fue de 327%, entre el material reciclado se puede observar que aumenta la absorción entre más joven es el material independiente de la resistencia.

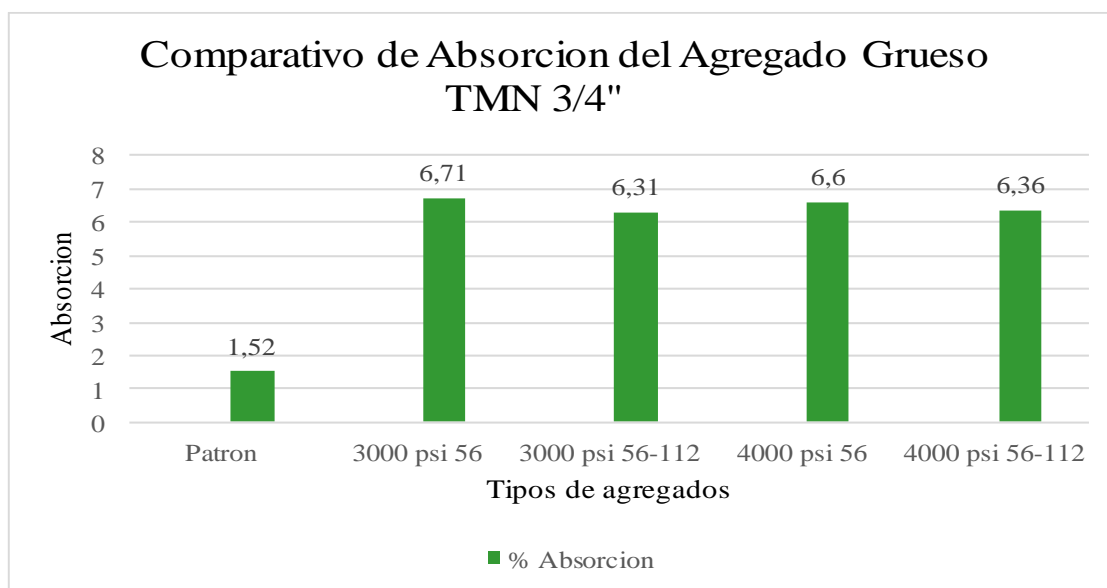


Figura 24. Comparativo de absorción del agregado grueso

Tabla 45. Comparativo del desgaste del agregado grueso

Comparativo de Desgaste del Agregado Grueso TMN 3/4"				
Tipos de AG	% Desgaste - Maquina de los Angeles			
	100 vueltas	% Variacion	500 vueltas	% Variacion
Patron	8,90		33,56	
3000 psi 56	9,05	1,7	39,11	16,5
3000 psi 56-112	9,69	8,9	39,56	17,9
4000 psi 56	9,04	1,6	39,48	17,6
4000 psi 56-112	9,71	9,1	39,79	18,6
% Promedio		5		18

En conformidad con lo expresado en la tabla 45 se comparan los desgastes a la abrasión del material que fue caracterizado como tipo B en la máquina de los Ángeles, se pudo evidenciar que a las 100 vueltas el material natural tuvo un desgaste por debajo del material reciclado y entre los materiales reciclados se notó una diferencia en los materiales con más edad, teniendo estos más desgastes frente a los de menos edad independiente del tipo de resistencia que tengan, y así sucesivamente a las 500 vueltas, entre más vueltas transcurren la diferencia del desgaste aumenta considerablemente debido a que el mortero por ser más débil y poroso termina siendo el más afectado, la diferencia porcentual en promedio del desgaste entre el material reciclado y el material natural a 500 vueltas llega hasta el 18%, el material granular tanto natural como reciclado a las 100 vueltas no cumplió con los requerimientos máximos de desgaste, pero a las 500 vueltas si, ya que el máximo desgaste permitido es del 40% y el máximo obtenido por el material fue de 39.79 %.

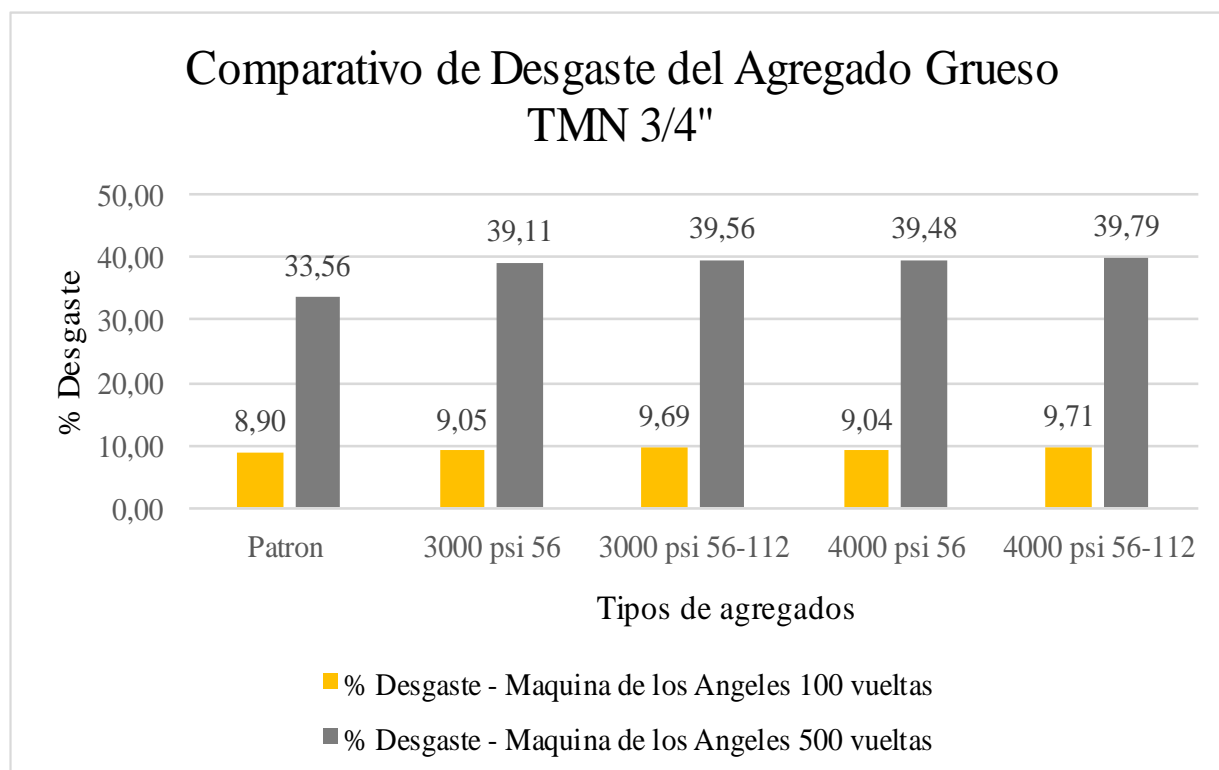


Figura 25. Comparativo del porcentaje desgaste del agregado grueso

Tabla 46. Comparativo de caras fracturadas

Comparativo de Caras Fracturadas del Agregado Grueso TMN 3/4"	
Tipos de AG	% de Particulas Fracturadas
Patron	91,05%
3000 psi 56	98,31%
3000 psi 56-112	97,93%
4000 psi 56	97,10%
4000 psi 56-112	98,85%

Según la tabla 46, se puede observar que al triturar los cilindros el porcentaje de caras fracturadas aumenta, el material reciclado se comportó en su mayoría como una materia granular con aristas debido a la rotura, con el análisis morfológico de angularidad y redondez del material

natural se obtuvo un porcentaje de caras fracturadas del 91.05% frente al material reciclado que tuvo un porcentaje en promedio de 98.05% de caras fracturadas, la diferencia porcentual entre ambos materiales fue de un 7%.

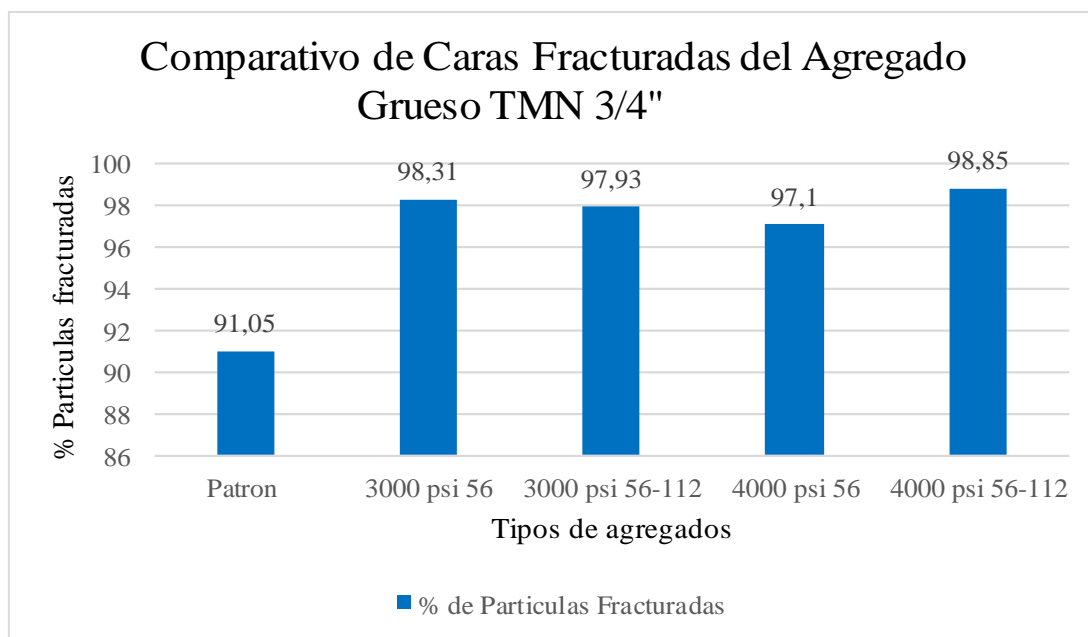


Figura 26. Comparativo de caras fracturadas

Tabla 47. Comparativo de caras alargadas

Comparativo de Caras Alargadas del Agregado Grueso TMN 3/4"	
Tipos de AG	% de Partículas Alargadas
Patron	12,36%
3000 psi 56	16,90%
3000 psi 56-112	15,13%
4000 psi 56	18,29%
4000 psi 56-112	22,29%

Tabla 48. Comparativo de caras aplanadas

Comparativo de Caras Aplanadas del Agregado Grueso TMN 3/4"	
Tipos de AG	% de Partículas Aplanadas
Patron	16,39%
3000 psi 56	13,66%
3000 psi 56-112	14,26%
4000 psi 56	14,55%
4000 psi 56-112	12,20%

En las tablas 47 y 48, se relacionan los resultados del análisis geométrico de las partículas, caras alargadas y caras aplanadas efectuado al material agregado grueso tanto natural como reciclado, en el índice de alargamiento se puede observar que el material reciclado contiene más partículas con esta forma que el material natural y por el contrario en el índice de partículas aplanadas el material natural tiene un porcentaje más alto que el material reciclado, los ensayos se rigieron por la norma INV E-230 donde establece que el porcentaje máximo de partículas debe ser del 25% y el material cumplió en todas sus categorías.

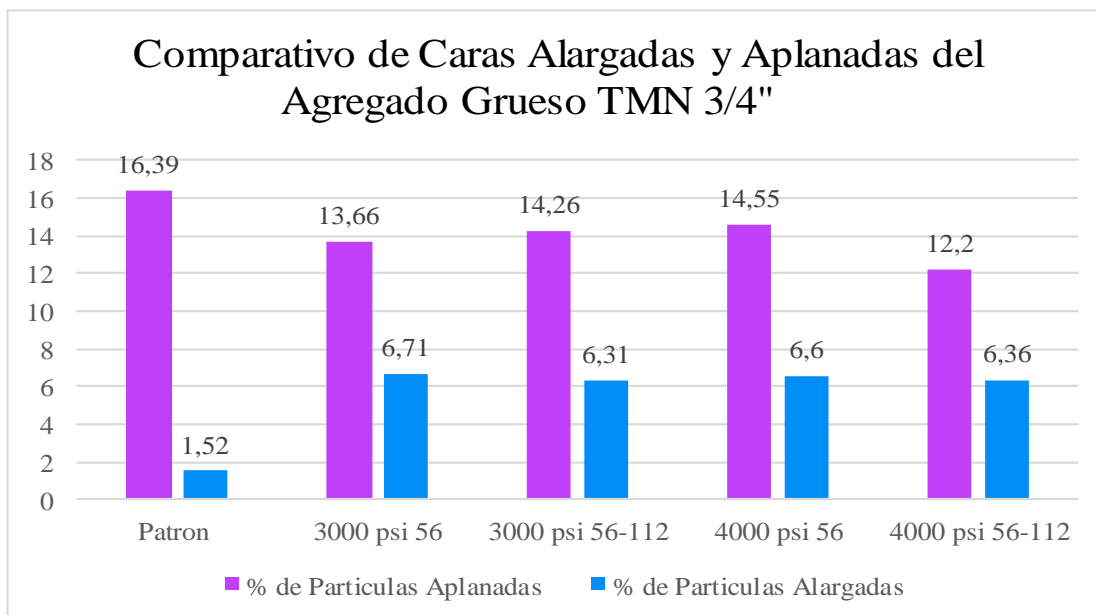


Figura 27. Comparativo de caras alargadas y caras aplanadas

Tabla 49. Comparativo de los pesos por diseño de mezcla

Comparativo de los Pesos por Diseño de Mezcla		
Diseño		Pesos (kg)
Patron	A1	2332,36
3000 Psi 56 dias	B25	2305,07
	B50	2282,7
	B75	2259,7
	B100	2236,7
	3000 Psi 56-112 dias	C25
C50		2283,9
C75		2261,5
C100		2239,1
4000 Psi 56 dias	D25	2308,4
	D50	2288,1
	D75	2267,8
	D100	2247,5
4000 Psi 56-112 dias	E25	2308,3
	E50	2287,9
	E75	2267,5
	E100	2247,1

En la tabla 49, se muestran un comparativo de cada uno de los pesos de los diseños de mezcla establecidos y ejecutados en la investigación, se puede ver que la mezcla patrón tiene un peso de 2332.6 kg y va disminuyendo directamente proporcional conforme se le va agregando el material reciclado en cada una de las mezclas.

4.3.2 Comparativo de resistencia. A continuación, se presenta un comparativo en graficas de las resistencias a la compresión $f'c$ a 3, 7, 14 y 28 días de las mezclas con cada uno de los porcentajes 25%, 50%, 75% y 100%, se observó una disminución progresiva de la resistencia conforme se le va agregando material reciclado, se evidencio que el comportamiento de algunas mezclas a 3 y 7 días fue superior a la mezcla patrón, pero al cumplir la edad de 14 días la resistencia de la mezcla patrón aumenta marcando una diferencia frente a las mezclas con adición de agregado reciclado.

Tabla 50. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 3000 psi con edad menor 56 días

COMPARATIVO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION $F'c$ (Psi)					
DIAS	TIPOS DE MEZCLAS				
	A1	B25	B50	B75	B100
3	3116,691	3474,471	3350,672	3252,06	3229,988
7	4019,952	4054,662	3831,094	3693,411	3657,099
14	4971,807	4342,755	4163,242	4031,077	3917,068
28	5147,048	4863,227	4467,8	4380,135	4254,111

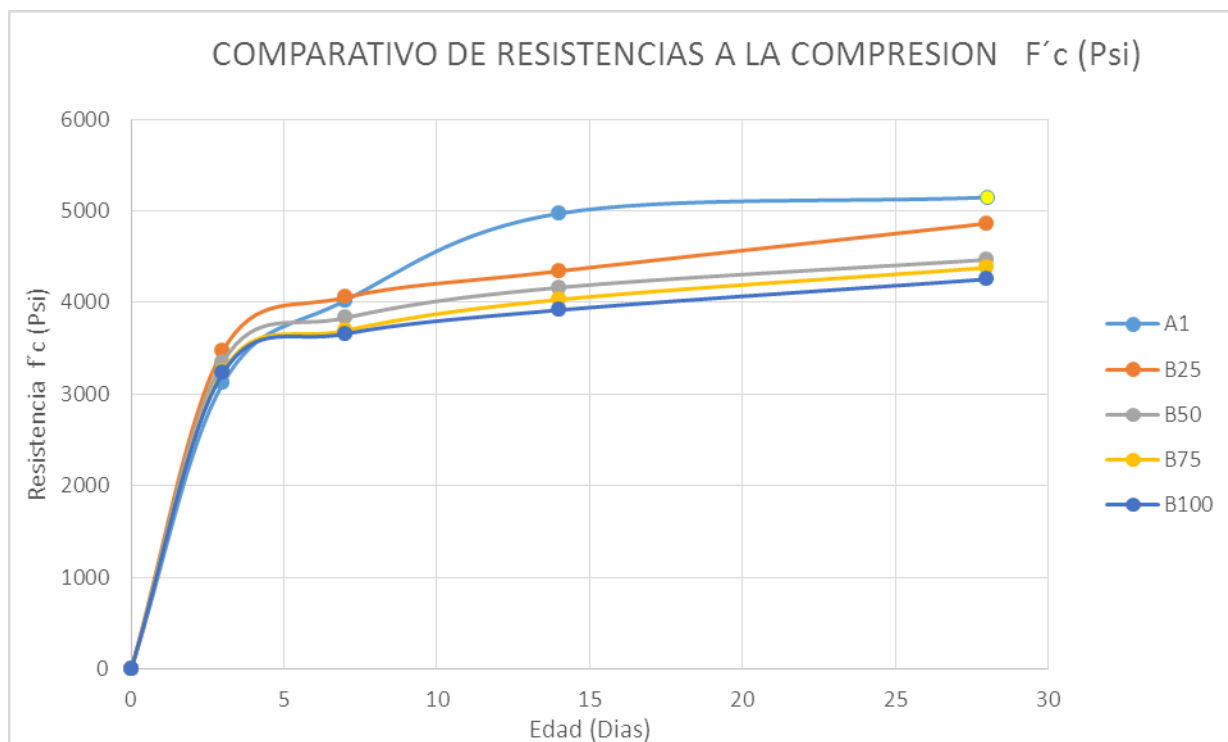


Figura 28. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 3000 psi con edad menor 56 días

Tabla 51. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 3000 psi con edad de 56-112 días

COMPARATIVO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION $F'c$ (Psi)					
DIAS	TIPOS DE MEZCLAS				
	A1	C25	C50	C75	C100
3	3116,691	3029,115	3005,797	3049,585	2916,174
7	4019,952	3406,831	3684,6	3627,462	3383,068
14	4971,807	4079,315	3910,838	3804,038	3750,104
28	5147,048	4324,421	4116,161	4072,017	3971,714

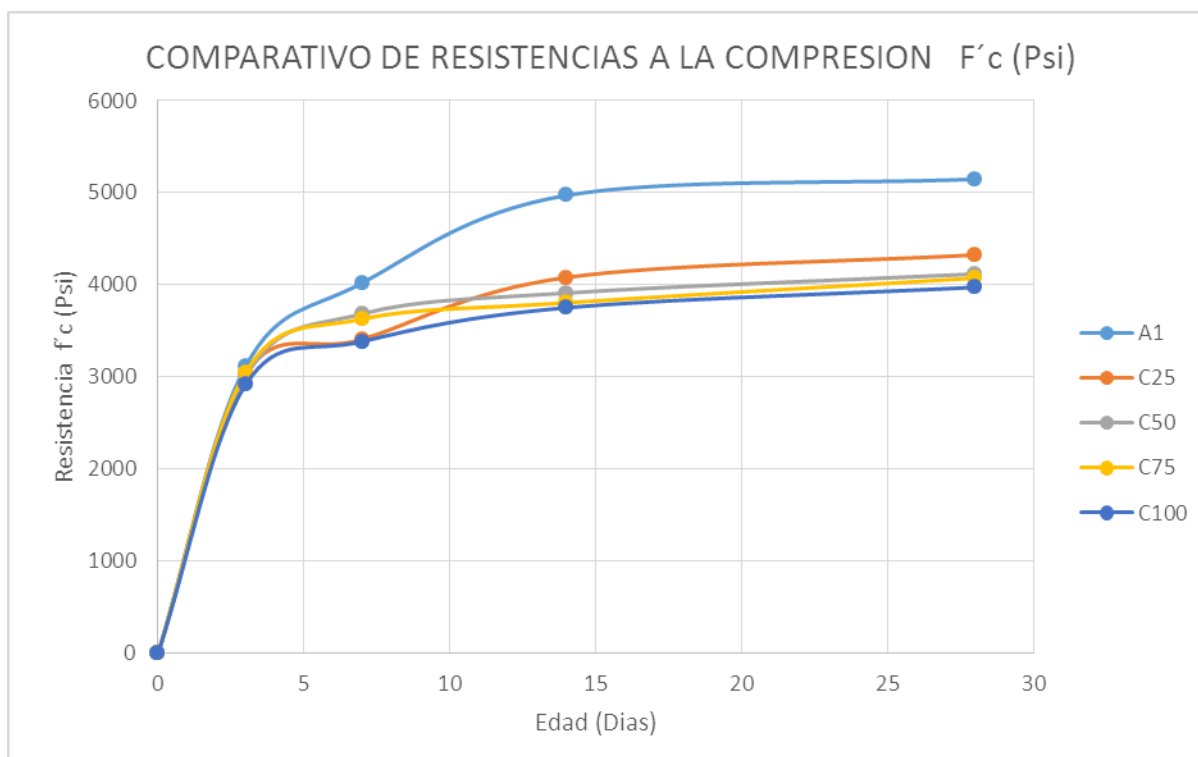


Figura 29. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 3000 psi con edad de 56-112 días

Tabla 52. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 4000 psi con edad menor de 56 días

COMPARATIVO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION $F'c$ (Psi)					
DIAS	TIPOS DE MEZCLAS				
	A1	D25	D50	D75	D100
3	3116,691	3655,408	3580,648	3512,652	3360,818
7	4019,952	4324,777	3970,735	3808,577	3751,528
14	4971,807	4651,941	4639,392	4483,642	4274,848
28	5147,048	4997,35	4823,622	4738,894	4542,649

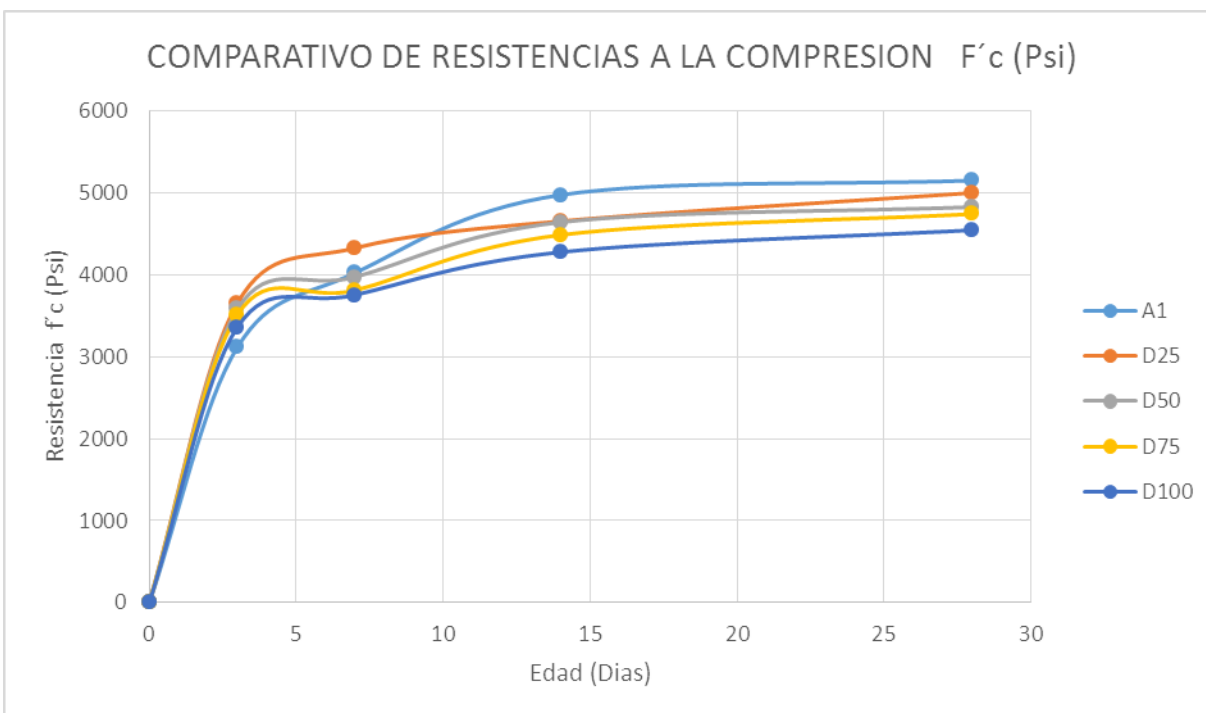


Figura 30. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 4000 psi con edad menor 56 días

Tabla 53. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 4000 psi con edad de 56-112 días

COMPARATIVO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION $F'c$ (Psi)					
DIAS	TIPOS DE MEZCLAS				
	A1	E25	E50	E75	E100
3	3116,691	3071,657	2941,094	2833,226	2516,831
7	4019,952	3729,189	3306,35	3258,824	2971,888
14	4971,807	4124,406	3950,71	3848,716	3790,065
28	5147,048	4488,27	4408,882	4290,423	4041,579

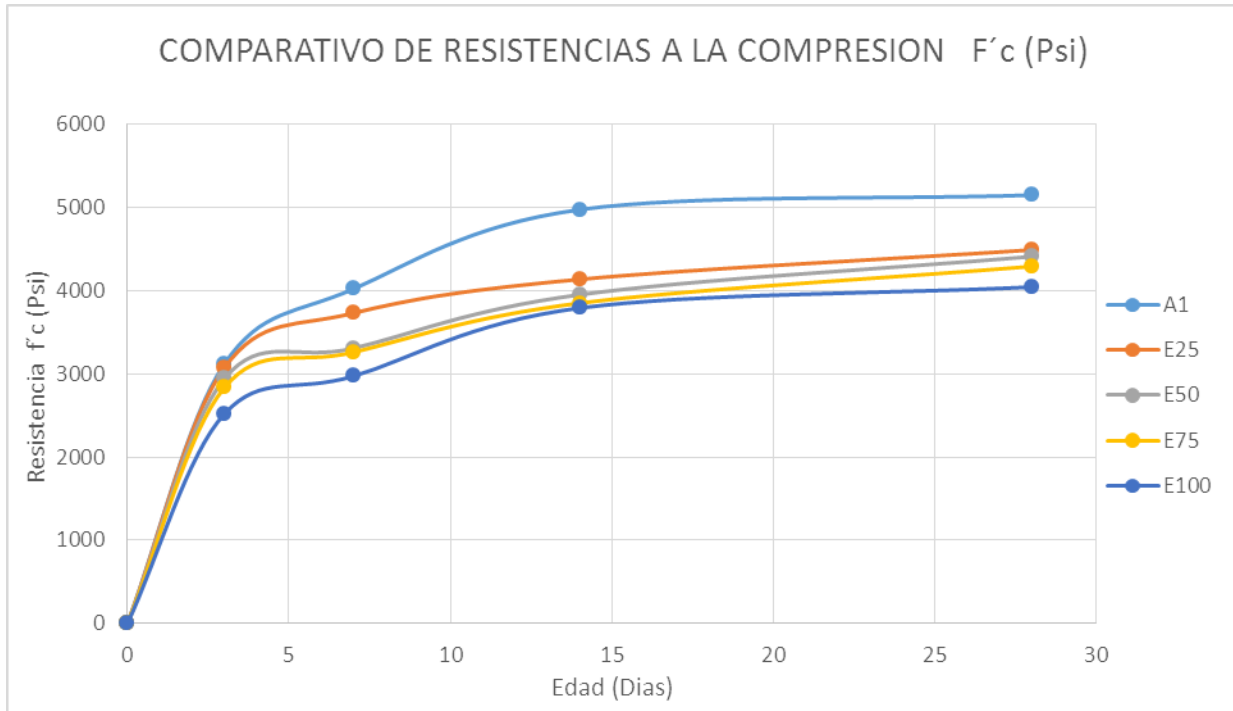


Figura 31. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a las mezclas con material reciclado de 4000 psi con edad de 56-112 días.

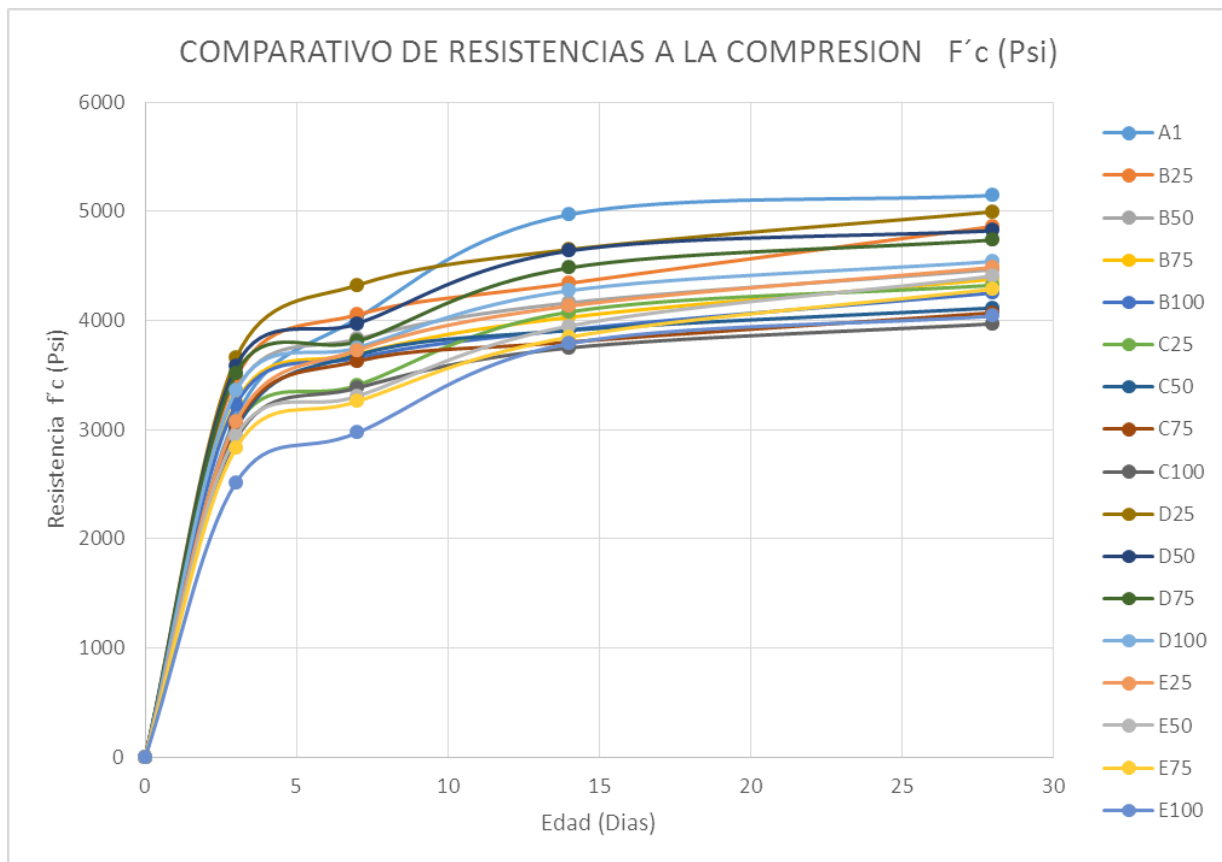


Figura 32. Comparativo de resistencias a la compresión de las mezclas desarrolladas en la investigación

4.3.3 Diseño de mezcla óptimo. El diseño de mezcla que se determinó como el más óptimo fue el de la mezcla D25, la cual se realizó con un porcentaje de sustitución del 25% de agregado grueso natural por un agregado grueso reciclado, el material reciclado usado en la mezcla es el producto de la trituración de cilindros de concretos elaborados de mezclas con resistencia de 4000 psi triturados a una edad de menos de 56 días, este diseño se escogió debido a que se tuvo un comportamiento en resistencia muy a la par de la mezcla patrón, en el comparativo de resistencia de ambas mezclas se pudo evidenciar que la mezcla D25 antes de los 10 días tuvo una resistencia mayor que la mezcla patrón, pero después de esos días la mezcla patrón gana resistencia por encima de la mezcla con reciclaje.

Tabla 54. Comparativo de resistencias a la compresión de la mezcla patrón frente a la mezcla escogida como la más óptima D25

COMPARATIVO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION $F'c$ (Psi)		
DIAS	TIPOS DE MEZCLAS	
	A1	D25
3	3116,691	3655,408
7	4019,952	4324,777
14	4971,807	4651,941
28	5147,048	4997,35

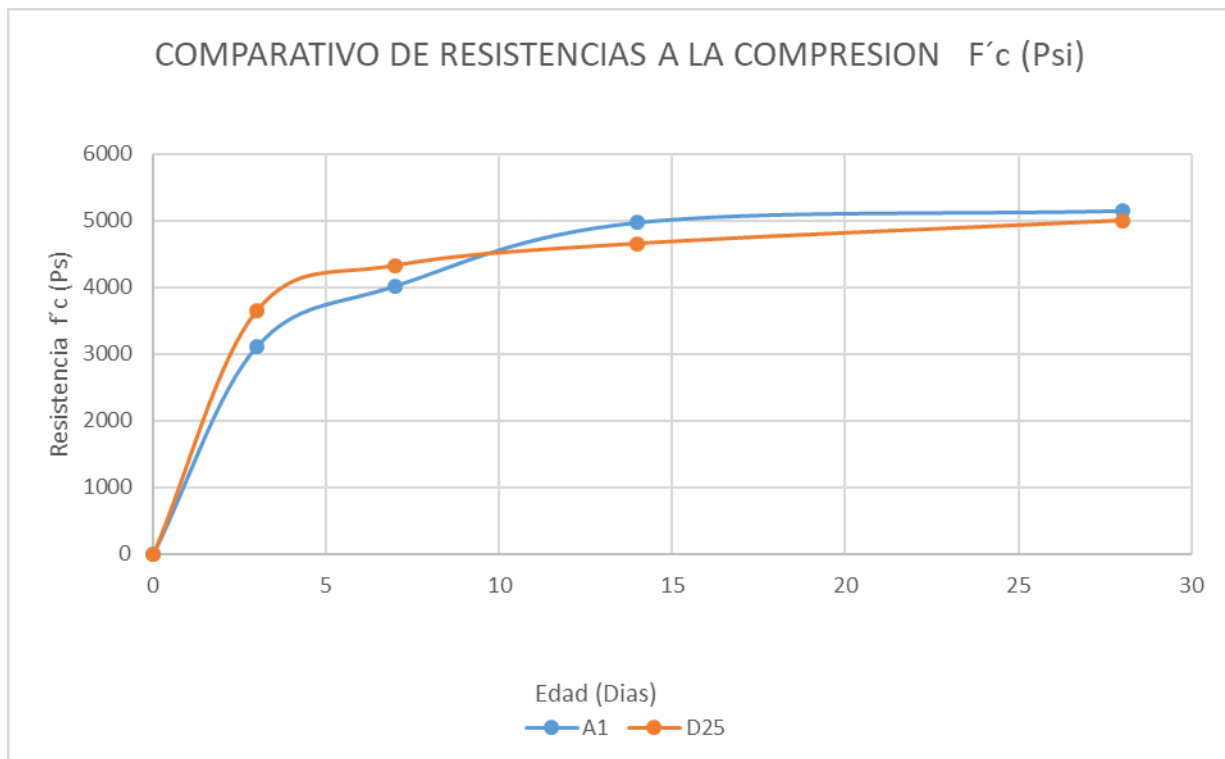


Figura 33. Comparativo de resistencia a la compresión entre la mezcla patrón y la mezcla D25

4.3.4 Comparativo de costos. Revisando el tema de la comparación en precio, se nota una leve variación, lo que se logró bajar en costo fue un total de \$2.286 por m³, la mezcla que se escogió fue la que tenía 25% de inclusión de material reciclado de residuos de resistencia de 4000 psi con edad menor a 56 días, ya que es la más óptima porque se logró obtener una buena resistencia en relación con los otros porcentajes y los otros grupos de reciclado, con la mezcla D25 se logra realizar un ahorro en el transporte de escombros y en la disminución de extracción de material pétreo de los ríos, permitiendo ayudar al medio ambiente.

Tabla 55. Costos de diseño de mezcla patrón

DISEÑO DE MEZCLA 210B 3/4"				
CONCRETO	PRECIO	UND	CANTIDADES	PRECIO
CEMENTO	\$ 368	KG	387,8	\$ 142.710
TRITURADO	\$ 25.000	M3	978,8	\$ 17.172
ARENA	\$ 31.897	M3	755,3	\$ 15.777
AGUA	\$ 8	L	210,8	\$ 1.686
				\$ 177.346

Tabla 56. Costos de diseño de mezcla D25

DISEÑO DE MEZCLA 210B 3/4" - 25% DE MATERIAL RECICLADO				
CONCRETO	PRECIO	UND	CANTIDADES	PRECIO
CEMENTO	\$ 368	KG	387,8	\$ 142.710
TRITURADO	\$ 25.000	M3	734,1	\$ 12.879
TRITURADO RECICLADO	\$ 10.000	M3	219,05	\$ 1.537
ARENA	\$ 31.897	M3	790,9	\$ 16.521
AGUA	\$ 8	L	176,6	\$ 1.413
				\$ 175.060

5. Conclusiones

De acuerdo al desarrollo de la investigación y los datos obtenidos de esta se puede concluir que:

El proceso de acopio y clasificación del material es un proceso tedioso puesto que no se encuentra un proceso establecido y los cilindros son acumulados conforme se van desechando, la única forma como se pueden diferenciar es por el número consecutivo que describe el tipo de mezcla de donde se tomó la muestra, este proceso se puede facilitar adecuando un espacio en la empresa donde los residuos estén independientes, marcados y separados, con el fin de que a medida que se va produciendo material se vaya clasificando por su tipo.

El material agregado grueso reciclado de tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}$ ", es un material que fue planteado como requerimiento en el diseño de mezcla, se obtuvo mediante la trituración de cilindros de muestra y se puede utilizar como materia prima en mezclas de concreto

El material reciclado tiene unas características que cumplen con la norma, este material mostro unas diferencias frente al material natural como lo son: una masa unitaria menor, una densidad menor, una absorción mayor, un porcentaje al desgaste a la abrasión más alto, un porcentaje de partículas fracturadas mayor, un porcentaje de caras alargadas mayor y un porcentaje de caras aplanadas menor.

Se determinó el diseño de mezcla con inclusión del 25% de agregado grueso reciclado de residuos de resistencia de 4000 psi con edad menor a 56 días como optimo, al tener una resistencia a la compresión superior a las otras mezclas con agregado reciclado y cerca de la resistencia de la mezcla patrón, el agregado reciclado usado en esta mezcla obtuvo una densidad

mayor y un desgaste bajo comparado con el material de la misma resistencia con diferente edad.

Con la inclusión porcentual del material árido reciclado a los diferentes tipos de mezcla se notó como disminuye el peso y la resistencia directamente proporcional a la cantidad de material que se agrega.

Al utilizar un porcentaje de inclusión del 25% de material agregado grueso reciclado representa un ahorro del 1.3 % en el costo de la mezcla, una eliminación del costo de transporte de residuos catalogados como escombros de la planta de concreto donde se realizan alrededor de 2 viajes por semana dependiendo de la producción y una reducción en la extracción de la materia prima del río que a su vez genera un impacto positivo al medio ambiente.

6. Recomendaciones

Se recomienda a la empresa Concretos y Morteros S.A implementar un plan de trabajo donde se lleve a cabo la reutilización de los especímenes de concreto, y con este sustituir porcentajes menores al 25% de material árido reciclado en sus mezclas, mediante la investigación se pudo observar que el material tiene comportamientos que se ajustan a marco de la norma.

Lo más recomendable es que el material agregado grueso reciclado sea utilizado en mezclas de 3000 psi y en otros tipos de mezclas con baja resistencia que se produzcan en la planta.

Se le aconseja a la empresa establecer un espacio donde se ubiquen todos los residuos de concreto producidos para realizar el proceso de reciclaje, que se continúe trabajando en la inclusión del material, y que se conciba un material agregado grueso reciclado con la mezcla de todos los residuos generados por la planta y así mismo realizarle las pruebas necesarias para la viabilidad de su uso.

Se le sugiere a la empresa seguir trabajando de la mano con la Universidad Francisco de Paula Santander con el fin de desarrollar investigaciones que beneficien a la empresa y la comunidad universitaria en general.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá. (1997). Decreto 357 de 1997. Recuperado de http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/DECRETO3571997.pdf
- ARGOS. (2013). Agregados reciclados: ¿Qué y para qué? Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/sostenibilidad/agregados-reciclados-que-y-para-que>
- Bedoya, C. & Dzul, L. (s,f). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. Medellín.
- Bedoya, C. (2003). El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles. Medellín:
- Bojacá, N. (2013). Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado. Bogotá D.C, 2013, P111.
- Cable News Network. (2010). EU, Japón y Europa reciclan los desperdicios del concreto. Recuperado de <https://expansion.mx/mundo/2010/02/18/eu-japon-y-europa-reciclan-los-desperdicios-del-concreto>
- Concretos y morteros. (2017). Quienes somos. Recuperado de <https://concretosymorteros.com.co/quienes-somos/>
- Congreso de Colombia. (1974). Ley 23 de 1973, código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. Art.1. DO: No. 34.001. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/le>

y_23_de_1973.pdf

Gómez, B; Pérez, I; Rodríguez, A. & Corraliza, S. (). Reciclaje de los residuos de construcción y demolición como áridos de mezclas bituminosas en frío: La Coruña.

Instituto Nacional de Vías. (2012). Capítulo 6 Estructuras y Drenaje. Artículo 630 concreto estructural. Bogotá: INVIAS.

Instituto Nacional de Vías. (2012). I.N.V.E - 218 -07. Resistencia al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.5 mm (1 ½), Por Medio de la Máquina de los Ángeles.

Instituto Nacional de Vías. (2012). I.N.V.E -133-13 Equivalente de Arena de Suelos y Agregados Finos.

Instituto Nacional de Vías. (2012). I.N.V.E -227 Porcentaje de Partículas Fracturadas en un Agregado Grueso.

Instituto Nacional de Vías. (2012). I.N.V.E -230 Índice de Alargamiento y Aplanamiento de los Agregados para Carreteras.

Laverde, J. (2014). Propiedades mecánicas, eléctricas y de durabilidad de concretos con agregados reciclados. Bogotá:

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución N° 0472. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/3a-RESOLUCION-472-DE-2017.pdf>.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Colombia le apuesta a las 9R en economía circular. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4225->

colombia-le-apuesta-a-las-9r-en-economia-circular.

Ministerio de Educación. (2000). Norma Técnica Colombiana. NTC 174 Concretos.

Especificaciones de los agregados para el concreto. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Educación. (s,f). Norma Técnica Colombiana. NTC 176 Método de Ensayo para Determinar la Densidad y Absorción del Agregado Grueso. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Educación. (s,f). Norma Técnica Colombiana. NTC 237 Método para Determinar la Densidad y Absorción del Agregado Fino. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Educación. (s,f). Norma Técnica Colombiana. NTC 396 Método de Ensayo para Determinar el Asentamiento del Concreto. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Educación. (s,f). Norma Técnica Colombiana. NTC 550 Concretos. Elaboración y Curado de Especímenes de Concretos en Obra. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Educación. (s,f). Norma Técnica Colombiana. NTC 673 Concretos. Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concretos. Bogota: El Ministerio.

Ministerio de Educación. (s,f). Norma Técnica Colombiana. NTC 92 Determinación de la Masa Unitaria y los Vacíos entre Partículas de los Agregados. Bogota: El Ministerio.

Republica de Colombia. (1991). Constitución Política de la Republica de Colombia [Const.] (1991). Artículo 79, [Titulo II]. Bogota, Colombia: La Republica.

Republica de Colombia. (1991). Constitución Política de la Republica de Colombia [Const.]. Artículo 80, [Titulo II]. Bogota, Colombia: La Republica.

Universidad Francisco de Paula Santander. (1997). Estatuto estudiantil. [acuerdo 069 de 1997].

Recuperado de file:///C:/Users/asus/Downloads/acuerdo065%20(3).pdf

Universidad Francisco de Paula Santander. (2016). Información institucional. Recuperado de


<https://ww2.ufps.edu.co/universidad/informacion-institucional/1042>

ZEGA, C. (2008). Hormigones reciclados: caracterización de los agregados gruesos reciclados.

Buenos Aires

ANEXOS

Anexo 1. Granulometría agregado fino, arena gruesa

	ENSAYO GRANULOMETRIA AGREGADO FINO	CODIGO:GPC-F-37
	GESTION PRODUCCION Y CALIDAD	VERSION:01
		FA:29/02/2016

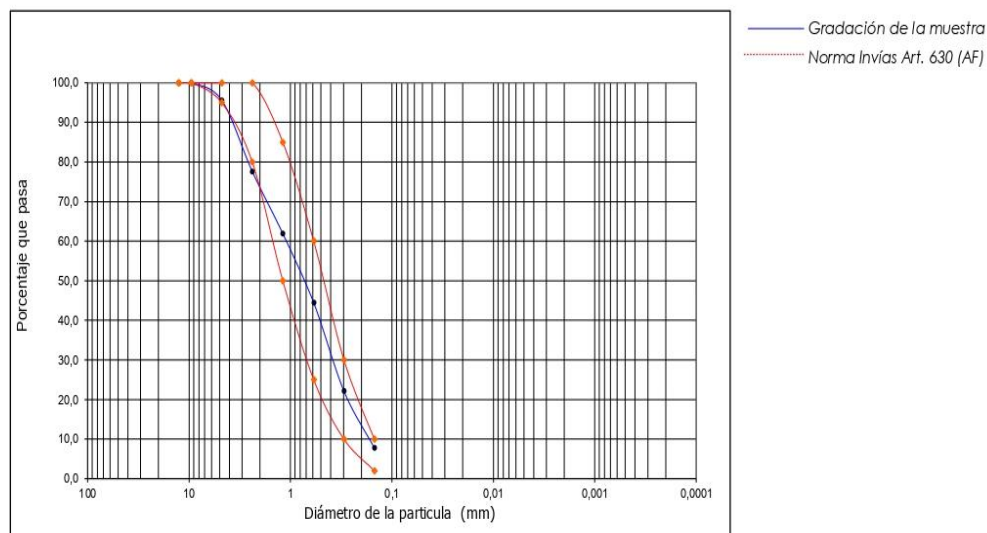
MUESTRA:	ARENA GRUESA DE TRANSMATERIALES
FECHA:	<i>lunes, 23 de septiembre de 2019</i>
NORMA :	NTC 174

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO

P1=	2318	P2=	2220		NTC-174	
					NORMA (%)	
Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Min.	Max.
1/2"		0,0	0,0	100,0	100	100
3/8"	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100
No. 4	102,0	4,4	4,4	95,6	95	100
No. 8	417,0	18,0	22,4	77,6	80	100
No. 16	364,0	15,7	38,1	61,9	50	85
No. 30	405,0	17,5	55,6	44,4	25	60
No. 50	517,0	22,3	77,9	22,1	10	30
No. 100	333,0	14,4	92,2	7,8	2	10
No.200	82,0	3,5	95,8	4,2		
Fondo	0,0	0,0	95,8	4,2		
Total	2.220,0	95,8				

MODULO DE FINURA	2,91	Norma	2.38 - 3.15
-------------------------	-------------	-------	-------------

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES: Ensayos realizados en el laboratorio de Concretos & Morteros ubicado en la Planta Principal

Anexo 2. Granulometría agregado grueso natural, triturado TMN 3/4"

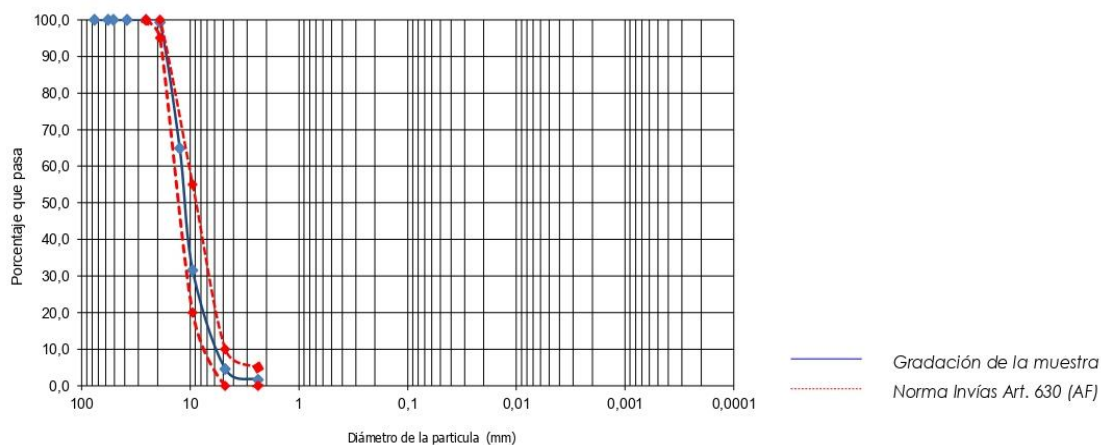
 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-36
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	VERSION:01
		FA:29/02/2015

MUESTRA:	TRITURADO DE TRANSMATERIALES 3/4"
FECHA:	martes, 24 de septiembre de 2019
NORMA :	NTC-174

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO

P ₁ =	5231,0	P ₂ =	5144,0	NORMA (%)		
Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Min.	Max.
3"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0
1"	0,0	0,0	0,0	100,0	95,0	100,0
3/4"	40,0	0,8	0,8	99,2		
1/2"	1797,0	34,4	35,1	64,9	25,0	60,0
3/8"	1743,0	33,3	68,4	31,6		
No. 4	1411,0	27,0	95,4	4,6	0,0	10,0
No. 8	153,0	2,9	98,3	1,7	0,0	5,0
Fondo	0,0	0,0	98,3	1,7		
TOTAL	5.144					

TAMAÑO MAXIMO	1"	25 mm
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4"	19 mm



OBSERVACIONES: Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 3. Desgaste en la máquina de los Ángeles, triturado TMN ¾"


ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES

Descripcion	Triturado 3/4 transmateriales (patron)
--------------------	--

PRUEBAS	1	2
Gradacion usada	B	B
Numero de esferas	11	11
Numero de revoluciones	100	500
Pa: Peso muestra seca antes ensayo, gr	5000	5000
Pb: Peso muestra seca despues del ensayo y lavado sobre el	4555	3322
Pa-Pb: Perdida por desgaste	445	1678
% Desgaste : (Pa-Pb)/Pa*100	8,9	33,56
Especificacion norma INV - Articulo 630-3	8 max	40 max

TAMAÑOS		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA (gr)						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	No.3			2500				
No.3	No.4			2500				
No.4	No.8				5000			
No. De esferas		12	11	8	6	12	12	12
No. De revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Anexo 4. Caras fracturadas, triturado TMN 3/4"

 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO CARAS FRACTURADAS AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-39
	GESTION PRODUCCION Y CALIDAD	VERSION: 01
		FA:29/02/2016

MUETRA:	TRITURADO DE 3/4" TRANSMATERIALES
FECHA:	lunes, 4 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 227

CARAS FRACTURADAS

GRADACIÓN ORIGINAL

PESO INICIAL (g.):	5237,00	PESO DESPUÉS DE LAVADO (g.):	5189,00
---------------------------	----------------	-------------------------------------	----------------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"		0,00	0,00	100,00
1"		0,00	0,00	100,00
3/4"	56,00	1,07	1,07	98,93
1/2"	1838,00	35,10	36,17	63,83
3/8"	1681,00	32,10	68,26	31,74
1/4"		0,00	68,26	31,74
No.4	1431,00	27,32	95,59	4,41
No.8	183,00	3,49	99,08	0,92
F	0,00	0,00	99,08	0,92
	5189,00			

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS FRACTURADAS (Mi)	INDICE DE PARTICULAS FRACTURADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"		0,00		
1" - 3/4"	56,00	1,07	43,00	76,79
3/4" - 1/2"	1838,00	35,10	1648,00	89,66
1/2" - 3/8"	1681,00	32,10	1564,00	93,04
3/8" - 1/4"				
	3575,00		3255,00	

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS:	91,05%
---	---------------

OBSERVACION:

Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 5. Caras alargadas y caras aplanadas, triturado TMN ¾"

 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO INDICES DE FORMA AGREGADO GRUESO	CODIGO: GPC-F-40
		VERSION: 01
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	FA: 29/02/2016

MUETRA:	TRITURADO DE ¾" TRANSMATERIALES
FECHA:	lunes, 4 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 230

CARAS ALARGADAS Y APLANADAS

GRADACIÓN ORIGINAL

PESO INICIAL (g.) :	5237,00	PESO DESPUÉS DE HORNO (g.):	5189,00
----------------------------	----------------	------------------------------------	----------------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	56,00	1,07	1,07	98,93
1/2"	1838,00	35,10	36,17	63,83
3/8"	1681,00	32,10	68,26	31,74
1/4"	0,00	0,00	68,26	31,74
No.4	1431,00	27,32	95,59	4,41
No.10	183,00	3,49	99,08	0,92
F	0,00	0,00	99,08	0,92
	5189,00	99,08		

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS APLANAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS APLANADAS POR FRACCCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - ¾"	56,00	1,07	37,00	66,07
¾" - 1/2"	1838,00	35,10	354,00	19,26
1/2" - 3/8"	1681,00	32,10	195,00	11,60
3/8" - 1/4"	0,00	0,00		
	3575,00		586,00	

PORCENTAJE DE CARAS APLANADAS:	16,39%
---------------------------------------	---------------

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS ALARGAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS ALARGADAS POR FRACCCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - ¾"	56,00	1,07	0,00	0,00
¾" - 1/2"	1838,00	35,10	150,00	8,16
1/2" - 3/8"	1681,00	32,10	292,00	17,37
3/8" - 1/4"	0,00	0,00		
	3575,00		442,00	

PORCENTAJE DE CARAS ALARGADAS:	12,36%
---------------------------------------	---------------

OBSERVACIONES: Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 6. Granulometría agregado grueso reciclado 3000 psi menor 56 días, TMN 3/4"

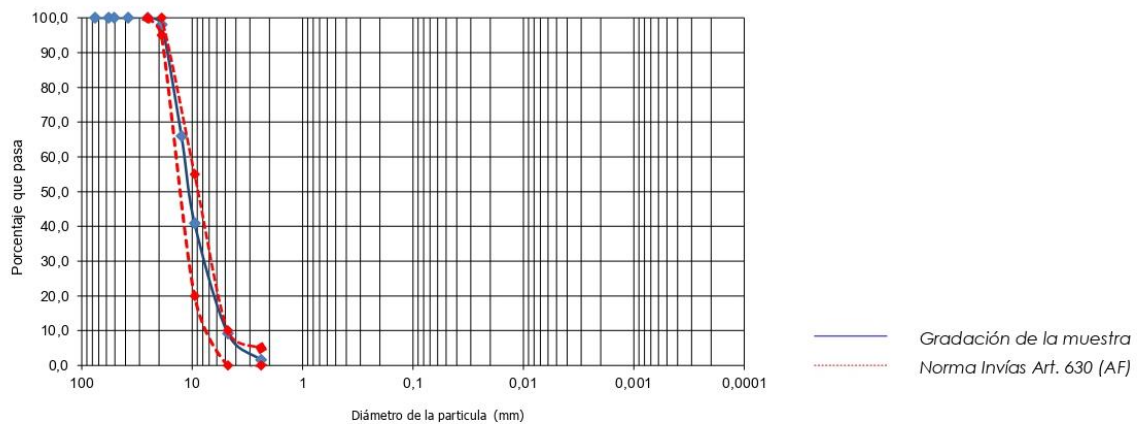
 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-36
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	VERSION:01
		FA:29/02/2015

MUESTRA:	TRITURADO RECICLADO 3/4" 3000 56
FECHA:	martes, 1 de octubre de 2019
NORMA :	NTC-174

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO

P ₁ =	5345,0	P ₂ =	5262,0	NORMA (%)		
Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Min.	Max.
3"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0
1"	0,0	0,0	0,0	100,0	95,0	100,0
3/4"	105,0	2,0	2,0	98,0		
1/2"	1715,0	32,1	34,1	65,9	25,0	60,0
3/8"	1340,0	25,1	59,1	40,9		
No. 4	1690,0	31,6	90,7	9,3	0,0	10,0
No. 8	412,0	7,7	98,4	1,6	0,0	5,0
Fondo	0,0	0,0	98,4	1,6		
TOTAL	5.262					

TAMAÑO MAXIMO	1"	25 mm
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4"	19 mm



OBSERVACIONES: Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

**Anexo 7. Desgaste en la máquina de los Ángeles, agregado grueso reciclado 3000 psi menor
56 días, TMN ¾”**


ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
--

Descripcion	Triturado Reciclado 3/4, Resistencia: 3000, Edad: menor a 56 dias
--------------------	---

PRUEBAS	1	2
Gradacion usada	B	B
Numero de esferas	11	11
Numero de revoluciones	100	500
Pa: Peso muestra seca antes ensayo, gr	5000	5000
Pb: Peso muestra seca despues del ensayo y lavado sobre el tamiz No	4547,5	3044,5
Pa-Pb: Perdida por desgaste	452,5	1955,5
% Desgaste : (Pa-Pb)/Pa*100	9,05	39,11
Especificacion norma INV - Articulo 630-3	8 max	40 max

TAMAÑOS		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA (gr)						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	No.3			2500				
No.3	No.4			2500				
No.4	No.8				5000			
No. De esferas		12	11	8	6	12	12	12
No. De revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Anexo 8. Caras fracturadas, agregado grueso reciclado 3000 psi menor 56 días, TMN ¾"

 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO CARAS FRACTURADAS AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-39
		VERSION: 01
	GESTION PRODUCCION Y CALIDAD	FA:29/02/2016

MUETRA:	TRITURADO REICLADO DE ¾", 3000 PSI 56DIAS
FECHA:	miércoles, 6 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 227

CARAS FRACTURADAS

GRADACIÓN ORIGINAL

PESO INICIAL (g.) :	5297,00	PESO DESPUÉS DE LAVADO (g.):	5100,00
----------------------------	----------------	-------------------------------------	----------------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"		0,00	0,00	100,00
1"		0,00	0,00	100,00
¾"	72,00	1,36	1,36	98,64
½"	1700,00	32,09	33,45	66,55
3/8"	1252,00	23,64	57,09	42,91
¼"		0,00	57,09	42,91
No.4	1843,00	34,79	91,88	8,12
No.8	233,00	4,40	96,28	3,72
F		0,00	96,28	3,72
	5100,00			

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS FRACTURADAS (Mi)	INDICE DE PARTICULAS FRACTURADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"		0,00		
1" - ¾"	72,00	1,36	72,00	100,00
¾" - ½"	1700,00	32,09	1666,00	98,00
½" - 3/8"	1252,00	23,64	1235,00	98,64
3/8" - ¼"				
	3024,00		2973,00	

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS:	98,31%
---	---------------

OBSERVACION:

Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 9. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 3000 psi menor 56 días, TMN ¾"

 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO INDICES DE FORMA AGREGADO GRUESO	CODIGO: GPC-F-40
		VERSION: 01
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	FA: 29/02/2016

MUESTRA:	TRITURADO RECICLADO DE ¾", 3000 PSI 56DIAS
FECHA:	miércoles, 6 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 230

CARAS ALARGADAS Y APLANADAS

GRADACIÓN ORIGINAL

PESO INICIAL (g.) :	5297,00	PESO DESPUÉS DE HORNO (g.):	5100,00
----------------------------	---------	------------------------------------	---------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	72,00	1,36	1,36	98,64
1/2"	1700,00	32,09	33,45	66,55
3/8"	1252,00	23,64	57,09	42,91
1/4"	0,00	0,00	57,09	42,91
No.4	1843,00	34,79	91,88	8,12
No.10	233,00	4,40	96,28	3,72
F		0,00	96,28	3,72
	5100,00	96,28		

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS APLANAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS APLANADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - 3/4"	72,00	1,36	9,00	12,50
3/4" - 1/2"	1700,00	32,09	267,00	15,71
1/2" - 3/8"	1252,00	23,64	137,00	10,94
3/8" - 1/4"	0,00	0,00		
	3024,00		413,00	


PORCENTAJE DE CARAS APLANADAS:	13,66%
---------------------------------------	---------------

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS ALARGAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS ALARGADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - 3/4"	72,00	1,36	9,00	12,50
3/4" - 1/2"	1700,00	32,09	295,00	17,35
1/2" - 3/8"	1252,00	23,64	207,00	16,53
3/8" - 1/4"	0,00	0,00		
	3024,00		511,00	

PORCENTAJE DE CARAS ALARGADAS:	16,90%
---------------------------------------	---------------

OBSERVACIONES: Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 10. Granulometría agregado grueso reciclado 3000 psi 56-112 días, TMN 3/4"

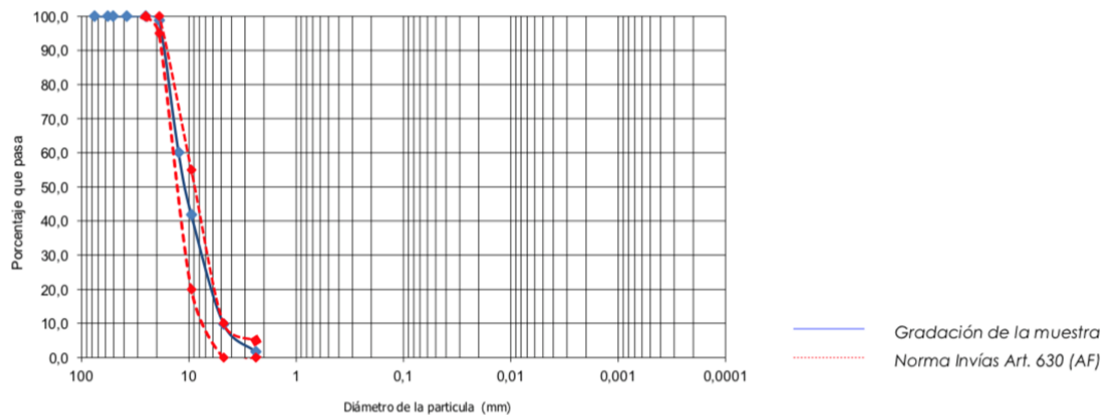
	ENSAYO GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-36
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	VERSION:01
		FA:29/02/2015

MUESTRA:	TRITURADO RECICLADO 3/4" 3000 56-112
FECHA:	martes, 1 de octubre de 2019
NORMA :	NTC-174

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Min.	Max.
3"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0
1"	0,0	0,0	0,0	100,0	95,0	100,0
3/4"	67,0	1,2	1,2	98,8		
1/2"	2237,0	38,8	39,9	60,1	25,0	60,0
3/8"	1051,0	18,2	58,1	41,9		
No. 4	1850,0	32,1	90,2	9,8	0,0	10,0
No. 8	469,0	8,1	98,3	1,7	0,0	5,0
Fondo	0,0	0,0	98,3	1,7		
TOTAL	5.674					

TAMAÑO MAXIMO	1"	25 mm
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4"	19 mm



OBSERVACIONES: Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 11. Desgaste en la máquina de los Ángeles, agregado grueso reciclado 3000 psi 56-112 días, TMN ¾”.

ABRACION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
--


Descripcion	Triturado Reciclado 3/4, Resistencia: 3000, Edad: entre 56 - 112 dias
-------------	---

PRUEBAS	1	2
Gradacion usada	B	B
Numero de esferas	11	11
Numero de revoluciones	100	500
Pa: Peso muestra seca antes ensayo, gr	5000	5000
Pb: Peso muestra seca despues del ensayo y lavado sobre el tamiz No	4515,4	3022,1
Pa-Pb: Perdida por desgaste	484,6	1977,9
% Desgaste : (Pa-Pb)/Pa*100	9,692	39,558
Especificacion norma INV - Artículo 630-3	8 max	40 max

TAMAÑOS		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA (gr)						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	No.3			2500				
No.3	No.4			2500				
No.4	No.8				5000			
No. De esferas		12	11	8	6	12	12	12
No. De revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Anexo 12. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 3000 psi 56-112

días, TMN ¾”

 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO CARAS FRACTURADAS AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-39
		VERSION: 01
	GESTION PRODUCCION Y CALIDAD	FA:29/02/2016

MUETRA:	TRITURADO REICLADO DE 3/4" 3000 PSI 56-112 DIAS
FECHA:	jueves, 7 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 227

CARAS FRACTURADAS

GRADACIÓN ORIGINAL

PESO INICIAL (g.) :	5706,00	PESO DESPUÉS DE LAVADO (g.):	5685,00
----------------------------	----------------	-------------------------------------	----------------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"		0,00	0,00	100,00
1"		0,00	0,00	100,00
3/4"	35,00	0,61	0,61	99,39
1/2"	1862,00	32,63	33,25	66,75
3/8"	1440,00	25,24	58,48	41,52
1/4"		0,00	58,48	41,52
No.4	1956,00	34,28	92,76	7,24
No.8	392,00	6,87	99,63	0,37
F		0,00	99,63	0,37
	5685,00			

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS FRACTURADAS (Mi)	INDICE DE PARTICULAS FRACTURADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"		0,00		
1" - 3/4"	35,00	0,61	35,00	100,00
3/4" - 1/2"	1862,00	32,63	1821,00	97,80
1/2" - 3/8"	1440,00	25,24	1412,00	98,06
3/8" - 1/4"				
	3337,00		3268,00	98,62

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS:	97,93%
---	---------------

OBSERVACIONI

Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 13. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 3000 psi 56-112

días, TMN ¾"

	ENSAYO INDICES DE FORMA AGREGADO GRUESO	CODIGO: GPC-F-40
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	VERSION:01
		FA:29/02/2016

MUETRA:	TRITURADO REICLADO DE 3/4" 3000 PSI 56-112 DIAS
FECHA:	jueves, 7 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 230

CARAS ALARGADAS Y APLANADAS

GRADACIÓN ORIGINAL

PESO INICIAL (g.):	5706,00	PESO DESPUÉS DE HORNO (g.):	5685,00
--------------------	---------	-----------------------------	---------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	35,00	0,61	0,61	99,39
1/2"	1862,00	32,63	33,25	66,75
3/8"	1440,00	25,24	58,48	41,52
1/4"	0,00	0,00	58,48	41,52
No.4	1956,00	34,28	92,76	7,24
No.10	392,00	6,87	99,63	0,37
F	0,00	0,00	99,63	0,37
	5685,00	99,63		

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS APLANAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS APLANADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - 3/4"	35,00	0,61	24,00	68,57
3/4" - 1/2"	1862,00	32,63	323,00	17,35
1/2" - 3/8"	1440,00	25,24	129,00	8,96
3/8" - 1/4"	0,00	0,00		
	3337,00		476,00	

PORCENTAJE DE CARAS APLANADAS:	14,26%
--------------------------------	---------------

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS ALARGAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS ALARGADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - 3/4"	35,00	0,61	0,00	0,00
3/4" - 1/2"	1862,00	32,63	238,00	12,78
1/2" - 3/8"	1440,00	25,24	267,00	18,54
3/8" - 1/4"	0,00	0,00		
	3337,00		505,00	

PORCENTAJE DE CARAS ALARGADAS:	15,13%
--------------------------------	---------------

OBSERVACIONES: Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 14. Granulometría agregado grueso reciclado 4000 psi menor 56 días, TMN 3/4"

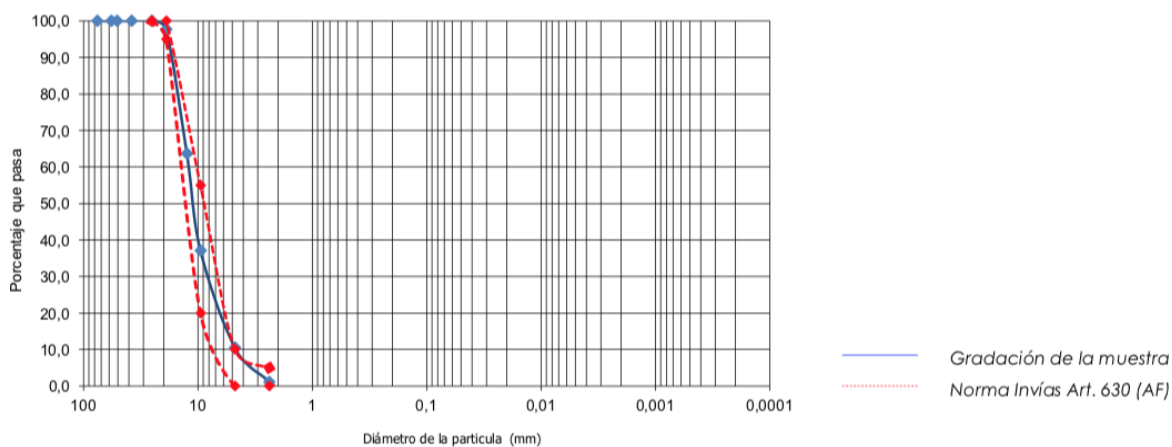
 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-36
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	VERSION:01
		FA:29/02/2015

MUESTRA:	TRITURADO RECICLADO 3/4" 4000 56
FECHA:	miércoles, 2 de octubre de 2019
NORMA :	NTC-174

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO

P ₁ =	5197,0	P ₂ =	5138,0	NORMA (%)		
Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Min.	Max.
3"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0
1"	0,0	0,0	0,0	100,0	95,0	100,0
3/4"	118,0	2,3	2,3	97,7		
1/2"	1772,0	34,1	36,4	63,6	25,0	60,0
3/8"	1379,0	26,5	62,9	37,1		
No. 4	1381,0	26,6	89,5	10,5	0,0	10,0
No. 8	488,0	9,4	98,9	1,1	0,0	5,0
Fondo	0,0	0,0	98,9	1,1		
TOTAL	5.138					

TAMAÑO MAXIMO	1"	25 mm
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4"	19 mm



OBSERVACIONES: *Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal*

**Anexo 15. Desgaste en la máquina de los Ángeles, agregado grueso reciclado 4000 psi
menor 56 días, TMN ¾”.**


ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
--

Descripcion	Triturado Reciclado 3/4, Resistencia: 4000, Edad: menor a 56 días
-------------	---

PRUEBAS	1	2
Gradacion usada	B	B
Numero de esferas	11	11
Numero de revoluciones	100	500
Pa: Peso muestra seca antes ensayo, gr	5000	5000
Pb: Peso muestra seca despues del ensayo y lavado sobre el tamiz No 12	4548	3026,2
Pa-Pb: Perdida por desgaste	452	1973,8
% Desgaste : (Pa-Pb)/Pa*100	9,04	39,476
Especificacion norma INV - Artículo 630-3	8 max	40 max

TAMAÑOS		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA (gr)						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	No.3			2500				
No.3	No.4			2500				
No.4	No.8				5000			
No. De esferas		12	11	8	6	12	12	12
No. De revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Anexo 16. Caras fracturadas, agregado grueso reciclado 4000 psi menor 56 días, TMN ¾"

 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO CARAS FRACTURADAS AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-39
	GESTION PRODUCCION Y CALIDAD	VERSION: 01
		FA:29/02/2016

MUETRA:	TRITURADO RECICLADO DE ¾" 4000 PSI 56 DIAS
FECHA:	viernes, 8 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 227

CARAS FRACTURADAS

GRADACIÓN ORIGINAL

PESO INICIAL (g.) :	5622,00	PESO DESPUÉS DE LAVADO (g.):	5592,00
----------------------------	----------------	-------------------------------------	----------------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"		0,00	0,00	100,00
1"		0,00	0,00	100,00
¾"	127,00	2,26	2,26	97,74
1/2"	2026,00	36,04	38,30	61,70
3/8"	980,00	17,43	55,73	44,27
1/4"		0,00	55,73	44,27
No.4	2146,00	38,17	93,90	6,10
No.8	313,00	5,57	99,47	0,53
F		0,00	99,47	0,53
	5592,00			

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS FRACTURADAS (Mi)	INDICE DE PARTICULAS FRACTURADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"		0,00		
1" - ¾"	127,00	2,26	127,00	100,00
¾" - 1/2"	2026,00	36,04	1966,00	97,04
1/2" - 3/8"	980,00	17,43	949,00	96,84
3/8" - 1/4"				
	3133,00		3042,00	

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS:	97,10%
---	---------------

OBSERVACION:

Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 17. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 4000 psi menor 56 días, TMN ¾"

 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO INDICES DE FORMA AGREGADO GRUESO	CODIGO: GPC-F-40
		VERSION: 01
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	FA: 29/02/2016

MUETRA:	TRITURADO REICLADO DE 3/4" 4000 PSI 56 DIAS
FECHA:	viernes, 8 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 230

CARAS ALARGADAS Y APLANADAS

GRADACION ORIGINAL

PESO INICIAL (g.) :	5622,00	PESO DESPUÉS DE HORNO (g.):	5592,00
----------------------------	---------	------------------------------------	---------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	127,00	2,26	2,26	97,74
1/2"	2026,00	36,04	38,30	61,70
3/8"	980,00	17,43	55,73	44,27
1/4"		0,00	55,73	44,27
No.4	2146,00	38,17	93,90	6,10
No.8	313,00	5,57	99,47	0,53
F	0,00	0,00	99,47	0,53
	5592,00	99,47		

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS APLANAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS APLANADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - 3/4"	127,00	2,26	31,00	24,41
3/4" - 1/2"	2026,00	36,04	333,00	16,44
1/2" - 3/8"	980,00	17,43	92,00	9,39
3/8" - 1/4"		0,00		
	3133,00		456,00	

PORCENTAJE DE CARAS APLANADAS:	14,55%
---------------------------------------	---------------

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS ALARGAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS ALARGADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - 3/4"	127,00	2,26	15,00	11,81
3/4" - 1/2"	2026,00	36,04	340,00	16,78
1/2" - 3/8"	980,00	17,43	218,00	22,24
3/8" - 1/4"		0,00		
	3133,00		573,00	

PORCENTAJE DE CARAS ALARGADAS:	18,29%
---------------------------------------	---------------

OBSERVACIONES: Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 18. Granulometría agregado grueso reciclado 4000 psi 56-112 días, TMN 3/4"

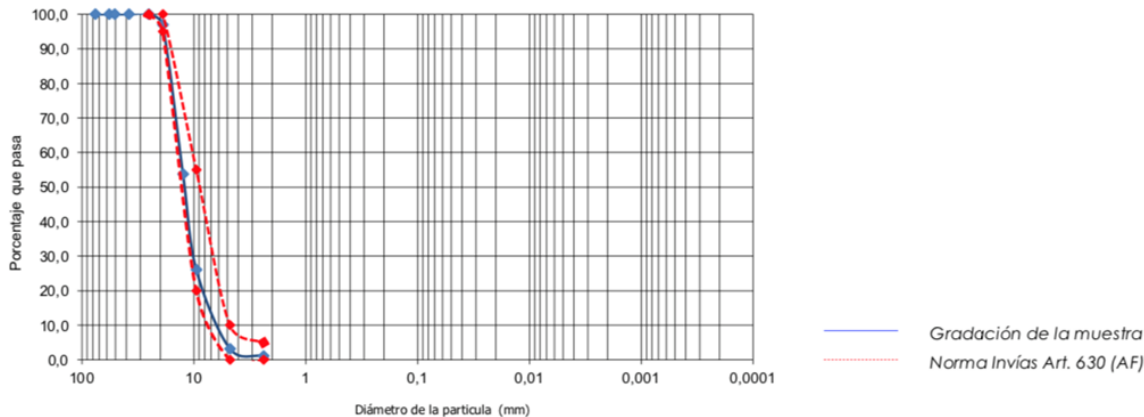
 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-36
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	VERSION:01 FA:29/02/2015

MUESTRA:	TRITURADO RECICLADO 3/4" 4000 56-112
FECHA:	miércoles, 2 de octubre de 2019
NORMA :	NTC-174

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Min.	Max.
3"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
2"	0,0	0,0	0,0	100,0		
1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0
1"	0,0	0,0	0,0	100,0	95,0	100,0
3/4"	146,0	3,1	3,1	96,9		
1/2"	2032,0	43,2	46,3	53,7	25,0	60,0
3/8"	1298,0	27,6	73,9	26,1		
No. 4	1078,0	22,9	96,8	3,2	0,0	10,0
No. 8	100,0	2,1	98,9	1,1	0,0	5,0
Fondo	0,0	0,0	98,9	1,1		
TOTAL	4.654					

TAMAÑO MAXIMO	1"	25 mm
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4"	19 mm



OBSERVACIONES: *Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal*

**Anexo 19. Desgaste en la máquina de los Ángeles, agregado grueso reciclado 4000 psi 56-
112 días, TMN ¾”.**

ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES


Descripcion	Triturado Reciclado 3/4, Resistencia: 4000, Edad: entre 56 - 112 dias
--------------------	---

PRUEBAS	1	2
Gradacion usada	B	B
Numero de esferas	11	11
Numero de revoluciones	100	500
Pa: Peso muestra seca antes ensayo, gr	5000	5000
Pb: Peso muestra seca despues del ensayo y lavado sobre el tamiz	4514,3	3010,1
Pa-Pb: Perdida por desgaste	485,7	1989,9
% Desgaste : (Pa-Pb)/Pa*100	9,714	39,798
Especificacion norma INV - Artículo 630-14	9 max	40 max

TAMAÑOS		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA (gr)						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	No.3			2500				
No.3	No.4			2500				
No.4	No.8				5000			
No. De esferas		12	11	8	6	12	12	12
No. De revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Anexo 20. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 4000 psi 56-112

días, TMN ¾"

 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO CARAS FRACTURADAS AGREGADO GRUESO	CODIGO:GPC-F-39
		VERSION: 01
	GESTION PRODUCCION Y CALIDAD	FA:29/02/2016

MUETRA:	TRITURADO REICLADO DE 3/4" 4000 PSI 56-112 DIAS
FECHA:	lunes, 11 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 227

CARAS FRACTURADAS

GRADACIÓN ORIGINAL

PESO INICIAL (g.) :	5572,00	PESO DESPUÉS DE LAVADO (g.):	5548,00
----------------------------	----------------	-------------------------------------	----------------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"		0,00	0,00	100,00
1"		0,00	0,00	100,00
3/4"	60,00	1,08	1,08	98,92
1/2"	2209,00	39,64	40,72	59,28
3/8"	943,00	16,92	57,65	42,35
1/4"		0,00	57,65	42,35
No.4	2108,00	37,83	95,48	4,52
No.8	228,00	4,09	99,57	0,43
F		0,00	99,57	0,43
	5548,00			

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS FRACTURADAS (Mi)	INDICE DE PARTICULAS FRACTURADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"		0,00		
1" - 3/4"	60,00	1,08	60,00	100,00
3/4" - 1/2"	2209,00	39,64	2186,00	98,96
1/2" - 3/8"	943,00	16,92	929,00	98,52
3/8" - 1/4"				
	3212,00		3175,00	

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS:	98,85%
---	---------------

OBSERVACION:

Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal

Anexo 21. Caras alargadas y caras aplanadas, agregado grueso reciclado 4000 psi 56-112

días, TMN ¾”.

 CONCRETOS & MORTEROS	ENSAYO INDICES DE FORMA AGREGADO GRUESO	CODIGO: GPC-F-40
		VERSION: 01
	GESTION DE PRODUCCION Y CALIDAD	FA: 29/02/2016

MUESTRA:	TRITURADO RECICLADO DE ¾" 4000 PSI 56-112 DIAS
FECHA:	lunes, 11 de noviembre de 2019
NORMA:	INV E 230

CARAS ALARGADAS Y APLANADAS

GRADACIÓN ORIGINAL

PESO INICIAL (g.) :	5572,00	PESO DESPUÉS DE HORNO (g.):	5548,00
----------------------------	----------------	------------------------------------	----------------

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	0,00	0,00	0,00	100,00
¾"	60,00	1,08	1,08	98,92
1/2"	2209,00	39,64	40,72	59,28
3/8"	943,00	16,92	57,65	42,35
1/4"	0,00	0,00	57,65	42,35
No.4	2108,00	37,83	95,48	4,52
No.10	228,00	4,09	99,57	0,43
F	0,00	0,00	99,57	0,43
	5548,00	99,57		

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS APLANAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS APLANADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - ¾"	60,00	1,08	6,00	10,00
¾" - 1/2"	2209,00	39,64	263,00	11,91
1/2" - 3/8"	943,00	16,92	123,00	13,04
3/8" - 1/4"	0,00	0,00		
	3212,00		392,00	

PORCENTAJE DE CARAS APLANADAS:	12,20%
---------------------------------------	---------------

TAMIZ	MASA INICIAL DE CADA FRACCION (Ri) (g.)	GRANULOMETRIA FRACCION ENTRE TAMICES %	MASA DE LAS PARTICULAS ALARGAMIENTO (Mi)	INDICE DE PARTICULAS ALARGADAS POR FRACCION (Mi/Ri) x100
1 1/2" - 1"	0,00	0,00		0,00
1" - ¾"	60,00	1,08	0,00	0,00
¾" - 1/2"	2209,00	39,64	356,00	16,12
1/2" - 3/8"	943,00	16,92	360,00	38,18
3/8" - 1/4"	0,00	0,00		
	3212,00		716,00	

PORCENTAJE DE CARAS ALARGADAS:	22,29%
---------------------------------------	---------------

OBSERVACIONES: Ensayo realizado en el laboratorio de Concretos & Morteros Planta Principal